

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Curso de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA REDUZIR
OS CUSTOS DA QUALIDADE ATRAVÉS DE ATIVIDADES
METROLÓGICAS**

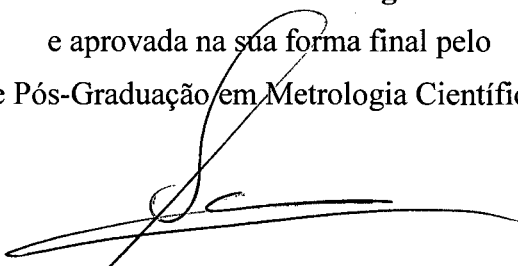
Alexandre da Costa Silva

Florianópolis/SC – Brasil
Abril de 2001

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA REDUZIR OS
CUSTOS DA QUALIDADE ATRAVÉS DE ATIVIDADES
METROLÓGICAS**

Alexandre da Costa Silva

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de
“Mestre em Metrologia”
e aprovada na sua forma final pelo
Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial

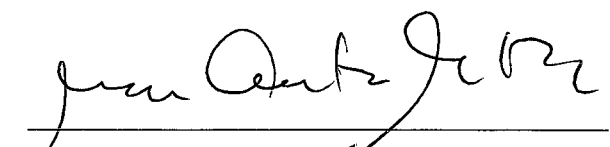


Prof. Carlos Alberto Schneider, Dr. Ing.
Orientador

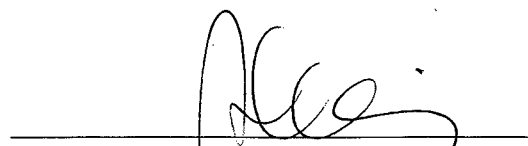


Prof. Armando Albertazzi Gonçalves Júnior, Dr. Eng.
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial

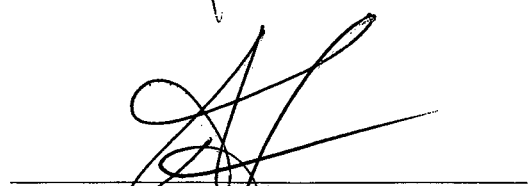
Banca Examinadora:



Prof. Marco Antônio Martins Cavaco, Ph. D.



Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D.



Prof. André Roberto de Sousa, Dr. Eng.

Aos meus pais

Pedro Luiz da Silva

Maria da Costa Silva

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Pedro Luiz da Silva e Maria da Costa Silva por não terem poupado esforços em minha formação.

Ao Prof. Carlos Alberto Schneider pela orientação, incentivo e grande contribuição na realização desse trabalho.

À CAPES, à FAPEU e à Fundação CERTI pelo financiamento desse trabalho.

À UFSC/LABMETRO e a Fundação CERTI pelo apoio e pela infraestrutura fornecida.

Às empresas onde foram realizados os estudos de casos, pela contribuição nesse trabalho.

Aos amigos da PósMCI pelo apoio e companheirismo.

Ao Prof. Luiz Pedro de Araújo por ter despertado o meu interesse pela área metrológica.

Aos amigos que não pouparam incentivos para que fosse possível finalizar esse trabalho, em especial para:

André Dias de Oliveira

Carlos Aurélio Pezzotta

Gláucio Andrey Maas

Wellington Benedito Meneguello

SUMÁRIO

Sumário	v
Índice de Figuras	viii
Abreviações	xi
Resumo	xii
Abstract	xiii
Capítulo 1	1
Abordagem do Ponto de Vista Metrológico	1
1.1 - A Qualidade e a Metrologia nas Empresas	2
1.2 - Investimentos em Qualidade	5
1.3 - Proposta do Trabalho	8
1.3.1 - Foco do trabalho	8
1.3.2 - Resultados a Serem Alcançados	8
Capítulo 2	10
Atividades Metrológicas para Melhoria da Qualidade em Empresas Metal Mecânica	10
2.1 - Qualidade nas Empresas da Área Metal Mecânica	10
2.2 - Atividades Metrológicas Dentro dos Sistemas da Qualidade	12
2.2.1 - Normas para Melhoria da Qualidade	12
2.2.2 - Motivos para certificar o sistema de qualidade de uma empresa	13
2.2.3 - Atividades Metrológicas dentro da ISO 9000	15
2.2.4 - Atividades metrológicas na QS 9000	24
2.2.5 - Referências normativas que servem como auxílio na implantação dos requisitos metrológicos	29
2.3 - Comentários finais	30

Capítulo 3.....	31
Melhoria da Qualidade com Redução dos Custos.....	31
3.1 - Ferramenta de classificação dos Custos.....	31
3.1.1 - Custos da conformidade.....	31
3.1.2 - Custos da não-conformidade.....	33
3.1.3 - Interpretação dos custos da qualidade.....	36
3.1.4 - Aplicação dos custos da qualidade.....	38
3.2 - Redução dos custos da qualidade a partir de investimentos em prevenção e avaliação.....	39
3.3 - Identificação dos principais custos.....	41
3.4 - Comentários finais.....	42
Capítulo 4.....	43
Desenvolvimento de uma Metodologia para Análise de Investimentos na Melhoria Contínua da Qualidade.....	43
4.1 - Diretrizes para estabelecimento da metodologia.....	43
4.1.1 - Características da metodologia.....	43
4.1.2 - Passos da metodologia.....	44
4.1.3 - Ferramentas utilizadas.....	44
4.2 - Fluxograma da Metodologia.....	44
4.3 - Implementação da Metodologia.....	46
4.3.1 - Definição das condições de aplicação da metodologia.....	46
4.3.2 - Análise dos custos da qualidade para seleccionar o problema mais oneroso.....	47
4.3.3 - Análise dos problemas e dos investimentos.....	50
Capítulo 5.....	56
Aplicação da Metodologia em Empresas Metal Mecânica.....	56
5.1 - Estudo de caso 1 – produto: rolete inferior de esteira.....	56

5.1.1 - Descrição do produto	56
5.1.2 - Características técnicas dos componentes.....	57
5.1.3 - Levantamento das informações para o estimar os custos da qualidade	58
5.1.4 - Análise gráfica dos custos da não-conformidade	59
5.1.5 - Análise gráfica dos principais problemas encontrados na Fundição.....	61
5.1.6 - Considerações sobre o estudo de caso 1.....	63
5.2 - Estudo de caso 2 - produto: impulsionador do motor de partida	63
5.2.1 - Descrição dos produtos	64
5.2.2 - Procedimento de Aplicação da Metodologia	64
5.2.3 - Considerações finais sobre o estudo de caso 2.....	72
5.3 - Considerações finais sobre os estudos de caso.....	72
Capítulo 6.....	74
Conclusões	74
Referencias Bibliográficas	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Atitude dos clientes quando insatisfeitos / 4 /.....	1
Figura 1.2 – Relação entre a metrologia e a qualidade.	3
Figura 1.3 – Visão qualitativa da melhoria da qualidade através de investimentos em inspeção de avaliação e prevenção / 12 /	4
Figura 1.4 – Controle de Qualidade Industrial / 13 /.....	5
Figura 1.5 – Frequência de implantação de metodologias e ferramentas da qualidade em empresas brasileiras com ISO 9000 – Fonte: / 15 /	6
Figura 1.6 – Evolução do número acumulado de certificações ISO 9000 no Brasil /1 e ABNT/	6
Figura 2.1 – Evolução das Norma para a melhoria da Qualidade.....	12
Figura 2.2 – Importância da qualidade para os empresários europeus / 4 /	13
Figura 2.3 – Abrangência relativa dos Sistemas da qualidade / 29 /.....	15
Figura 2.4 – A influência de quando é encontrado um problema sobre os custos adicionais..	16
Figura 2.5 – Classificação dos produtos (peças) através das inspeções.....	17
Figura 2.6 – Erros de avaliação devido a incerteza de medição do instrumento.	19
Figura 2.7 – Planilha eletrônica para simular o número de falhas de avaliação.	20
Figura 2.8 – Importância da Rastreabilidade dos padrões de medição.	23
Figura 2.9 – Erros de Medição levados em consideração no MSA / 37 /	26
Figura 2.10 – Dispersão de processos de fabricação em relação a tolerância de projeto.....	28
Figura 2.11 – Dificuldades na implantação das Normas ISO 9000 / 43 /	29
Figura 3.1 – Porcentagem do faturamento mensal gastos com os Custos da Qualidade / 52 /..	35
Figura 3.2 – Relação entre os custos da qualidade e a qualidade do produto.	37
Figura 3.3 – Controle dos custos como forma de melhorar a qualidade e reduzir os custos ...	38
Figura 3.4 – Investimentos em avaliação para redução das falhas externas.	38

Figura 3.5 – Histórico dos custos da qualidade em um ano para justificar investimentos.....	39
Figura 3.6 – Gráfico representativo do acúmulo dos custos em relação ao local de detecção das falhas / 4 /	40
Figura 3.7 – Porcentagem do faturamento mensal gastos com os Custos da Qualidade / 52 /	40
Figura 3.8 – Classificação ABC dos custos.	41
Figura 3.9 – Gráficos de PARETO para atividades ligadas a qualidade / Fonte: 54 e 55 /	42
Figura 4.1 – Fluxograma da Metodologia para Análise de investimentos na melhoria contínua da qualidade	45
Figura 4.2 – Diagrama Causa Efeito + 6M.	50
Figura 4.3 – Investimentos e retorno dos investimentos.....	53
Figura 4.4 – Comparação entre duas propostas de investimentos.....	54
Figura 5.1 – Componentes do rolete inferior da esteira de um trator.....	57
Figura 5.2 – Comparativo dos custos da não-conformidade entre os componentes do Rolete.....	59
Figura 5.3 – Comparativo entre os componentes do rolete e os custos das não-conformidades gerados em cada processo de fabricação.....	60
Figura 5.4 – Comparativo entre os processos de fabricação do rolete e os custos da não-conformidade.	61
Figura 5.5 – Comparativo entre os refugos e os retrabalhos no processo de fundição.	61
Figura 5.6 – Percentual de ocorrência dos principais defeitos que ocorrem na fundição	62
Figura 5.7 – Impulsionador de um motor de partida do tipo com redução.....	64
Figura 5.8 – Comparação entre as componentes dos custos da qualidade para a empresa.....	65
Figura 5.9 – Comparativo entre os processos de fabricação do impulsionador em relação aos custos da qualidade.	66
Figura 5.10 – Comparativo entre as componentes dos custos da qualidade para a usinagem.	66
Figura 5.11 – Comparativo entre os problemas mais comuns da usinagem.	67
Figura 5.12 – Diagrama causa-efeito para o problema do diâmetro acima do especificado....	68

Figura 5.13 – Processo de fabricação produzindo não conformidades devido a baixa frequência de inspeção..... 70

ABREVIACÕES

A. 01	ACP	⇨	Avaliação de Processo de Produção.
A. 02	CEP	⇨	Controle Estatístico de Processo.
A. 03	FMEA	⇨	Failure Modal Effect Analyze – Análise do Modo e Efeito de Falha Potencial.
A. 04	PPM	⇨	Partes Por Milhão.
A. 05	OCC	⇨	Organismo Credenciado de Certificação.
A. 06	INMETRO	⇨	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.
A. 07	VIM	⇨	Vocabulário Internacional de Metrologia.
A. 08	EIME	⇨	Equipamentos de Inspeção Medição e Ensaio.
A. 09	IM	⇨	Incerteza de Medição.
A. 10	ABNT	⇨	Associação Brasileira de Normas Técnicas
A. 11	MSA	⇨	Measurement System Analysis
A. 12	PAPP	⇨	Processo de Aprovação de peas de produção
A. 13	DFMEA	⇨	Design Failure Modal Effect Analyze
A. 14	PFMEA	⇨	Process Failure Modal Effect Analyze
A. 15	CNC	⇨	Comando Numérico Computadorizada
A. 16	VIM	⇨	Vocabulário Internacional de Metrologia
A. 17	GUM	⇨	Guide to Expression of Uncertainty in Measurement
A. 18	PUMA	⇨	Procedure Uncertainty Management
A. 19	ABC	⇨	Activity Based Costing

RESUMO

A busca pela melhoria da qualidade é hoje um meio seguro que as empresas têm encontrado para aumentar os seus lucros. Com a melhoria da qualidade, é possível reduzir os custos provenientes das falhas internas e externas, melhorar a imagem da empresa perante os clientes, aumentar o número de clientes e a produtividade. Dessa forma a melhoria da qualidade é uma forma de investimento rentável.

As atividades metrológicas têm um papel chave na melhoria da qualidade. Dessa forma, foram abordadas nesse trabalho, em um primeiro momento, as principais atividades metrológicas, as quais são referenciadas pelas normas para certificação de sistemas da qualidade e de melhoria da qualidade de empresas, mostrando quais são as suas vantagens e a importância de sua aplicação nas empresas.

Num segundo momento foi abordado sobre como estimar as quatro componentes dos custos da qualidade (custos de avaliação, de prevenção, de falhas internas e de falhas externas), como elas se inter-relacionam e como direcionar os investimentos para a solução de problemas.

A partir dos estudos realizados foi proposta uma metodologia focalizada na solução dos problemas mais onerosos da empresa, utilizando os custos da qualidade como base para realizar investimentos em atividades metrológicas. A metodologia tem como objetivo reduzir os custos da qualidade e com isso aumentar os lucros da empresa.

Com a metodologia desenvolvida foram realizadas duas aplicações em empresas metal-mecânica que fornecem produtos para as montadoras de veículos e as empresas de reposição.

ABSTRACT

The Quality Improvement efforts are today a certain path found by organizations to improve profits. In the organization with the quality improvement, it is possible to reduce costs caused by internal and external failures, improve the enterprise image in the market and increase the number of clients and productivity. In this context, quality improvement is a rentable investment.

Metrological activities have a key role in the quality improvement efforts. In this way, it was approached the main metrological activities, that are cited by the quality systems and quality improvement certification norms, showing what are your advantages and the importance of your application in the organizations.

Afterwards it was approached a strategy for the estimation of the four Quality Costs components (Prevention Costs, Appraisal Costs, Internal Failure Costs and External Failure Costs), the relationship between them and how to lead investment efforts seeking problem solutions.

From the developed studies, a methodology was proposed focusing in the solution of the most expensive problems for the company, making use of the quality costs concept as a base to investment in metrological activities. The methodology aims to reduce the Total Quality Costs and, as a result, to increase the company profits.

Using the developed methodology, two applications were accomplished in metal industry companies, component suppliers for the automobile industry and reposition market.

Capítulo 1

ABORDAGEM DO PONTO DE VISTA METROLÓGICO

O perfil das empresas capitalistas mostra que o objetivo principal está na geração de lucros. No Brasil, até uma década atrás isso não era tarefa difícil, porque a concorrência era muito baixa, existiam barreiras alfandegárias e políticas que protegiam as empresas. Como a demanda era maior que a oferta, os clientes não eram tão exigentes. Assim sendo, os produtos ficavam vários anos no mercado sem nenhuma evolução significativa. Atualmente com o aumento da concorrência ocasionada principalmente pelas tendências de globalização e com o aumento da exigência por parte dos clientes, as empresas tem buscado formas para contornar essa situação / 1 /.

Estudos realizados mostram que a fidelidade dos clientes a um produto ou a uma marca está relacionada diretamente à sua satisfação (Figura 1.1). Mas, os clientes são eternos insatisfeitos, eles buscam produtos com mais funcionalidade, confiabilidade, performance, melhor aparência, fácil disponibilidade, vantagens econômicas (relação benefício/custo) e principalmente que possuam um diferencial em relação a outros produtos / 2 e 3 /. Dessa maneira as empresas ficam diante de um dilema: alcançarem os seus objetivos e satisfazerem as necessidades dos clientes, em alguns casos, tendo até que superarem as suas expectativas.

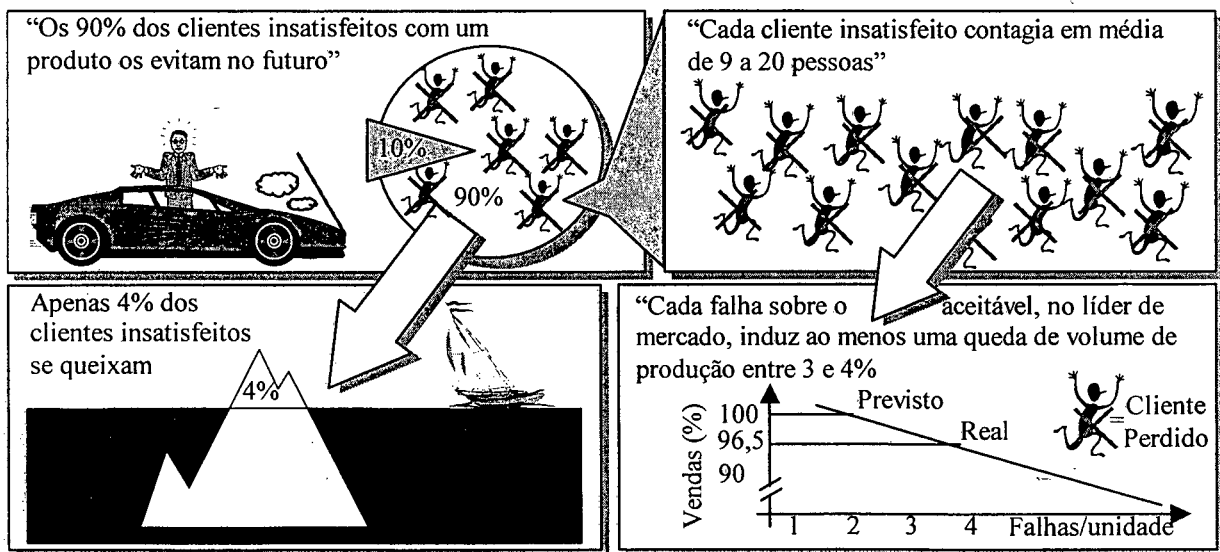


Figura 1.1 – Atitude dos clientes quando insatisfeitos / 4 /.

1.1 - A QUALIDADE E A METROLOGIA NAS EMPRESAS

Na busca pela satisfação dos clientes, pela criação de uma boa imagem de seus produtos, pela redução dos custos de fabricação e por uma produção com mais eficiência, as empresas têm procurado, de uma forma mais intensa, o melhoramento dos níveis de qualidade dos produtos, serviços e processos. Nessa direção, buscam a implementação de ferramentas da qualidade, aplicação de metodologias e implementação de sistemas da qualidade / 5 /.

A melhoria da qualidade para os especialistas como Deming e Juran está relacionada à melhoria da funcionalidade, produtividade e satisfação do cliente, que por sua vez estão associados à redução dos custos. A seguir ressaltam-se algumas afirmações:

- “Aperfeiçoar sempre e constantemente o sistema de produção e de serviços, para melhorar a qualidade e a produtividade, assim diminuindo constantemente os custos”/ 6 /;
- “Qualidade é quando o valor corresponde ao menor sacrifício ou dispêndio de recursos para o desempenho de determinada função, tanto para o fabricante quanto ao usuário.”/ 7 /;
- “O projeto de confiabilidade, segurança e outros parâmetros deve ser feito com o objetivo de minimizar os custos.”/ 8 /.

Como é possível observar, a questão redução dos custos é geralmente a meta primeira a ser alcançada. Mas as empresas ainda estão acostumadas a relacionar a melhoria da qualidade com o aumento dos custos de fabricação, com o aumento dos custos do produto e conseqüentemente a diminuição da margem de lucros. Visão essa que tem dificultado o desenvolvimento e o crescimento da indústria brasileira. Uma das atividades apontadas como responsáveis pela geração de custos são as atividades metrológicas, mas a seguir é possível perceber os enganos nesse tipo de visão.

Para que a qualidade possa ser avaliada de forma mais fácil ela é convertida em especificações. Então para garantir as especificações é necessário controlá-la através de medições com instrumentos, estes produzem resultados de medição (definição em / 9 /). Para obter esses resultados é necessário uma instrumentação adequada e que por sua vez tem que

estar baseada, fundamentada e orientada sob a ótica da ciência da medição, a metrologia (Figura 1.2).

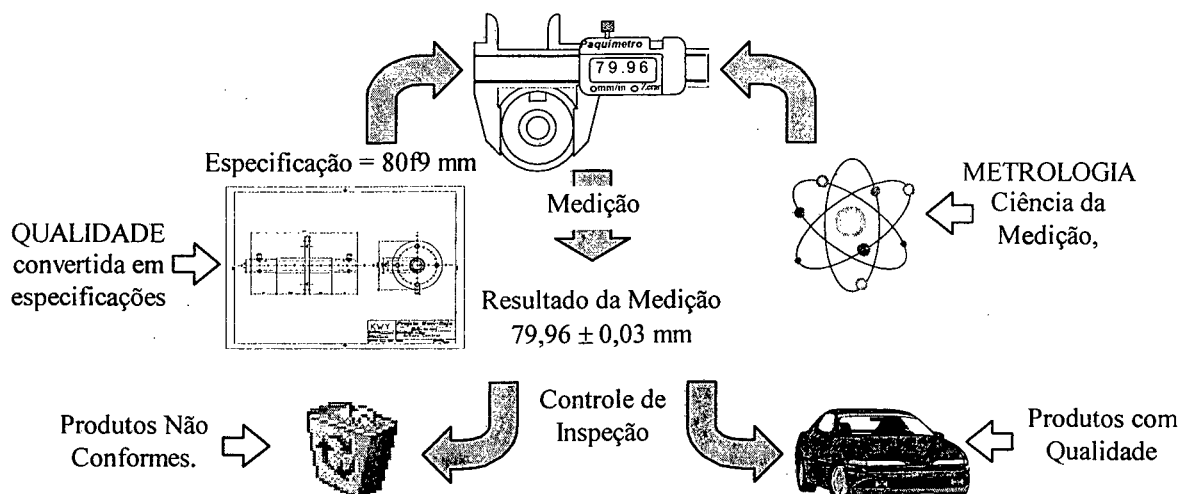


Figura 1.2 – Relação entre a metrologia e a qualidade.

Como citado anteriormente, no contexto da melhoria da qualidade, para muitas empresas as atividades metrológicas ainda são vistas como o agente responsável pelo aumento dos tempos de produção, geração de gargalos na produção e aumento dos custos de produção, sem agregar valor ao produto. Certamente essa afirmação é válida para situações onde as atividades metrológicas ainda não estão empregadas corretamente. As atividades metrológicas têm evoluído bastante deixando de ser uma mera ferramenta de avaliação para ser uma ferramenta de melhoria contínua da qualidade. A metrologia está inserida no contexto da melhoria da qualidade da seguinte forma: Pode-se dizer que “Não se conhece bem um fenômeno enquanto não seja possível exprimi-lo em números” / 10 /.

No campo das atividades de transformação (processos de produção) pode-se dizer que não se conhece bem um produto enquanto não se domina perfeitamente o sistema utilizado para obtê-lo / 10 /. As medições podem fornecer informações importantes para a correção e melhoria contínua dos processos de produção, prevenir problemas, reduzindo assim os retrabalhos, refugos, re-inspeções, etc. / 11 /. Dessa forma, pode-se dizer que a metrologia está inserida como elemento estruturante no processo de melhoria, na medida em que se constitui na ferramenta básica para avaliação (inspeção de avaliação) e melhoria contínua da qualidade de processos e produtos (inspeção de prevenção – CEP e ACP). Os investimentos em prevenção têm trazido redução dos custos, garantia da qualidade, redução dos preços dos

produtos e/ou aumento das margens de lucros, conseqüentemente melhoria da qualidade (Figura 1.3).



Figura 1.3 – Visão qualitativa da melhoria da qualidade através de investimentos em inspeção de avaliação e prevenção / 12 /.

Até então, algumas empresas ainda acham que estão aplicando os conceitos de qualidade. É consenso dos grandes mestres da qualidade que não se faz qualidade para que o cliente pense que a empresa tem e sim para o cliente perceba através da redução dos preços, da melhoria da segurança, melhoria do desempenho, etc. Ou seja, não adianta possuir grandes slogans, aplicar algumas ferramentas da qualidade de forma incompleta ou implantar sistemas da qualidade como forma de status para empresa. Tais medidas trazem a geração de atividades que não tem utilidade alguma, como a geração de documentos inúteis, ocasionando cada vez mais burocracia e isso se reflete diretamente no aumento dos custos finais do produto. Entretanto, o perfil das empresas tem mudado, principalmente porque algumas empresas têm comprovado que a aplicação correta dos conceitos de qualidade tem trazido benefícios. Como a perfeição é impossível de ser alcançada, a tendência é a aplicação de técnicas e ferramentas que possibilitem a melhoria contínua da qualidade. Da mesma forma, os controles da qualidade nas indústrias tem evoluído e cada vez mais migram para a melhoria contínua de seus processos (Figura 1.4).

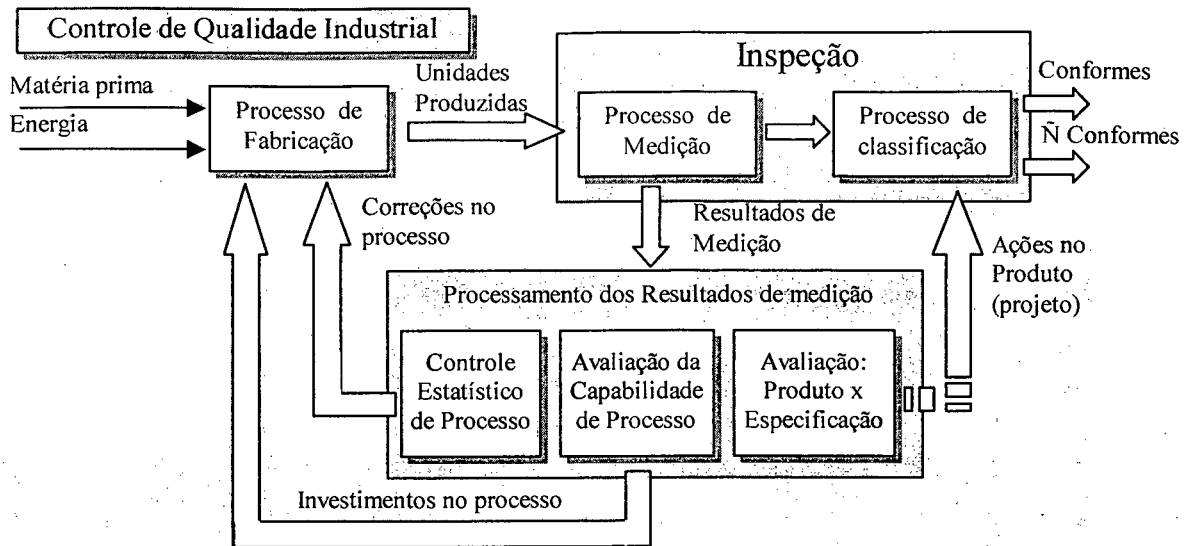


Figura 1.4 – Controle de Qualidade Industrial / 13 /.

1.2 - INVESTIMENTOS EM QUALIDADE

A qualidade é uma forma de investimentos rentável / 14 /. Na busca pelo melhoramento dos níveis de qualidade, fazem-se necessários investimentos por parte das empresas, por exemplo:

- Implantação de sistemas da qualidade;
- Aplicação de novas técnicas;
- Aquisição de novos equipamentos;
- Treinamento de recursos humanos;
- Implantação de novos procedimentos de trabalho;
- Manutenção de equipamentos; etc.

Em levantamento realizado pela Revista BANAS QUALIDADE junto às empresas brasileiras com certificação ISO 9000, constatou-se que além da certificação as empresas buscam outras formas de garantir a qualidade, são exemplos mais comuns: 5 S (Housekeeping), CEP, Benchmarking e FMEA. (Figura 1.5)

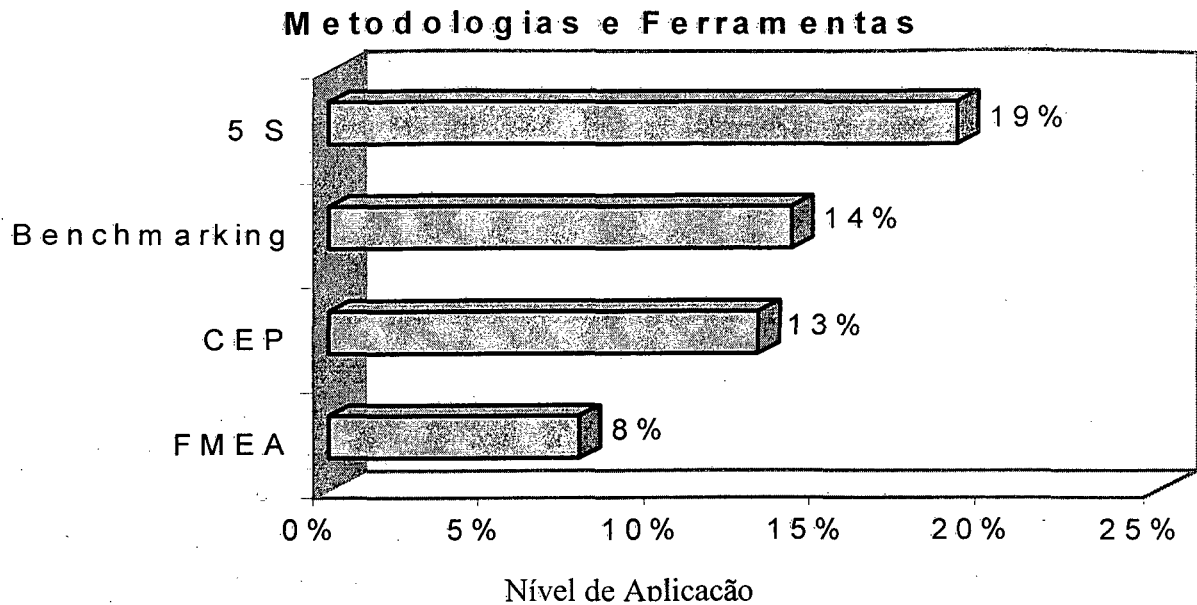


Figura 1.5 – Frequência de implantação de metodologias e ferramentas da qualidade em empresas brasileiras com ISO 9000 – Fonte: / 15 /.

As empresas brasileiras têm visto a ISO 9000 como um caminho para melhorar a qualidade de seus processos, produtos e serviços. As tendências mostram que serão mais de 1500 novas certificações junto a esse sistema da qualidade para o ano 2001 (Figura 1.6).

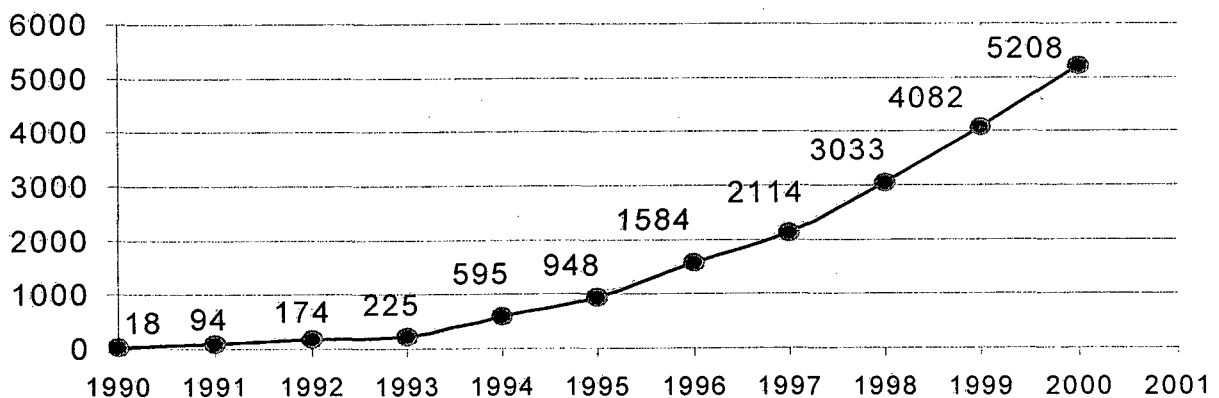


Figura 1.6 – Evolução do número acumulado de certificações ISO 9000 no Brasil /1 e ABNT/

A certificação ISO-9000 é de caráter voluntário, mas existem os sistemas da qualidade que são de caráter obrigatório. Isso é o caso dos fornecedores das montadoras de veículos, que para poder continuar fornecendo para esses clientes, é necessário a certificação segundo: QS 9000, VDA, EAQF e AVSQ / 16 /. As normas QS 9000 são as mais conhecidas no Brasil.

Elas tem origem nas montadoras americanas GM, FORD e CHRYSLER / 17 /. No Brasil existem 182 empresas com seus sistemas da qualidade certificadas a QS-9000, até outubro de 1999 / 18 /.

Apesar desse quadro de avanço, as empresas brasileiras ainda estão longe dos índices de qualidade que as empresas de padrão internacional têm trabalhado. Enquanto no Brasil, em média, trabalha-se com um índice de 20000 ppm (partes por milhão) de defeitos, as empresas de padrão internacional estão trabalhando com 200 ppm de defeitos / 19 /.

Os investimentos em qualidade devem trazer retorno para a organização, do contrário, não se justificam. Por isso, programas de qualidade devem ser guiados por indicadores que forneçam suporte para transformar perdas em ganhos de produtividade e lucratividade / 20 /. Um dos indicadores de investimento tem sido a análise através dos custos da qualidade (detalhes no capítulo 3). Essa é uma ferramenta que permite monitorar a relação custo benefício de seus investimentos em qualidade / 21 /. Os custos da qualidade podem ser agrupados em quatro categorias:

- Custo de prevenção;
- Custo de avaliação;
- Custo das falhas internas;
- Custo das falhas externas

Essa ferramenta também proporciona a visualização estratificada dos custos da qualidade, nas quatro categorias acima, onde essa visualização permite identificar os setores, os problemas e os pontos fracos que possuem um potencial de melhoria. Mas pode-se afirmar que em geral as empresas não possuem o conhecimento sobre tal ferramenta e os benefícios que ela pode proporcionar / 15 /. Uma parcela reduzida das empresas está buscando a implementação dessa ferramenta e encontram dificuldades, como:

- Problemas devido à complexidade nos seus sistemas de gerenciamento dos custos;
- A falta de profissionais especializados nessa área no Brasil;
- Aplicando a ferramenta de forma incompleta.

Desse modo, diante do desafio de realizar novos investimentos, essas empresas ainda não dispõem de parâmetros para avaliar os benefícios da solução a ser implantada. Esta realidade obriga as empresas a tomarem decisões sem previsibilidade dos resultados econômicos que delas decorrerão, representando assim um risco para a empresa.

1.3 - PROPOSTA DO TRABALHO

A identificação de atividades que possam aumentar a competitividade e trazer o aumento das margens de lucro da empresa é algo que toda empresa gostaria de possuir. A falta de uma sistemática para determinar onde é possível realizar bons investimentos em garantia da qualidade, vislumbra a necessidade de desenvolver uma metodologia que possa indicar atividades onde é rentável a realização de investimentos. Dessa forma propõe-se estimar as componentes dos custos da qualidade e com essas componentes é possível, através de outras ferramentas da qualidade, identificar os problemas que possuem grande potencial de melhoria. A estimativa continuada das quatro componentes dos custos da qualidade serve ainda como indicador para verificar os benefícios trazidos pelos investimentos passados.

1.3.1 - Foco do trabalho

Esse trabalho tem seu foco nas empresas metal-mecânica de pequeno e de médio porte que atuam fornecendo peças para montadoras de veículos automotores. Tem ainda seu foco, nas atividades de produção, atividades metrológicas de controle da qualidade e garantia da qualidade. E ainda focaliza os problemas de qualidade mais onerosos da empresa, utilizando os custos da qualidade como base para realizar investimentos em avaliação e prevenção. O objetivo da metodologia é reduzir os custos da qualidade, melhorar os níveis de qualidade do produto e como isso aumentar os lucros da empresa.

1.3.2 - Resultados a Serem Alcançados

Quando de sua formulação foram estabelecidos metas a serem alcançadas, como:

- Reunir as principais atividades metrológicas para a melhoria da qualidade;
- Reunir bons procedimentos para realizar investimentos;

- Desenvolver procedimentos para estimar os custos da qualidade com foco nas atividades metrológicas;
- Desenvolver uma metodologia simples e flexível, objetivando a aplicação em empresas de diferentes portes e produtos diversificados;
- Criar um fluxograma de encadeamentos das atividades da metodologia;
- Aplicar a metodologia em duas empresas metal-mecânica.

Dessa forma, foram realizados estudos sobre as principais atividades metrológicas em empresas metal-mecânica, através de normas para a melhoria da qualidade, guias das normas ISO, etc. Depois foram realizados estudos a respeito da ferramenta custo da qualidade e como ela pode ajudar na redução dos custos. Em seguida, foi gerado um encadeamento lógico para a metodologia através de fluxogramas e por fim foram realizados estudos de caso em duas empresas que fornecem para o mercado brasileiro e para o mercado europeu, como forma de validar a metodologia proposta.

Capítulo 2

ATIVIDADES METROLÓGICAS PARA MELHORIA DA QUALIDADE EM EMPRESAS METAL MECÂNICA

É possível afirmar que os benefícios dos investimentos em qualidade nem sempre estão claros e quando aplicados de forma errada podem gerar muita burocracia na empresa. Os investimentos geralmente são altos e o receio de perder leva em geral a descartar qualquer hipótese nesse sentido. Nesse capítulo é feita uma abordagem sobre as atividades metrológicas presentes em algumas técnicas, ferramentas e normas para melhoria da qualidade, as quais tem trazido bons resultados nas empresas.

2.1 - QUALIDADE NAS EMPRESAS DA ÁREA METAL MECÂNICA

Qualidade é um conceito muito abrangente. Para deixar mais claro qual o seu significado nesse trabalho, estão apresentados a seguir várias definições expressas por especialistas no assunto.

“A qualidade é adequação ao uso” / 22 /;

“Conjunto de propriedades e características de uma entidade que lhe confere a aptidão de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas” / 23 /;

“Conformidade com os requisito de projeto” / 14 /;

“Não é apenas o que nós fazemos, mas o que nós fazemos e que pode ser visto e aplicado por todos dentro da organização” / 24 /;

“Quando, o valor corresponde ao menor sacrificio ou dispêndio de recursos para o desempenho de determinada função, tanto para o fabricante quanto ao usuário” / 7 /;

“Composição total das características de um produto ou serviço em marketing, engenharia, manufatura e manutenção, de modo que vão de encontro com as expectativas dos clientes” / 25 /.

A visão de qualidade para esse trabalho tem um sentido abrangente, englobando as definições acima, mas o principal objetivo com isso é a geração de maiores retornos financeiros para a empresa, ou seja:

Qualidade é a satisfação dos clientes internos e externos, assegurando a conformidade as especificações, sempre buscando lucratividade para a empresa.

Existem várias formas de determinar quais são as características de qualidade de um produto. Uma delas é procurando informações diretamente com quem irá utilizar o produto. Por intermédio do cliente é possível identificar uma infinidade de melhorias possíveis, através dos serviços de atendimento ao cliente, através de pesquisas de opinião, etc. Mas essa não é a única forma eficiente para garantir as tendências da satisfação do cliente em relação aos produtos da empresa. Além da voz do cliente, é necessário ouvir outras que possibilitaram estratégias mais precisas na correção de deficiências do atendimento aos clientes e ou falhas no processo de melhoria da qualidade. Uma metodologia conhecida como “Ouvindo as Quatro Vozes” sugere que sejam ouvidas as seguintes vozes: do cliente externo; do cliente interno; da própria área e do fornecedor. A avaliação periódica no contexto do amplo ciclo produtivo, desde os fornecedores até os clientes externos, permeando as áreas e os clientes internos, é uma importante estratégia não só para ajustes necessários de rumo ou adequação no atendimento às necessidades dos clientes. E ainda por ser uma forma eficaz de praticar a melhoria continua / 26 /.

Características que representam qualidade de um produto podem ser: de Segurança, de Regulamentação, Estéticas, Operacionais, Financeiras, de Atendimento, entre outras.

Os setores de engenharia são os responsáveis por converter as características de qualidade em especificações de engenharia. As especificações de engenharia englobam as tolerâncias. Nesse caso é necessário compreender que a redução acentuada dos limites de especificação (tolerância) pode gerar aumentos desnecessários dos custos de fabricação do produto sem que haja melhoras significativas para o produto. O contrário também pode trazer problemas, onde uma tolerância muito grande pode prejudicar a segurança, a aparência e a funcionabilidade do produto. Dessa forma é necessário sempre buscar o meio termo entre as duas situações anteriores.

2.2 - ATIVIDADES METROLÓGICAS DENTRO DOS SISTEMAS DA QUALIDADE

Para garantir que as características de qualidade sejam mantidas, as empresas usam o recurso de certificarem seus sistemas da qualidade.

As atividades metrológicas têm um papel essencial quando se trata de comprovar que um produto esteja sendo produzido dentro das especificações exigidas. Por isso existem requisitos, dentro das normas de melhoria da qualidade, para que essas atividades sejam realizadas e bem executadas.

2.2.1 - Normas para Melhoria da Qualidade

As normas para assegurar a melhoria da qualidade têm evoluído desde os anos pós-guerra devido às exigências que surgiram após a mesma. Evolução na Figura 2.1.

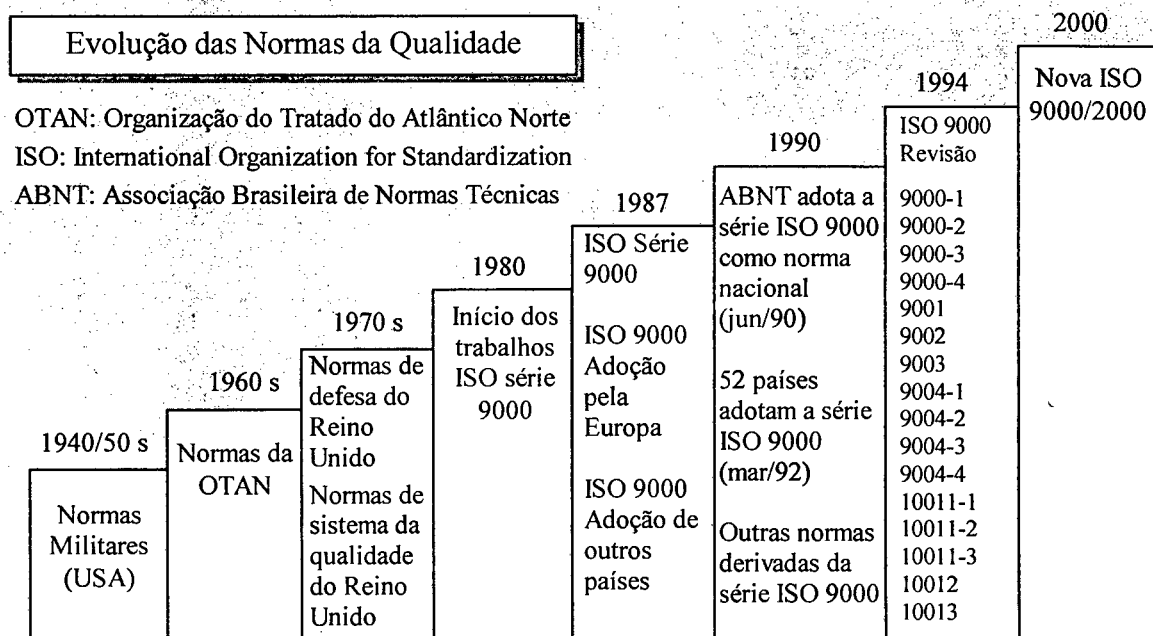


Figura 2.1 – Evolução das Norma para a melhoria da Qualidade.

Um sistema da qualidade pode ser entendido como uma estrutura organizacional, com responsabilidades, procedimentos, processos e recursos empenhados em ações planejadas e sistemáticas, necessárias para prover confiança adequada de que um produto ou serviço atenda aos requisitos definidos de qualidade / 23 /.

2.2.2 - Motivos para certificar o sistema de qualidade de uma empresa

Para que as empresas possuam uma certificação do seu sistema da qualidade é necessária a realização de auditorias em suas instalações. As auditorias são realizadas pelas OCC's que por sua vez são auditadas e credenciadas pelo INMETRO. Após a primeira certificação, as OCC's são responsáveis por auditorias periódicas nas empresas certificadas, para comprovação da manutenção das atividades da empresa dentro dos requisitos da norma.

As auditorias realizadas pelas OCC's e a manutenção das atividades para garantir a qualidade representam custos para a empresa. Dessa forma é necessário que existam benefícios para que se justifiquem tais investimentos. Os benefícios ou razões para certificar uma empresa podem ser:

- Marketing com o objetivo de atrair mais clientes;
- Melhoria da qualidade dos processos e produtos com redução dos custos do produto;
- Exigência dos clientes / 3 e 27 /.

Num estudo realizado entre os empresários europeus foi constatado que 91% deles acham a qualidade importante para as suas empresas (Figura 2.2).

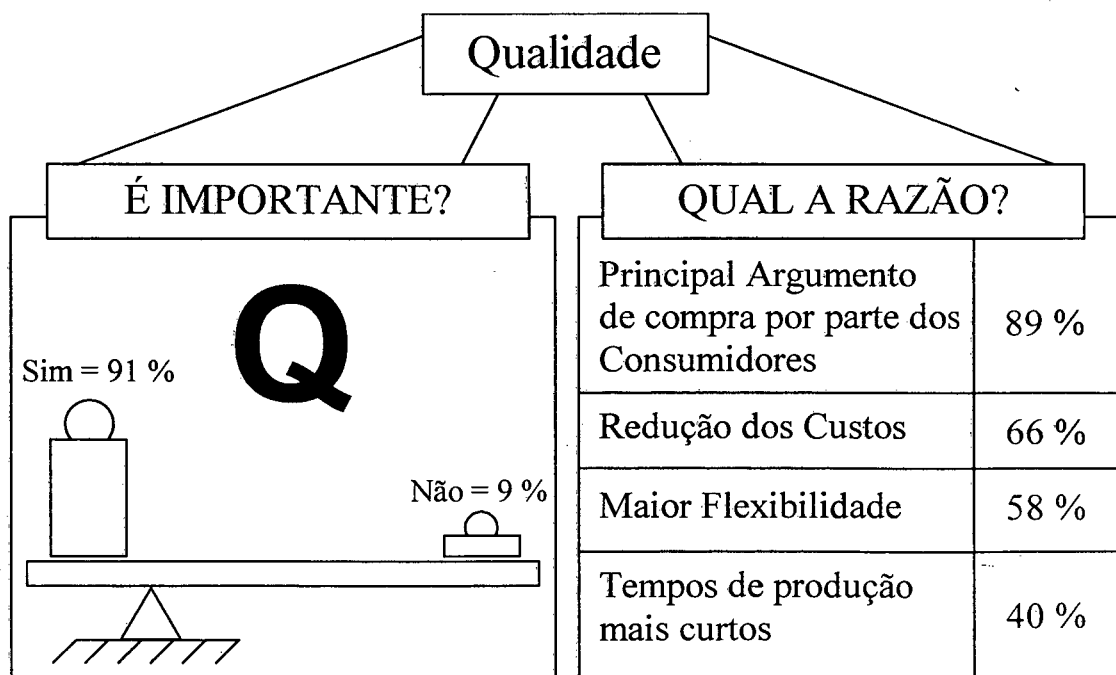


Figura 2.2 – Importância da qualidade para os empresários europeus / 4 /.

A década de noventa ficou marcada na indústria automobilística como a era da modernização do setor. Conceitos como globalização, entregas “just-in-time”, consórcio modular, plataformas de produção comum, “joint ventures” se tornaram cada vez mais comuns, e além disso, as montadoras cada vez mais terceirizam a fabricação dos componentes dos veículos. Isso torna as montadoras clientes com grande poder de compra. Dessa forma, entre os motivos para certificar uma empresa é possível destacar a atual exigência dos clientes (montadoras) para que as empresas certifiquem os sistemas de qualidade de suas plantas. Os requisitos para selecionar um fornecedor de uma montadora podem passar pela análise:

- Das propostas financeiras para o produto;
- Da logística da empresa;
- Da capacidade de fazer o produto;
- Da capacidade de segurar a qualidade no desenvolvimento e na vida em série do produto;
- Bem como, a necessidade de certificação de seu sistema da qualidade / 28 /.

Alguns exemplos são as seguintes montadoras:

- GENERAL MOTORS, FORD, CHRYSLER, que exigem QS 9000;
- PEUGEOT, CITROËN, RENAULT, que exigem EAQF;
- VOLKSWAGEN, que exige VDA.

O nível de exigência e de abrangência de cada certificação de sistema da qualidade são diferentes e dependem dos valores que cada cliente considera importante (Figura 2.3)

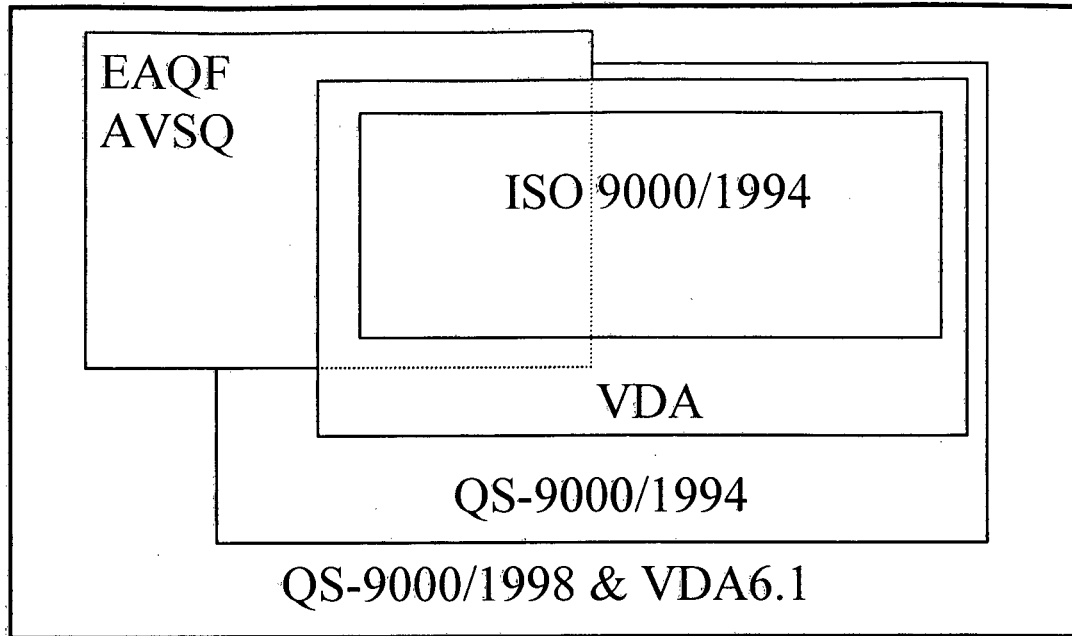


Figura 2.3 – Abrangência relativa dos Sistemas da qualidade / 29 /.

2.2.3 - Atividades Metrológicas dentro da ISO 9000

Os requisitos metrológicos estão concentrados em procedimentos para realizar as atividades de inspeção e controlar as condições dos equipamentos de inspeção, medição e ensaio (EIME) / 30 e 31 /.

Procedimentos de inspeção:

- a. Inspeção e ensaios no recebimento;
- b. Inspeção e ensaios durante o processo;
- c. Inspeção e ensaios finais;
- d. Registros de inspeções e ensaios.

Procedimentos de controle das condições dos equipamentos de inspeção, medição e ensaio (EIME):

- e. Seleção dos EIME;
- f. Identificação dos EIME;

- g. Calibração dos EIME;
- h. Determinação do intervalo de calibração;
- i. Registros da calibração dos EIME;
- j. Conhecer as condições ambientais;
- k. Realização de Treinamento para utilização dos EIME;
- l. Proteção dos EIME.

As atividades metrológicas apresentam vantagens em sua aplicação/ 32 e 33 /, vantagens essas que estão apresentadas a seguir:

- a) b) e c) A realização e a aplicação dos procedimentos de inspeção no recebimento, Inspeção de processo e inspeção final tem como principais vantagens a identificação de não conformidades antes que o problema seja repassado para uma operação seguinte, ou um setor seguinte ou até ao cliente. Quanto mais cedo for encontrado um defeito, ao longo da passagem do produto nas diversas fases dentro da empresa, menos esse defeito representará um custo adicional para empresa, como expressa genericamente a Figura 2.4.

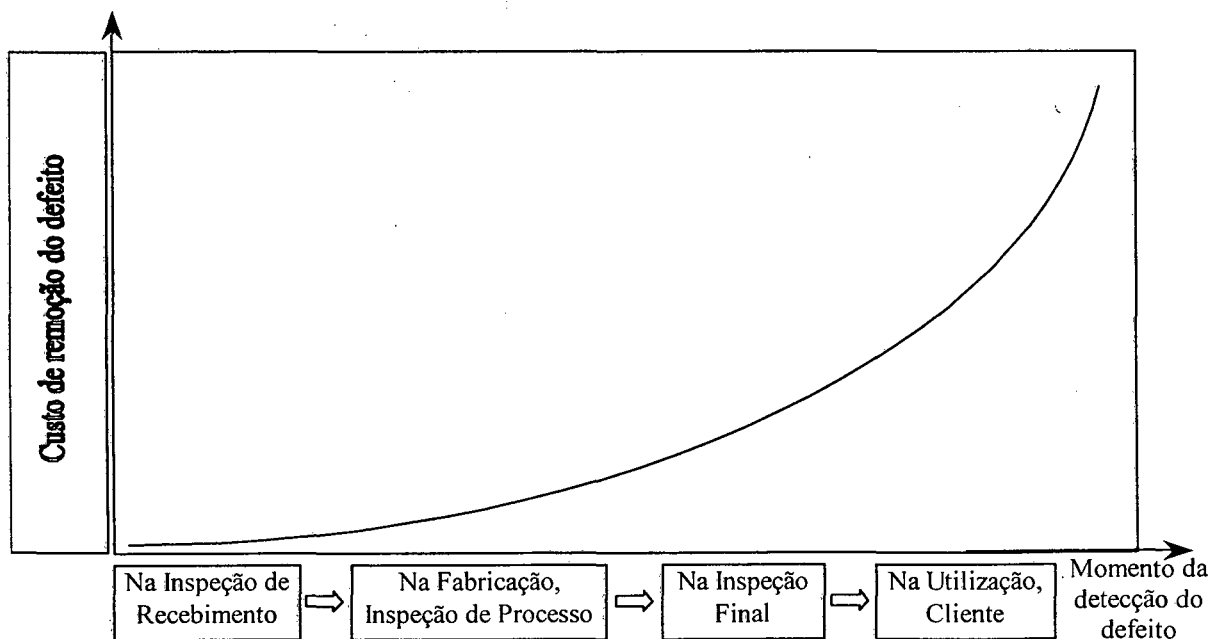


Figura 2.4 – A influência de quando é encontrado um problema sobre os custos adicionais.

As inspeções ajudam na seleção dos produtos, mas elas não garantem que sejam enviadas 100% de peças boas aos clientes (Figura 2.5).

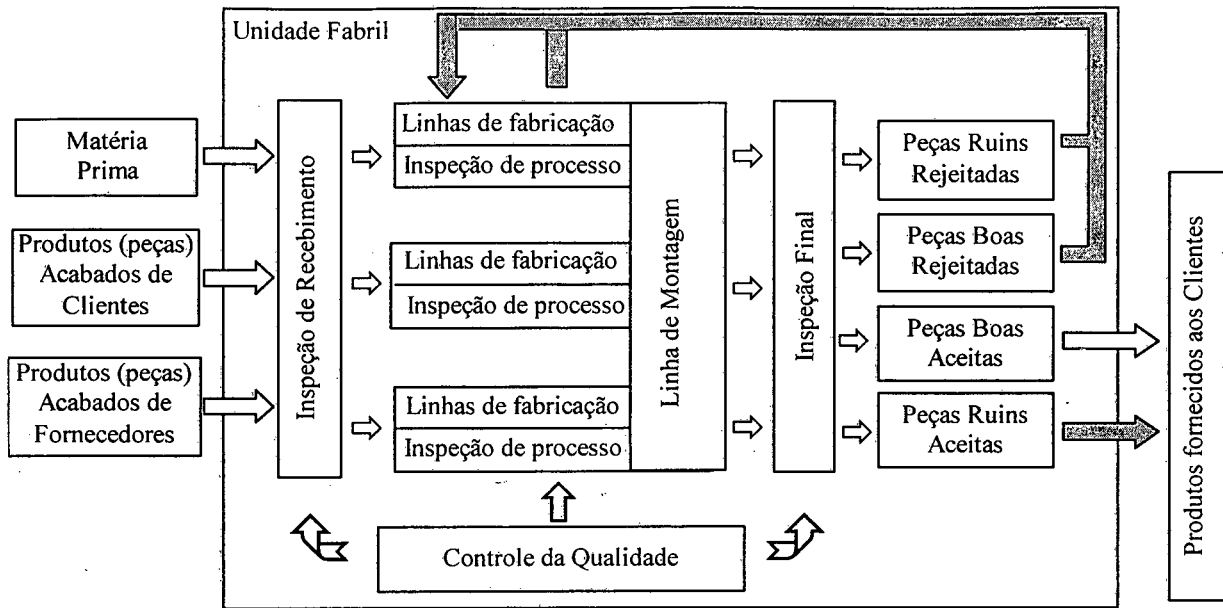


Figura 2.5 – Classificação dos produtos (peças) através das inspeções.

- d) Os registros de inspeções e ensaios comprovam que foram realizados ensaios, medições e/ou inspeções. Exemplos comuns são especificações de peças para atender uma regulamentação, especificações de peças de segurança, características funcionais e essenciais de algumas peças fornecidas a uma montadora, etc. O fornecedor nesses casos precisa estar protegido com alguma documentação caso venha-se a contestar a conformidade do produto.
- e) A seleção dos EIME permite a utilização compatível com o tipo de inspeção, com a dimensão nominal, com a tolerância especificada, com as condições ambientais do local, etc. A seleção dos EIME pode ser influenciada por vários fatores, um deles é o custo de aquisição, o custo de manutenção e os custos devido às falhas de avaliação do processo de medição.

As falhas durante o processo de avaliação de uma característica podem trazer prejuízos para a empresa devido à quantidade de produtos bons sendo sucateado, devido à quantidade de produtos ruins sendo entregues aos clientes e devido às informações equivocadas sendo enviados para a melhoria contínua do processo. Esse problema está relacionado com a incerteza de medição do instrumento, a dispersão do processo de

fabricação do produto e a política de qualidade da empresa. Quanto maior é a incerteza de medição, maiores são as chances de ocorrerem os erros de avaliação (Figura 2.6). Atualmente devido à grande exigência dos clientes, principalmente por parte das montadoras de veículos (Algumas exigem algo próximo do 0 ppm de defeito), é feito a redução de cada limite de especificação de um valor entre zero e o valor da incerteza de medição para minimizar os erros de avaliação. Realizado essa redução é encontrado o limite de aceitação do produto.

$$LAI = LEI - RED.$$

$$LAS = LES - RED.$$

Onde:

LAI \Rightarrow Limite de Aceitação Inferior;

LAS \Rightarrow Limite de Aceitação Superior;

LEI \Rightarrow Limite de Especificação Inferior;

LES \Rightarrow Limite de Especificação Superior.

RED \Rightarrow Redução entre zero e Incerteza de Medição.

Quando reduzido a um valor próximo ao valor da incerteza de medição, o limite de aceitação torna-se uma faixa de segurança onde se tem uma probabilidade muito pequena de enviar peças defeituosas para o cliente. É claro que deve ser levado em consideração que a incerteza de medição e a capacidade do processo foram estimadas corretamente e que as inspeções estão sendo praticadas com rigor e conhecimento de causa.

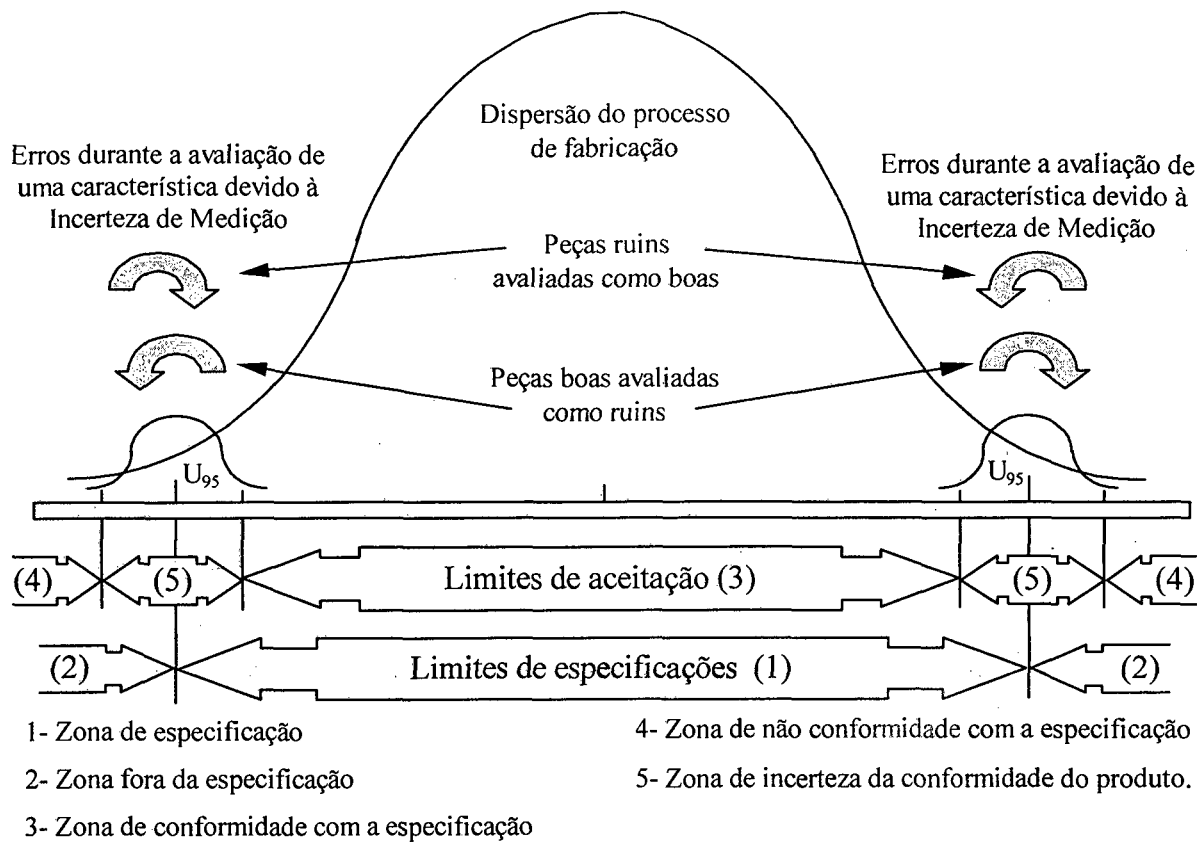


Figura 2.6 – Erros de avaliação devido a incerteza de medição do instrumento.

É possível através de cálculos estatísticos obter os valores dos erros de avaliação. Os exemplos citados a seguir foram calculados por uma planilha eletrônica. Os valores de entrada são: o valor nominal a ser medido, a tolerância dimensional, a capacidade do processo, a incerteza de medição e o valor de redução para os limites de especificação. Na planilha são gerados 10.000 valores aleatórios em relação a um valor de entrada (valor nominal a ser medido) e com uma dispersão conhecida (capabilidade do processo). São gerados mais 10.000 valores aleatórios tomando como base cada valor aleatório anterior (simulando a medição dos primeiros 10.000 valores gerados) e com uma dispersão também conhecida (Incerteza de medição). Com os últimos 10.000 valores gerados, esses são comparados com os limites de aceitação para saber se a peça pode ser aceita ou não. Depois é verificado se a decisão de aceitar ou não aceitar o produto foi correta ou incorreta, comparando com o valor correto do produto. Como resultado final, a planilha indica as avaliações que foram realizadas (Figura 2.7), divididas em:

- Número de peças boas avaliadas como ruins;
- Número de peças boas avaliadas como boas;
- Número de peças ruins avaliadas como boas;
- Número de peças ruins avaliadas como ruins.

De acordo com as condições acima, a planilha eletrônica lança os resultados com uma resolução de 100 PPM.

Essa planilha eletrônica foi desenvolvida com base nos estudos realizados pelo Prof. Gustavo Daniel Donatelli, D. Eng., no trabalho *“Capability of Measurement Systems for 100% Inspection Tasks”* / 13 /.

Processo (x)				Instrumento (y)			Tolerâncias de projeto	
Valor Nominal =	30,000 mm			Incerteza(IM) +/-	0,100 mm		Limites de Especificação	
Desvio padrao =	0,201 mm			Deslocamento	0,000 mm		Min (LEI)	Max (LES)
Tolerância (T) =	1,000 mm			Razao T/IM	10,00		29,500	30,500
Cpk =	0,830			Deslocamento/IM	0,00		Limites de Aceitação	
Media de x	30,002 mm			Média de y	30,002 mm		Min (LAI)	Max (LAS)
Desvio st. de x	0,204 mm			Desvio st. de y	0,210 mm		29,500	30,500
Simulação				Frequências		Situação	Nº de Peças = 10000	
Quant	x	y	Faixas	x	y	das Peças	Peças Boas Aceitas (0) =	9796
1	30,103	30,074	29,239	0	0	0	Peças Ruins Aceitas (1) =	25
2	29,793	29,784	29,293	1	0	0	Peças Boas Regeit. (2) =	109
3	29,991	30,019	29,347	4	5	0	Peças Ruins Regeit. (3) =	70
4	30,117	30,137	29,401	7	11	0	Teste	10000
5	29,777	29,854	29,455	17	27	0	$S_y^2 = S_x^2 + IM^2$	$S_y = 0,210$
6	29,986	30,059	29,509	49	48	0	Resultados em ppm	
7	30,112	30,089	29,563	68	80	0	Peças Ruins Aceitas (1) =	2500 ppm
8	30,257	30,279	29,617	135	141	0	Peças Boas Regeit. (2) =	10900 ppm
9	29,993	29,995	29,671	218	238	0	Total de erros de avaliação	13400 ppm
10	29,976	29,938	29,725	371	384	0		
11	29,973	30,033	29,780	543	566	0		
12	30,148	30,229	29,834	664	635	0		
13	30,013	30,024	29,888	786	804	0		

Figura 2.7 – Planilha eletrônica para simular o número de falhas de avaliação.

A partir dessa planilha eletrônica foram realizados os três exemplos a seguir:

Caso 1 – Para uma condição onde o produto pede uma tolerância de 1,0 mm e encontra-se disponível um instrumento de medição com Incerteza de Medição de 0,1 mm. É conhecida também a capacidade do processo $C_p = 0,83$, em um processo

centralizado. Não realizando nenhuma redução dos limites de especificação, isto é os limites de aceitação igual aos limites de especificação. Isso induz aos seguintes resultados:

- Peças ruins avaliadas como boas $\cong 2.500$ ppm
- Peças boas avaliadas como ruins $\cong 11.000$ ppm

O maior problema nesse caso são as peças ruins enviadas para o cliente, já que os custos de reposição das peças, do transporte, da imagem da empresa, das multas, são bem maiores que os custos de rejeitar essas peças em um momento antes do cliente perceber (Figura 2.4).

Caso 2 – Para as mesmas condições do “caso 1” foi reduzido do limite de especificação o valor da Incerteza de Medição, de forma que o limite de aceitação ficou uma faixa de 0,8 mm. Isso induz aos seguintes resultados:

- Peças ruins avaliadas como boas $\cong 0$ ppm
- Peças boas avaliadas como ruins $\cong 40.000$ ppm

Nesse caso o número de peças ruins avaliadas como boas é aproximadamente zero, mas o número de peças boas avaliadas como ruins subiu mais 29.000 ppm. Mesmo assim é necessário fazer uma avaliação para encontrar qual é a melhor opção, já que os custos de uma peça enviada ao cliente com defeito ser superior que uma peça boa avaliada como ruim.

Caso 3 – Para as mesmas condições do “caso 2” foi reduzido a incerteza de medição para 0,05 mm e foi reduzido do limite de especificação o valor da Incerteza de Medição, de forma que o limite de aceitação ficou uma faixa de 0,9 mm. Isso induz aos seguintes resultados:

- Peças ruins avaliadas como boas $\cong 0$ ppm
- Peças boas avaliadas como ruins $\cong 13.000$ ppm

Nesse caso a redução da incerteza de medição reduziu o número de peças boas avaliadas como ruins em 27000 ppm. Mesmo assim ainda é necessário verificar se o investimento na aquisição e manutenção de um novo instrumento é viável em relação aos ganhos pela redução dos erros de avaliação.

Comparando os resultados é possível verificar que a seleção do instrumento está diretamente relacionada com os custos adicionais que a empresa vem a ter com avaliação de seus produtos.

f) A calibração dos EIME a padrões rastreados e reconhecidos internacionalmente garante que as empresas estejam utilizando a mesma referência para fabricar e avaliar as características de seus produtos. Dessa forma é possível ter intercambialidade entre produtos fabricados em diferentes lugares, em diferentes fábricas, com diferentes formas de fabricar o produto, etc (Figura 2.8). Os padrões de medições são classificados da seguinte forma:

- Padrões internacionais: São os padrões reconhecidos internacionalmente;
- Padrões nacionais: São os padrões reconhecidos nacionalmente. Exemplo: um padrão nacional do NIST (EUA) continua sendo um padrão nacional para os demais países.
- Padrão de Referência: São os padrões de mais alta confiança dentro de uma entidade, universidade, laboratório, empresa, etc.
- Padrão de Trabalho: São os padrões utilizados no dia a dia na calibração de equipamentos de medição;

Numa cadeia de rastreabilidade dos padrões de medição, quanto mais em baixo na pirâmide maior será a incerteza de medição. Isso ocorre devido ao acúmulo de incertezas que vão passando de padrão para padrão no momento das calibrações (Figura 2.8).

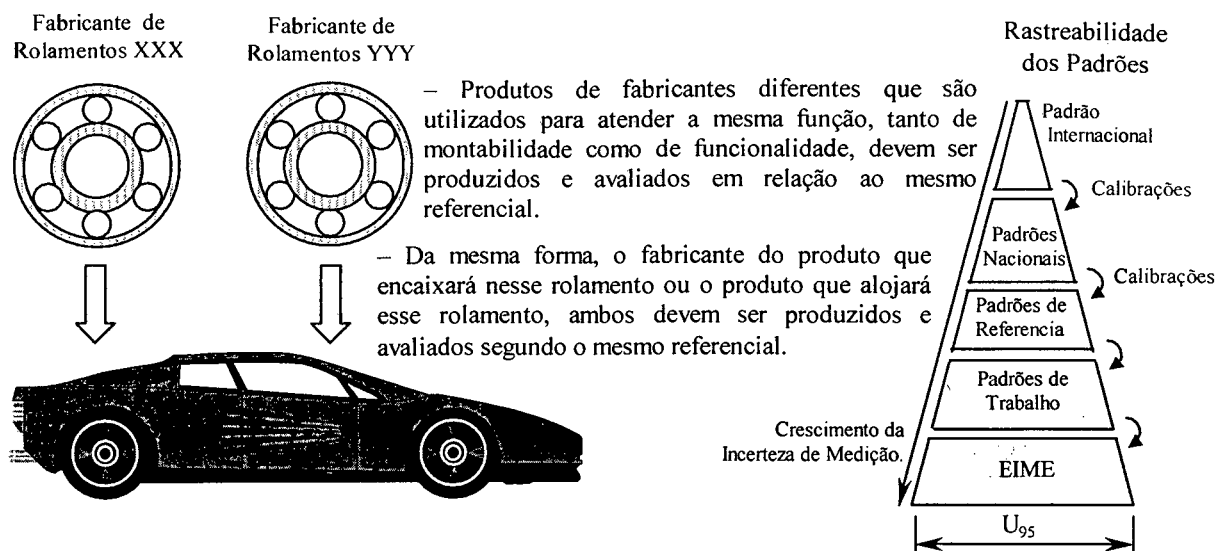


Figura 2.8 – Importância da Rastreabilidade dos padrões de medição.

- g) O objetivo da comprovação periódica (calibração) do equipamento de medição é assegurar que o mesmo não sofreu deterioração de sua exatidão e evitar que ele seja utilizado quando existir uma significativa possibilidade de produzir resultados errados. Existem várias formas de determinar a frequência de calibração, algumas delas são: Ajuste automático ou escalonado, Gráfico de controle, Histórico, Tempo em uso, Ensaio em serviço ou de caixa preta / 34 e 35 /.
- h) A identificação dos EIME é realizada porque cada instrumento tem características diferentes e épocas diferentes de realizar a sua calibração. Ou seja, para um mesmo tipo de instrumento pode haver mais de uma incerteza de medição e datas diferente para serem realizados a calibração. A identificação dos EIME tem papel importante na organização e na programação das calibrações.
- i) Os registros da calibração dos EIME comprovam que foram realizadas as calibrações (certificados de calibração), ajudam na determinação de novos intervalos de calibração através do histórico e sua utilização ajuda no direcionamento do instrumento para aplicações mais apropriadas.
- j) O conhecimento das condições ambientais é importante para que se possa verificar a sua influência na incerteza de medição dos EIME. Ou seja, alguns instrumentos têm suas maiores incertezas vindas das condições ambientais (vibração, temperatura, poeira, umidade, etc.) e a falta de conhecimento sobre elas pode inviabilizar as medições.

- k) O treinamento para utilização dos EIME tem como objetivo diminuir os erros devido a sua má utilização, procurar nivelar os operadores para que não haja grandes dispersões na forma de realizar as medições e buscar que eles tenham boas práticas de manusear, limpar, guardar, etc.
- l) A proteção dos EIME é importante para que não seja possível realizar desajustes. Dessa forma garantindo que os ajustes realizados na calibração foram mantidos.

As atividades metrológicas dentro das ISO 9000 são grandes aliados para a melhoria da qualidade. Diversos esforços têm sido tomados para facilitar a aplicação das atividades metrológicas e as dificuldades encontradas na sua aplicação têm justificado a criação de diversas normas, guias, etc.

2.2.4 - Atividades metrológicas na QS 9000

A QS 9000 é a norma para os fornecedores das montadoras GM, FORD e CHRYSLER. Essa norma é uma compilação do **Manual de Garantia da Qualidade do Fornecedor** da CHRYSLER, junto da **Norma de Sistema da Qualidade – Q101** da FORD e **Objetivos para Excelência** da GENERAL MOTORS / 17 e 36 /. A ISO 9000 foi adotada como base para essa norma. Então a composição da QS 9000 se resume em:

- ISO 9000 mais requisitos específicos do setor;
- Requisitos específicos de cada montadora;
- Manuais de referência (CEP, FMEA, MSA, PAPP, AQP).

Do ponto de vista das atividades metrológicas, as principais diferenças entre a ISO 9000 e a QS 9000 são os manuais de referência CEP e MSA.

- a) O MSA é uma ferramenta utilizada para analisar os sistemas de medição. O documento MSA apresenta diretrizes para a seleção de procedimentos para avaliar a qualidade de um sistema de medição.

Na utilização do MSA é possível criar critérios para aceitar novos equipamentos, fazer uma comparação entre um dispositivo de medição e outro, fornecer uma base para avaliar um dispositivo de medição suspeito de ser deficiente, fornecer uma comparação para um

equipamento de medição antes e depois de ser reparado, fornecer uma componente necessária para o cálculo da variação do processo e o nível de aceitação para um processo produtivo e fornecer informações necessárias para estabelecer uma curva de desempenho do dispositivo de medição a qual indica a probabilidade de aceitar uma peça para cada termo.

A sua aplicação requer conhecimentos de metrologia e estatística. O MSA toma como base que as medições nunca são exatas e que sempre possuem erros. Os erros de um sistema de medição que são considerados no MSA são a tendência, a repetitividade, a reprodutibilidade, a estabilidade e a linearidade (Figura 2.9).

- Tendência é uma estimativa do erro sistemático. O erro sistemático é a diferença entre valor médio de infinitas medidas e o valor verdadeiro convencional ou valor de referência.
- Repetitividade é uma estimativa do erro aleatório de um sistema de medição. O erro aleatório é a dispersão encontrada em infinitas medições sobre um mesmo mensurando.
- Reprodutibilidade é a variação na média das medições feitas por diferentes operadores, utilizado o mesmo sistema de medição e medindo o mesmo mensurando.
- Estabilidade é a diferença entre as médias das medições obtidas por um mesmo sistema de medição medindo o mesmo mensurando em espaços de tempo diferentes.
- Linearidade é a diferença máxima entre os valores da tendência ao longo da faixa de medição do mensurando.

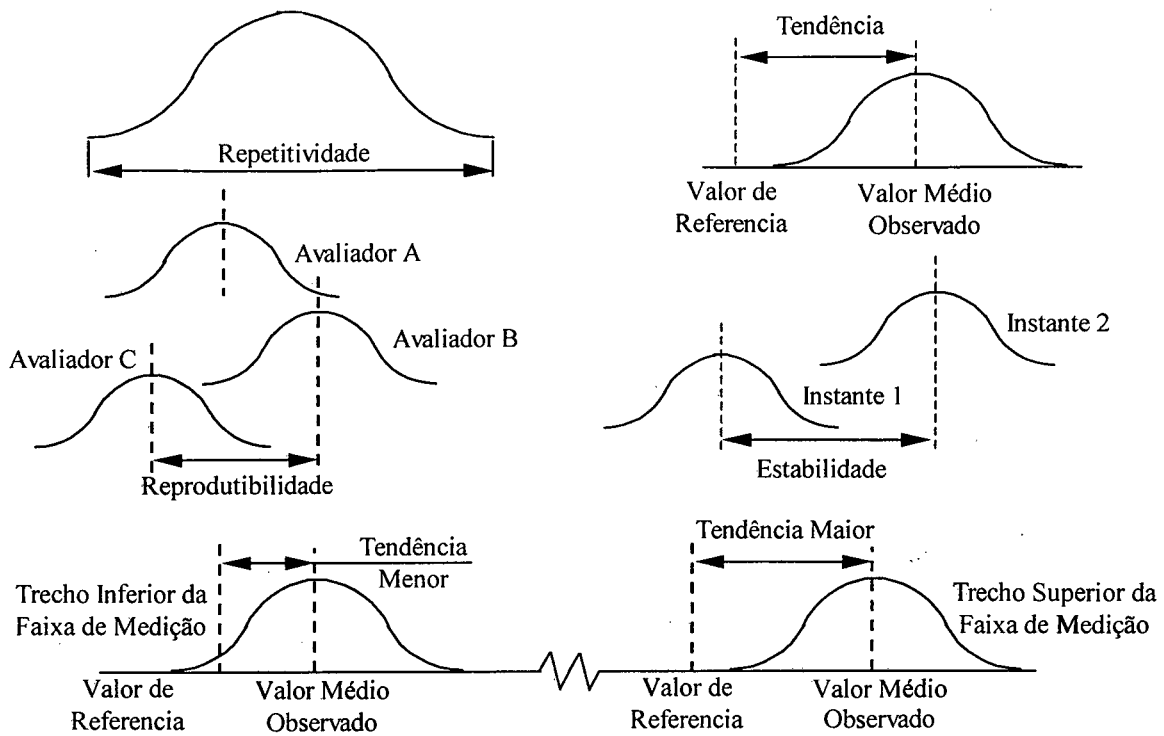


Figura 2.9 – Erros de Medição levados em consideração no MSA / 37 /.

As antigas regras de relacionar a resolução ou o erro de medição com a tolerância são inadequadas para os desafios do mercado no futuro, no qual a ênfase será sobre a melhoria contínua do processo de medição e de fabricação / 37 /. O MSA garante uma melhoria contínua do processo de medição através das cartas de controle e de cálculos estatísticos que indicam quando o processo de medição é adequado ou não para detectar variações peça a peça, quando é sensível ou não à técnica do operador, quando é apropriado ou não para a análise do processo, quando é conveniente ou não para controlar o processo, etc.

- b) O CEP é uma ferramenta de melhoria contínua dos processos de fabricação. Ela é uma ferramenta utilizada para obter consistência e exatidão na produção. A sua aplicação depende do “input” de outras ferramentas como DFMEA, PFMEA, solicitação do cliente, ou ferramentas que selecione características de produtos que possuam grandes índices de retrabalho e de refugo / 38 e 39 /.

Essa ferramenta é fundamentada em modelos estatísticos. As cartas de controle utilizadas nessa ferramenta servem para a coleta de dados, servem de “alarme” para o operador avisando que existe algo que não está funcionando bem e também servem de histórico para

que sejam realizadas análises para fundamentar as melhorias do processo. A melhoria do processo se dá pela redução das causas comuns.

O Processo pode ter problemas de causas especiais e problemas de causas comuns / 40 /. As causas especiais são problemas não inerentes ao processo de fabricação. Exemplo: a pastilha de usinagem quebrada, vazamentos na tubulação de óleo de um cilindro de aplicação da força na montagem de um componente prensado, “*Set-up*” trocado de uma máquina CNC. As causas comuns são problemas inerentes ao processo de fabricação. Exemplo: As folgas de uma máquina de usinagem, os desgastes de um barramento de um torno CNC, falhas num molde de fundição, falhas numa ferramenta de estampagem, etc.

Freqüentemente as causas especiais são resolvidas pelo pessoal próximo ao processo de fabricação. Essas ações podem resolver cerca de 15% dos problemas no processo. Já as causas comuns quase sempre exigem decisão gerencial para a sua correção e podem resolver cerca de 85% dos problemas existentes no processo / 41 e 42 /.

A aplicação do CEP necessita de meios de medição com confiabilidade metrológica. Sendo assim a sua eficiência depende fundamentalmente das atividades metrológicas.

A melhoria da qualidade utilizando a ferramenta CEP pode ser verificada através da melhoria da capacidade dos processos de fabricação, da centralização dos processos de fabricação e da previsão das causas especiais através da tendência dos valores nas cartas de controle.

A melhoria da capacidade dos processos de fabricação diminui a probabilidade do fornecedor enviar produtos com defeitos para os clientes. Quanto melhor é a capacidade, menor é a necessidade de realizar controle das peças produzidas. Para exemplificar é possível simular com a mesma planilha do item “2.2.3 - e” algumas situações:

Caso 4 – Considerando um processo de fabricação centralizado e com uma capacidade C_p de 0,83 (Figura 2.10). Isso induz ao seguinte resultado:

- Total de peças ruins geradas \cong 12.000 ppm

Caso 5 – Para as mesmas condições do caso 4, melhorando a capacidade do processo de fabricação para $C_p = 1,0$ e depois para um $C_p = 1,33$ (Figura 2.10). Isso induz aos seguintes resultados:

- Para $C_p = 1,0$ – Total de peças ruins geradas $\cong 2.500$ ppm;
- Para $C_p = 1,33$ – Total de peças ruins geradas $\cong 100$ ppm.

A centralização do processo em relação à tolerância de projeto também pode diminuir o número de peças ruins geradas. O caso 6 exemplifica essa situação.

Caso 6 – Para um processo de fabricação não centralizado com capacidade $C_p = 1,0$ e $C_{pk} = 0,83$ (Figura 2.10). Isso induz ao seguinte resultado.

- Para $C_p = 1,0$ e $C_{pk} = 0,83$ – Total de peças ruins geradas $\cong 6.400$ ppm;

Com esses exemplos é possível verificar que através do estudo de CEP (eliminação de causas comuns e centralização do processo) pode-se reduzir o número de falhas dos processos de fabricação.

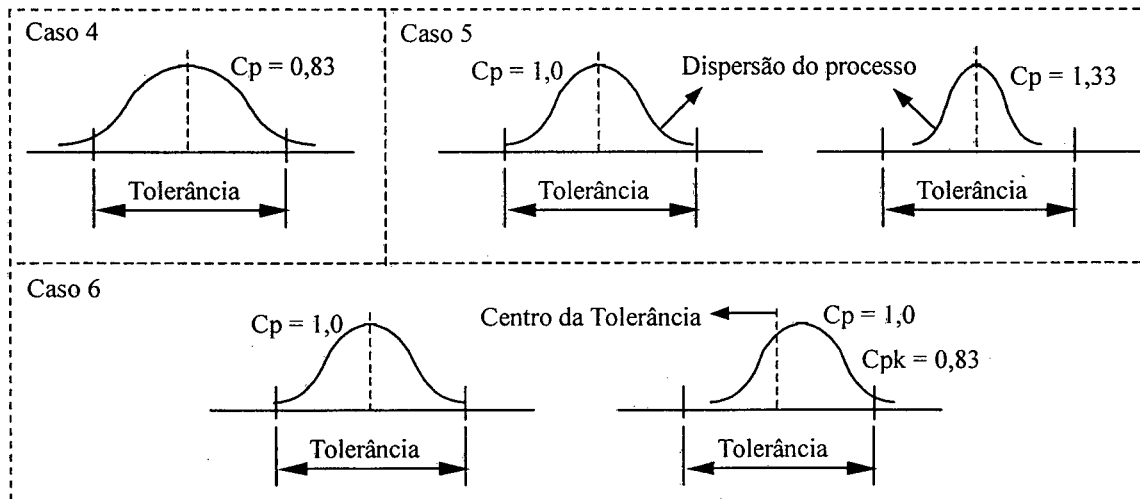


Figura 2.10 – Dispersão de processos de fabricação em relação a tolerância de projeto.

2.2.5 - Referências normativas que servem como auxílio na implantação dos requisitos metrológicos

Essas referências a seguir são importantes para que haja mais confiabilidade metrológica dentro da empresa.

Conforme estudo realizado em empresas que implantaram as normas ISO 9000, as maiores dificuldades foram encontradas na implementação dos requisitos metrológicos (Figura 2.11).

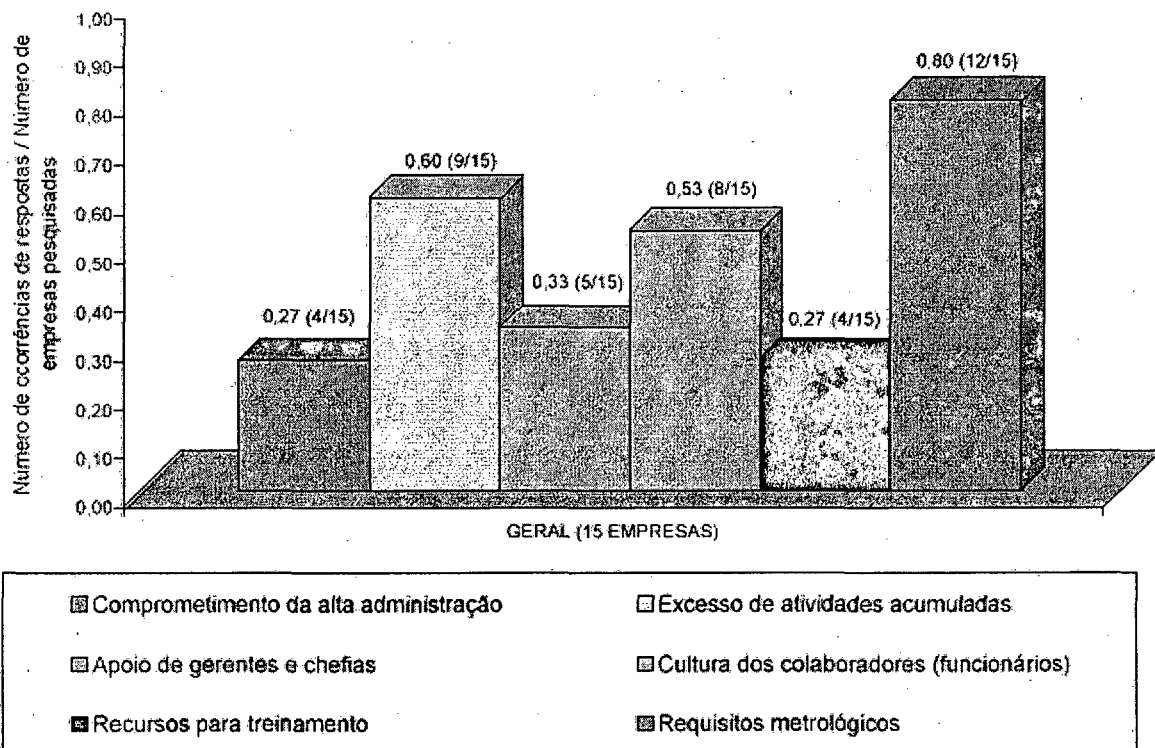


Figura 2.11 – Dificuldades na implantação das Normas ISO 9000 / 43 /.

As principais referências para o auxílio na implantação dos requisitos metrológicos são:

- A norma ISO 10012-1 foi criada para orientar na implantação dos requisitos metrológicos das normas ISO 9000, para cada requisito existe uma orientação, trás algumas definições (terminologias) retiradas do VIM (Vocabulário Internacional de Metrologia) e trás em anexo um guia para auxiliar na determinação do intervalo de calibração.
- O ISO GUM / 44 / estabelece regras gerais para avaliar e expressar a incerteza de medição, que podem ser seguidas em vários níveis de exatidão e em muitos campos, desde o chão de

fábrica até a pesquisa fundamental. A sua aplicação está pouco difundida nas empresas por que ela é muito recente se comparada com o tempo de existência dos métodos tradicionais e tem-se a questão histórica de que as normas de garantia da qualidade são lacônicas nos aspectos metrológicos por elas exigidos / 43, 45 e 46 /.

- c) A ISO 14253-2 / 47 / estabelece um método simplificado, um procedimento iterativo e uma forma de avaliar e determinar incerteza de medição, de acordo com as especificações existentes no ISO GUM. Geralmente utilizada pelas empresas devido a praticidade de aplicação e possuir uma rotina que tem como o objetivo de minimizar os custos com atividades metrológicas. Esse método é chamado de método PUMA (Procedure Uncertainty Management) e é baseado num processo iterativo de redução da incerteza de medição.
- d) A norma ISO 14253-1 / 48 / estabelece regras para os fornecedores provarem a conformidade ou não conformidade de característica especificada de uma peça ou equipamento de medição com uma tolerância especificada (para produto) ou erro máximo permitido (para EIME) considerando a incerteza de medição estimada na avaliação da conformidade.

2.3 - COMENTÁRIOS FINAIS

As atividades metrológicas supracitadas nesse capítulo podem trazer vários benefícios para as empresas, mas apesar disso não basta apenas investir sem ter o mínimo de conhecimento de quanto será gasto para a implantação e manutenção dessas atividades, bem como o quanto essas atividades trarão de lucro para empresa devido a sua implantação. Dessa forma é necessário ter um mínimo conhecimento de análise financeira / 49 / e de ferramentas para o cálculo dos custos envolvidos nas atividades em questão.

Capítulo 3

MELHORIA DA QUALIDADE COM REDUÇÃO DOS CUSTOS

A redução dos custos é um dos objetivos na tentativa de aumentar os lucros da empresa. Nessa tentativa é necessário ter o conhecimento de ferramentas que dêem suporte para uma análise dos custos envolvidos nesse processo. As ferramentas para melhoria da qualidade são inúmeras, mas poucas são aquelas que mostram os resultados em forma de custos. A contabilidade de custos tradicional não dispõe de informações que possam mostrar o quanto foi perdido de lucro devido às falhas e a falta de qualidade / 50 /. Então, nesse capítulo será tratado de uma ferramenta voltada para a melhoria da qualidade com base nos custos e será tratado de como buscar a melhoria da qualidade com redução dos custos.

3.1 - FERRAMENTA DE CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS

A classificação dos custos é uma forma de poder identificar onde está alocado cada custo. A ferramenta de classificação dos custos é denominada custos da qualidade. Ela é dividida em custos da conformidade e custos da não-conformidade.

Para que seja possível interpretar bem os valores dos custos da qualidade é necessário que a sua implantação aconteça quando a empresa estiver em regime normal de funcionamento, ou seja, não estar passando por implantação da empresa ou por grandes transições para a melhoria da qualidade.

3.1.1 - Custos da conformidade

Os custos da conformidade classificam os custos referentes às atividades que têm o objetivo de deixar o produto conforme o especificado e eles podem ser divididos em custos de avaliação e custo de prevenção.

a) Custos de avaliação:

Os custos de avaliação são os custos relacionados com as atividades de identificação de defeitos, falhas nas peças e nos produtos, antes que os clientes internos e externos os encontrem. Esse tipo de custo não diminui o número de defeitos do produto, mas evitam

custos mais elevados caso esses defeitos venham a ser detectados pelo cliente. Alguns exemplos dos custos de avaliação:

- Inspeções de recebimento, inspeções de processo e inspeções de fim de linha. Exemplos: Inspeção da dureza de um aço-liga para fabricação de ferramentas de estampagem, inspeção da cilindricidade da haste de um amortecedor após retífica, inspeção da flexibilidade de uma mola;
- Planejamento das inspeções. Exemplos: Seleção de um instrumento para inspecionar o diâmetro de alojamento de um rolamento, determinação da frequência de medição para inspecionar o diâmetro externo de uma engrenagem, determinação do número de instrumentos reservas para substituição durante as calibrações;
- Auditorias na linha de produção. Exemplo: Auditorias para verificação da conformidade na aplicação dos torques de segurança de um veículo;
- Aquisição, manutenção e calibração dos instrumentos para realizar inspeções e ensaios. Exemplos: Realizar a compra de instrumentos para a medição de dureza após operação de têmpera, calibração anual do um padrão de torque, conserto e calibração de um manômetro com defeito;
- Análises e ensaios em laboratório. Exemplos: Medição da composição química do material para fabricar ferramentas de corte, ensaios de tração para comprovação da resistência do material de uma ponta de eixo;
- Custo para manter laboratórios. Exemplo: Custo da mão de obra, custo de energia elétrica.

b) Custos de prevenção:

Os custos de prevenção são os custos relacionados com as atividades que previnem o aparecimento de defeitos. Esse tipo de custo tem a finalidade de eliminar as causas dos defeitos, dessa forma produzindo certo da primeira é mais barato e proporciona maior produtividade. Alguns exemplos dos custos de prevenção:

- Medições para melhoria do processo. Exemplo: Medições que são controladas estatisticamente por cartas de controle, as quais podem prever acontecimentos especiais (não comuns) do processo;
- Medições de ferramentas; Exemplo: Medição das formas e posicionamento dos contos de coluna de uma ferramenta de estampar o teto de um veículo.
- Aquisição, manutenção e calibração de instrumentos que são utilizados na retroalimentação dos processos de fabricação. Exemplo: Aquisição, manutenção e calibração de instrumentos que controlam estatisticamente o diâmetro da ponta de eixo;
- Treinamento de pessoal para a qualidade. Exemplos: Treinamento de pessoas para ter boas práticas de medição e de conservação dos instrumentos, treinamento para saber o momento de agir no processo com base nas medições realizadas.

3.1.2 - Custos da não-conformidade

Os custos da não-conformidade classificam os custos relacionados com os defeitos e as falhas nas peças e nos produtos que são identificados pelos clientes internos ou externos, esses custos podem ser divididos em custos das falhas internas e custo das falhas externas. Esse tipo de custo mostra o quanto foi perdido devido à produção de má qualidade.

a) Custos das falhas internas:

Os custos das falhas internas são os custos relacionados com os defeitos e as falhas nas peças e nos produtos que são detectadas antes de serem detectadas pelos clientes externos. Alguns exemplos dos custos das falhas internas:

- Refugos de peças defeituosas. Exemplo: Peças com diâmetro de eixo inferior ao especificado refletindo em: custo de oportunidade devido ao tempo perdido entre a primeira operação e a operação que gerou o refugo, custo da matéria prima investida, custo da mão de obra utilizada, custo da energia elétrica empregada, custos dos materiais utilizados na fabricação da peça, custo da logística empregada, custo de depreciação do equipamento.

- Retrabalhos, consertos de produtos defeituosos. Exemplo: Peças com diâmetro de eixo superior ao especificado refletindo em: custo de oportunidade devido ao tempo perdido na operação de retrabalho ou conserto, custo da mão de obra utilizada, custo da energia elétrica empregada, custos de materiais utilizados na no retrabalho ou no conserto, custo de depreciação do equipamento;
- Reinspeções de produtos reparados; Exemplo: Inspeção para verificar a conformidade dos eixos que não estavam conforme a especificação e foram retrabalhados ou concertados refletindo em: custo de oportunidade devido ao tempo perdido na operação de reinspeções, custo da mão de obra utilizada, custo de depreciação do instrumento;
- Atrasos da produção. Exemplo: Horas extra para recuperar os atrasos.

b) Custos das falhas externas:

Os custos das falhas externas são os custos relacionados com os defeitos e as falhas nos produtos que são detectadas pelos clientes externos. Esse tipo de custo mostra o quanto foi insuficiente os Custos de Avaliação dos produtos, deixando passar produtos ruins para o cliente. Alguns exemplos dos custos das falhas externas:

- Exemplos citados nos custos de falhas internas;
- Concessões devido à produção de produtos de segunda qualidade. Exemplo: Descontos cedidos ao cliente devido a pequenos defeitos que não atrapalham a funcionalidade, mas prejudica outras características do produto, como a aparência, por exemplo;
- Multas. Exemplo: Cláusulas contratuais quebradas devido à não entrega de peças no prazo estabelecido, provocando a parada da linha de produção por um dia. A Volkswagen maior produtor de veículos populares no Brasil chega a produzir mais de 1000 veículos populares ao dia.
- Transporte. Exemplos: Custo com o transporte de ida e volta de peças que foram exportados para Europa;

- Perda do cliente. Exemplo: Esse custo pode ser estimado através do quanto a empresa deixou de vender devido à perda do cliente;

Uma das técnicas utilizadas para quantificar (estimar) os custos da qualidade é denominada de Activity Based Costing (ABC). O ABC rastreia os custos através das atividades realizadas, porque nas empresas os processos, os procedimentos consomem recursos chamados de atividades. Essa técnica é alimentada por diversos meios como: Ordens de produção, programação da produção, requisição de materiais, relatórios da qualidade, etc / 50 e 51 /.

A base de cálculo mais utilizada para estimar os Custos da Qualidade é o faturamento mensal da empresa, porque assim é possível verificar quanto está sendo gasto do que poderia ser lucros para a empresa. Essa é uma forma de justificar para a alta gerência a realização de investimentos para reduzir os custos da qualidade.

Numa empresa de integração de vários componentes mecânicos para obter um produto final e onde o faturamento mensal gira em torno de 1,5 M\$, foi realizado um levantamento dos custos da qualidade para um mês (Figura 3.1).

C. da Qualidade	Percentual do Faturamento
Avaliação	6,2%
Prevenção	0,1%
Falhas Internas	2,5%
Falhas Externas	1,8%
Total	10,6%

Figura 3.1 – Porcentagem do faturamento mensal gastos com os Custos da Qualidade / 52 /.

Tomando como base os valores da figura acima é possível calcular que com a redução de apenas 1% dos custos totais da qualidade é possível obter um ganho de 180 k\$ ao ano.

Os principais objetivos para a utilização da ferramenta custos da qualidade são:

- Estimar o quanto a empresa vem investindo nas diferentes categorias de custos da Qualidade.

- Estimar o quanto a empresa está perdendo pela falta de qualidade. Essa informação, quando passada aos diferentes níveis da organização, ajuda na sensibilização e compromisso de enfrentar o desafio da melhoria da qualidade.
- Tornar a qualidade um dos objetivos estratégicos para a empresa. Para tanto, a alta administração através do conhecimento efetivo das quantificações físicas e monetárias, realmente assume o compromisso com a qualidade.

3.1.3 - Interpretação dos custos da qualidade

Para que seja possível interpretar os custos da qualidade é necessário conhecer qual é a relação entre cada categoria de custos.

Os investimentos em custos de avaliação e prevenção estão diretamente relacionados com os custos de falhas internas e externas. Quanto maiores forem os investimentos nos custos de avaliação, maiores serão os custos das falhas internas e menores serão os custos das falhas externas. Vale salientar que o produto não ficará pior por investir em avaliação, o que acontece é que as peças com defeitos e falhas que antes estavam indo para o cliente, agora estão ficando retidas pelo controle de qualidade. Já quanto maiores forem os investimentos nos custos de prevenção, menores serão os custos de falhas internas, falhas externas e ainda de acordo com os resultados que sejam obtidos, as atividades de avaliação podem ser reduzidas e conseqüentemente também serão reduzidos os custos de avaliação.

Na busca da redução dos custos, um dos objetivos pode ser a busca do custo da qualidade mínimo. Para encontrar ou se aproximar da zona de custo da qualidade mínimo é necessário conhecer as três regiões na relação entre os custos e a qualidade dos produtos. Elas são divididas em: Região de melhoria, região de trabalho e região de perfeccionismo (Figura 3.2).

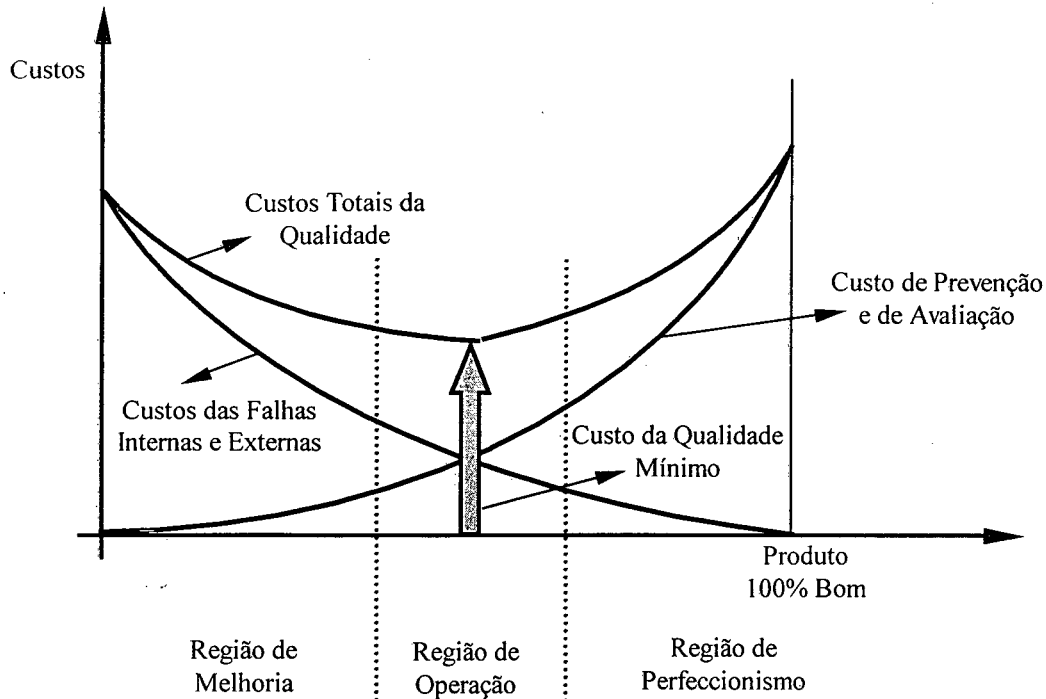


Figura 3.2 – Relação entre os custos da qualidade e a qualidade do produto.

A região de melhoria é uma região onde os custos das falhas internas e externas são superiores aos custos de avaliação e prevenção. Nessas condições existe uma grande potencialidade em realizar melhorias da qualidade com redução dos custos da qualidade, ou seja, para um investimento em avaliação ou em prevenção é possível obter um retorno maior que o valor investido.

A região de trabalho é uma região onde os investimentos em custos de prevenção e de Avaliação são quase que equivalentes com a redução dos custos das falhas internas e externas. Nessa região os investimentos em custos de prevenção ou avaliação são justificados pela redução dos custos das falhas internas e externas e ainda proporcionando o aumento da qualidade do produto.

A região de perfeccionismo é uma região onde os custos de avaliação e prevenção são altos para solucionar e reduzir as falhas internas e externas ainda existentes. Nessa região a melhoria da qualidade é muito dispendiosa e pode comprometer os lucros da empresa. Nesse caso é necessário verificar se os clientes estão satisfeitos com os produtos recebidos antes de tomar uma decisão pela melhoria da qualidade.

A partir dessas relações já é possível tomar decisões de onde realizar investimentos, seja em prevenção ou em avaliação.

3.1.4 - Aplicação dos custos da qualidade

Os custos da qualidade podem ser aplicados de várias formas, como:

- Utilizar os custos como indicadores para a gestão de não-conformidades como forma de avisar quando devem ser tomadas ações (Figura 3.3).

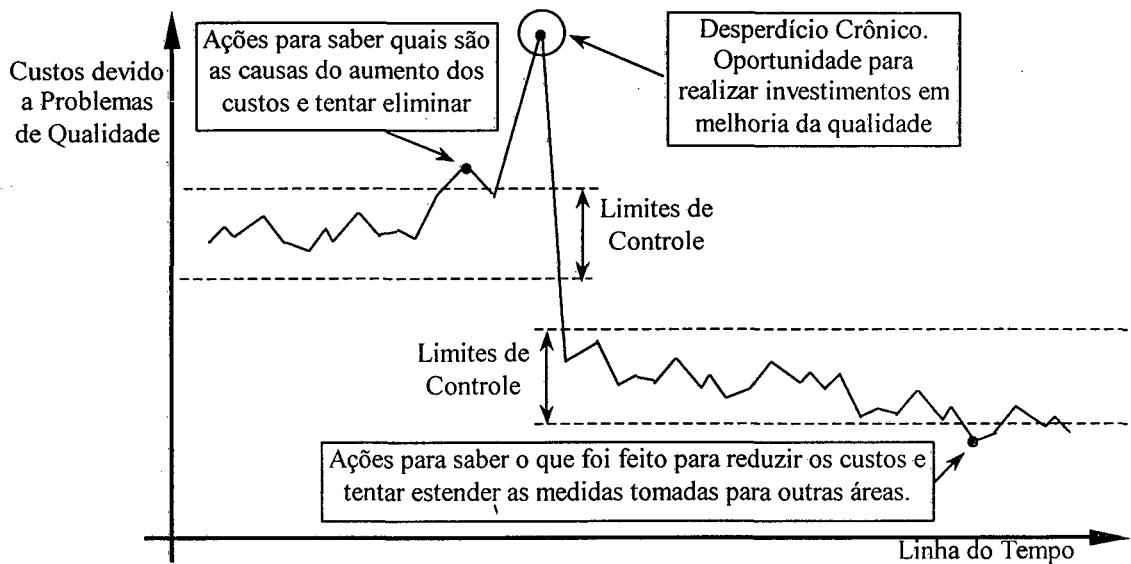


Figura 3.3 – Controle dos custos como forma de melhorar a qualidade e reduzir os custos

- Utilizar as quatro componentes dos custos da qualidade para direcionar os investimentos (Figura 3.4). Exemplo: Aumentar o número de inspeções no processo.

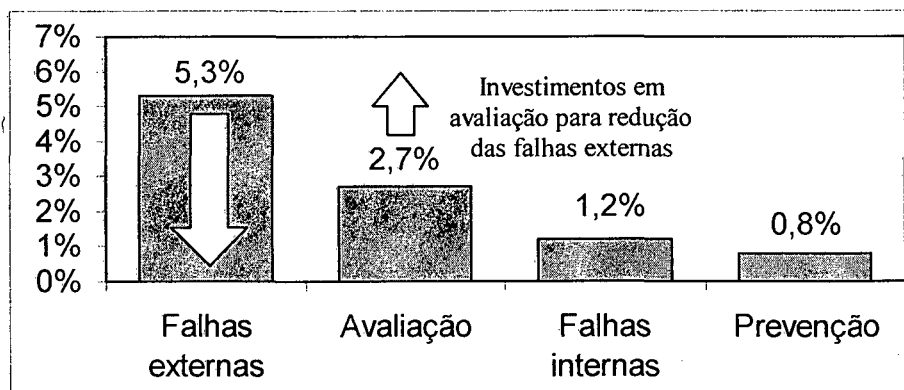


Figura 3.4 – Investimentos em avaliação para redução das falhas externas.

- Utilizar o histórico anual das quatro componentes dos custos da qualidade como forma de justificar a realização de grandes investimentos (Figura 3.5). Exemplo: substituição de uma fresadora convencional por um centro de usinagem com maior capacidade, assim reduzindo os custos das falhas internas e externas.

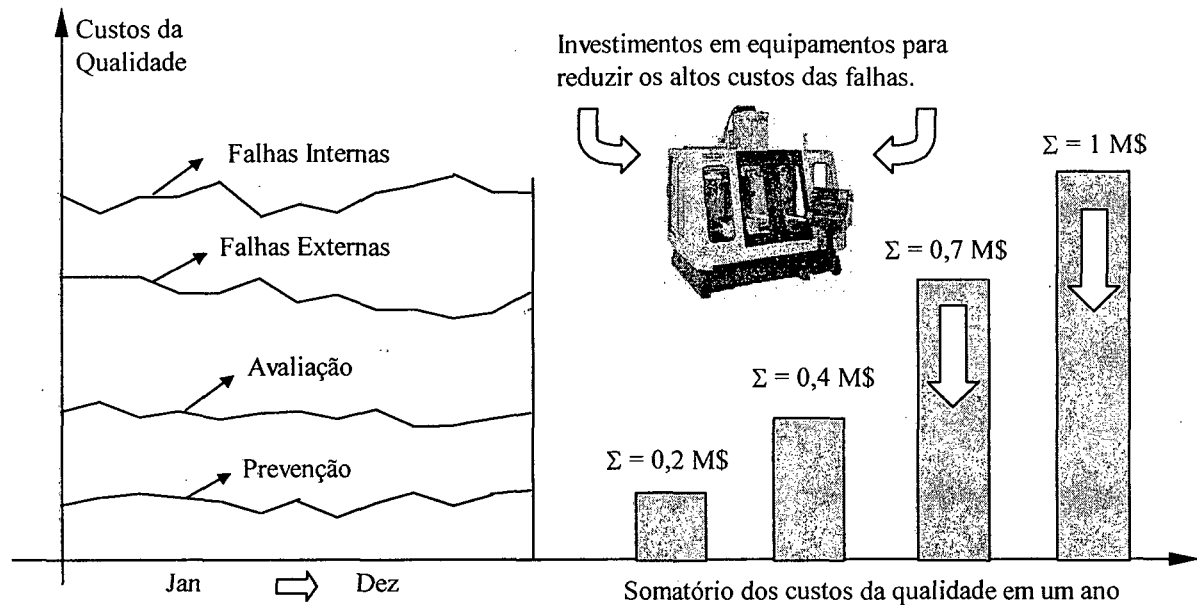


Figura 3.5 – Histórico dos custos da qualidade em um ano para justificar investimentos.

3.2 - REDUÇÃO DOS CUSTOS DA QUALIDADE A PARTIR DE INVESTIMENTOS EM PREVENÇÃO E AVALIAÇÃO

Os investimentos nos Custos de Avaliação não alteram a qualidade do produto, mas evitam que o cliente receba produtos com defeitos ou falhas. A detecção dos problemas antes dos clientes representa uma economia para a empresa, visto que o impacto provocado quando o cliente percebe um defeito será sempre maior do que rejeitar o produto antecipadamente.

Os investimentos em Custos de Prevenção atuam na solução das causas dos problemas melhorando dessa forma a qualidade do produto e ao mesmo tempo reduzindo os custos devido às falhas. Além disso, quanto mais cedo for realizada a prevenção de problemas menos oneroso será para a empresa (Figura 3.6).

A importância do investimento em prevenção é evidenciada nas afirmações a seguir: “Para cada falha existe uma causa; as causas são previsíveis e prevenção é sempre mais barato” / 50 e 52 /.

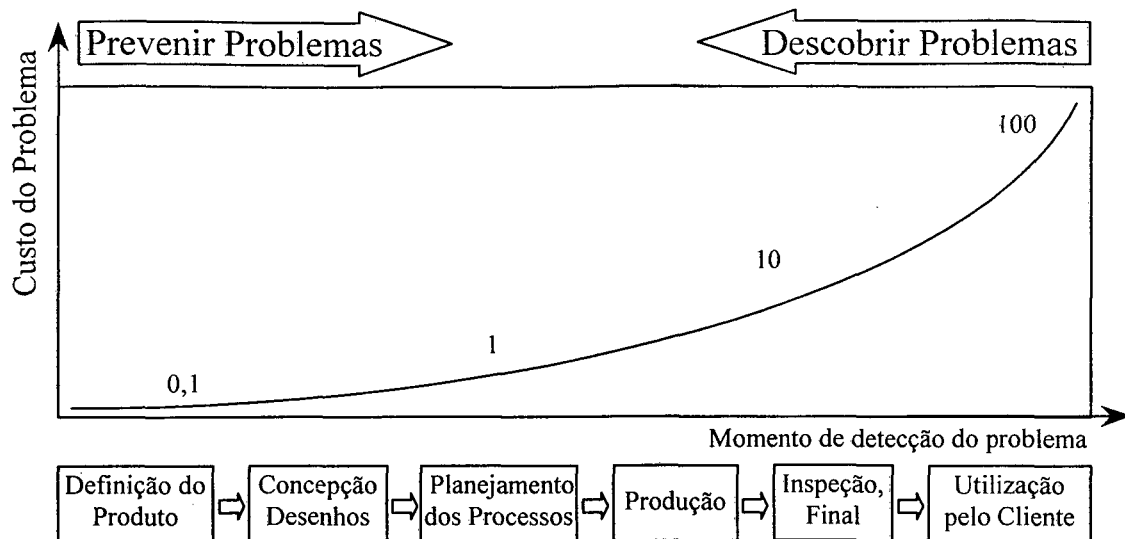


Figura 3.6 – Gráfico representativo do acúmulo dos custos em relação ao local de detecção das falhas / 4 /.

Dessa forma é possível afirmar que o investimento em prevenção é uma boa opção para aumentar os lucros da empresa. É claro que nem sempre essa é a melhor opção a ser tomada. Cada problema deve ser analisado em separado e às vezes é melhor tomar uma decisão de investir em avaliação porque o problema pede uma solução mais rápida, menos dispendiosa naquele momento, de maneira que o cliente não seja afetado com o problema. Na Figura 3.7 é mostrado o caso de uma empresa que tem investido principalmente em avaliação e obteve redução dos custos totais da qualidade ao longo de um ano.

C. da Qualidade	Meses											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Avaliação	6,2%	6,8%	5,2%	5,3%	5,3%	5,3%	4,2%	4,2%	4,1%	4,4%	3,8%	4,0%
Prevenção	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Falhas Internas	2,5%	1,7%	1,9%	1,9%	2,7%	2,8%	1,4%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%
Falhas Externas	1,8%	2,2%	1,7%	1,8%	1,7%	1,6%	1,4%	1,2%	1,2%	1,3%	1,0%	1,1%
Total	10,6%	10,8%	8,9%	9,0%	9,8%	9,8%	7,1%	7,8%	7,7%	8,1%	7,2%	7,5%

Figura 3.7 – Porcentagem do faturamento mensal gastos com os Custos da Qualidade / 52 /.

3.3 - IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS CUSTOS

Os custos que não agregam valor são vistos como desperdícios e dessa forma devem ser eliminados ou reduzidos. Exemplo: uma montadora de veículos só agrega valor ao combinar e montar os diversos componentes para produzir o veículo. Por esse motivo, contar e estocar partes de componentes, qualquer forma de inspeção, testes, transporte, preenchimento de controles, retrabalhar, concertar, perdas durante o processo, atendimento de garantias e entre outras são formas de desperdícios de atividades numa empresa / 50 /. Como não é possível eliminar por completo essas atividades, se não haveria custos maiores por outra parte, é buscado a redução ao máximo dessas atividades.

A priorização de investimentos nas atividades que agregam valor ou nos principais problemas (aqueles que geram os maiores custos) tem uma grande potencialidade de apresentar maiores benefícios. Para priorizar os investimentos é necessário conhecer quais são as atividades que tem contribuído mais para o aumento dos Custos da Qualidade. Identificando os principais (maiores) custos dentro de cada categoria dos Custos da Qualidade, essas podem ser utilizadas para realizar investimentos com intuito de reduzir os maiores custos.

A identificação dessas atividades pode ser realizada através de uma ferramenta que classifica os custos em três categorias: A, B e C. A categoria "A" é composta pelas atividades que geram os maiores custos, a categoria "B" pelas atividades que representam os custos intermediários e a categoria "C" pelas atividades que representam os menores custos (Figura 3.8).

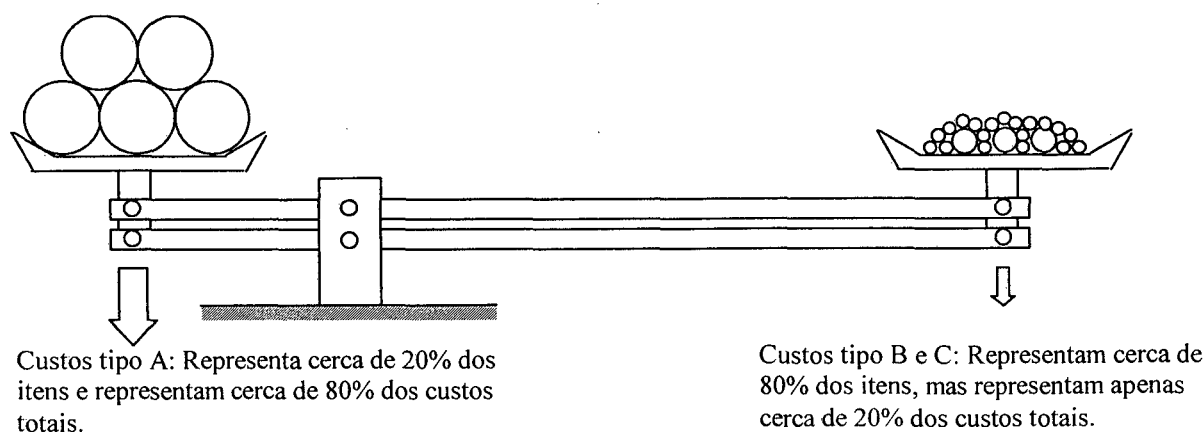


Figura 3.8 – Classificação ABC dos custos.

Os Custos tipo A: representam entre 70% e 80% dos custos, já os custos tipo B: representam entre 15% e 20% dos custos e enquanto que os custos tipo C: representam entre 1% e 5% dos custos / 42 e 53 /. Dessa forma, os custos tipo A devem ser analisados para serem verificados a possibilidade de reduzi-los.

Para tornar aparente os principais custos pode ser usado também o gráfico de PARETO que mostra através de barras na ordem decrescente da esquerda para direita os itens em análise (Figura 3.9).

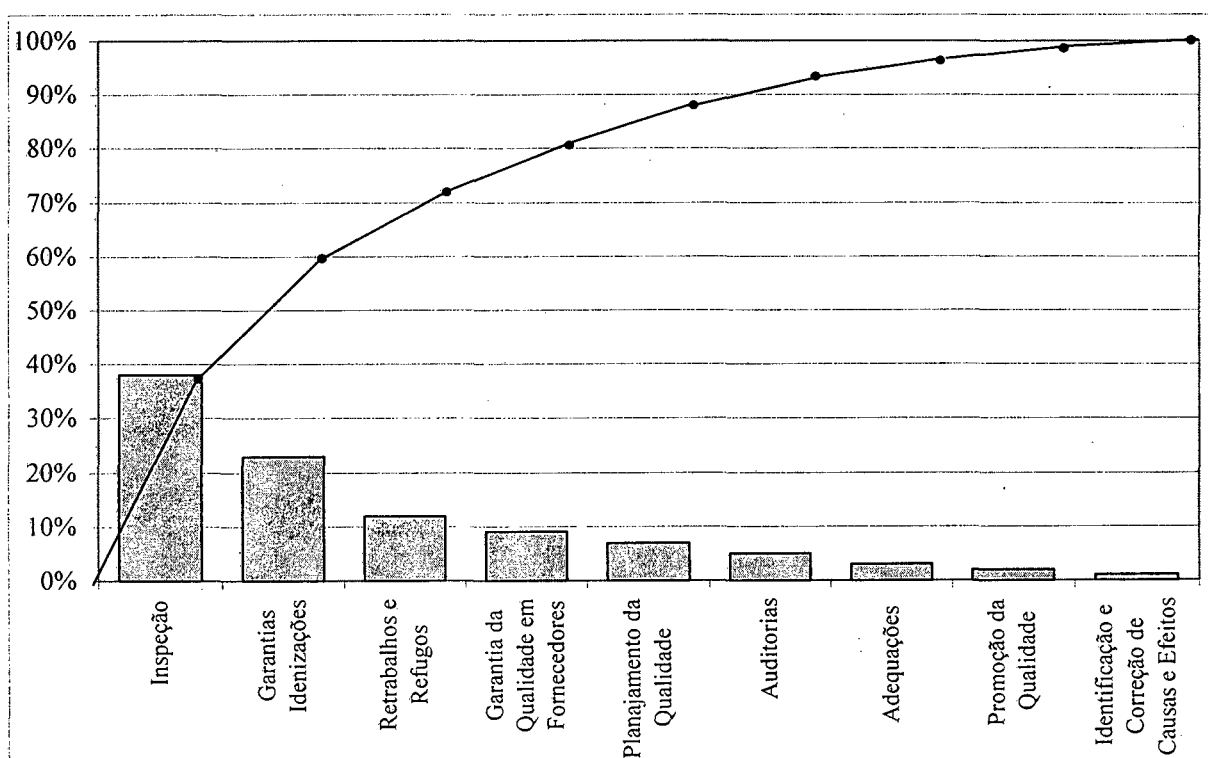


Figura 3.9 – Gráficos de PARETO para atividades ligadas a qualidade / Fonte: 54 e 55 /.

Dessa forma a visualização dos principais custos é mais fácil e é uma forma melhor de apresentar os problemas para a alta gerência.

3.4 - COMENTÁRIOS FINAIS

As várias considerações supracitadas são muito úteis na hora de realizar um investimento, mesmo assim ainda é necessária uma ordenação, ou seja, ser criada uma sistemática para que seja possível aplicar esses conceitos e considerações de forma mais eficiente e eficaz.

Capítulo 4

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS NA MELHORIA CONTÍNUA DA QUALIDADE

Com o objetivo de estruturar de forma sistemática as informações, os procedimentos e as práticas até agora discutidas, foi elaborado uma metodologia com os passos necessários para buscar a redução dos custos da qualidade através da melhoria da qualidade.

4.1 - DIRETRIZES PARA ESTABELECIMENTO DA METODOLOGIA

As diretrizes da metodologia estão reunidas em três:

- Foco nos problemas mais onerosos da empresa. Porque esses são os problemas que tem uma grande potencialidade de trazer redução dos custos, caso sejam resolvidos.
- Substituição das Atividades de Avaliação por Atividades de Prevenção. Porque as atividades de avaliação não melhoram a qualidade do produto, apenas constataam os problemas existentes e ainda agregam um custo devido à avaliação realizada. A melhoria da qualidade deriva da melhoria do processo produtivo.
- Realização de Investimentos em Prevenção. Porque os investimentos em prevenção atuam na eliminação das causas dos problemas e dessa forma reduzem os custos e melhoram a qualidade do produto.

4.1.1 - Características da metodologia

A metodologia desenvolvida tem como características gerais a Simplicidade, a Objetividade, a Praticidade e a Adequabilidade.

- Simples como forma de buscar que ela seja fácil de ser entendida;
- Objetiva com a intenção que ela trate apenas dos pontos importantes;
- Prática com o objetivo que ela seja fácil de ser aplicada;

- Adequada para garantir que ela atinja aos objetivos propostos;

4.1.2 - Passos da metodologia

Os passos para a aplicação da metodologia estão simplificados a seguir:

- Identificar o campo de atuação da metodologia;
- Identificar os problemas de qualidade mais onerosos nos processos de fabricação;
- Conhecer as causas do problema de qualidade mais oneroso;
- Propor soluções para o problema;
- Avaliar o retorno econômico das mudanças;
- Realizar investimentos na solução do problema;
- Controlar através de indicadores os resultados dos investimentos.

4.1.3 - Ferramentas utilizadas

Para alcançar as metas anteriores foram utilizadas as ferramentas: 5W e 1H / 42 /; Custos da Qualidade / 52 /; Gráfico de Pareto / 53 /; Diagrama causa efeito / 39 /; Metodologia para identificação e solução de problemas (Brainstorming) / 39 / e Matemática Financeira / 49 /.

4.2 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA

A metodologia está dividida em três fases (Figura 4.1):

- a) A primeira tem a função de definir as estratégias de aplicação da metodologia;
- b) A segunda tem a função de analisar os custos da qualidade para selecionar o problema mais oneroso;
- c) Por último para analisar as causas do problema mais oneroso e verificar a viabilidade de realizar investimentos.

O fluxograma mostra de uma forma mais detalhada as três fases da metodologia (Figura 4.1):

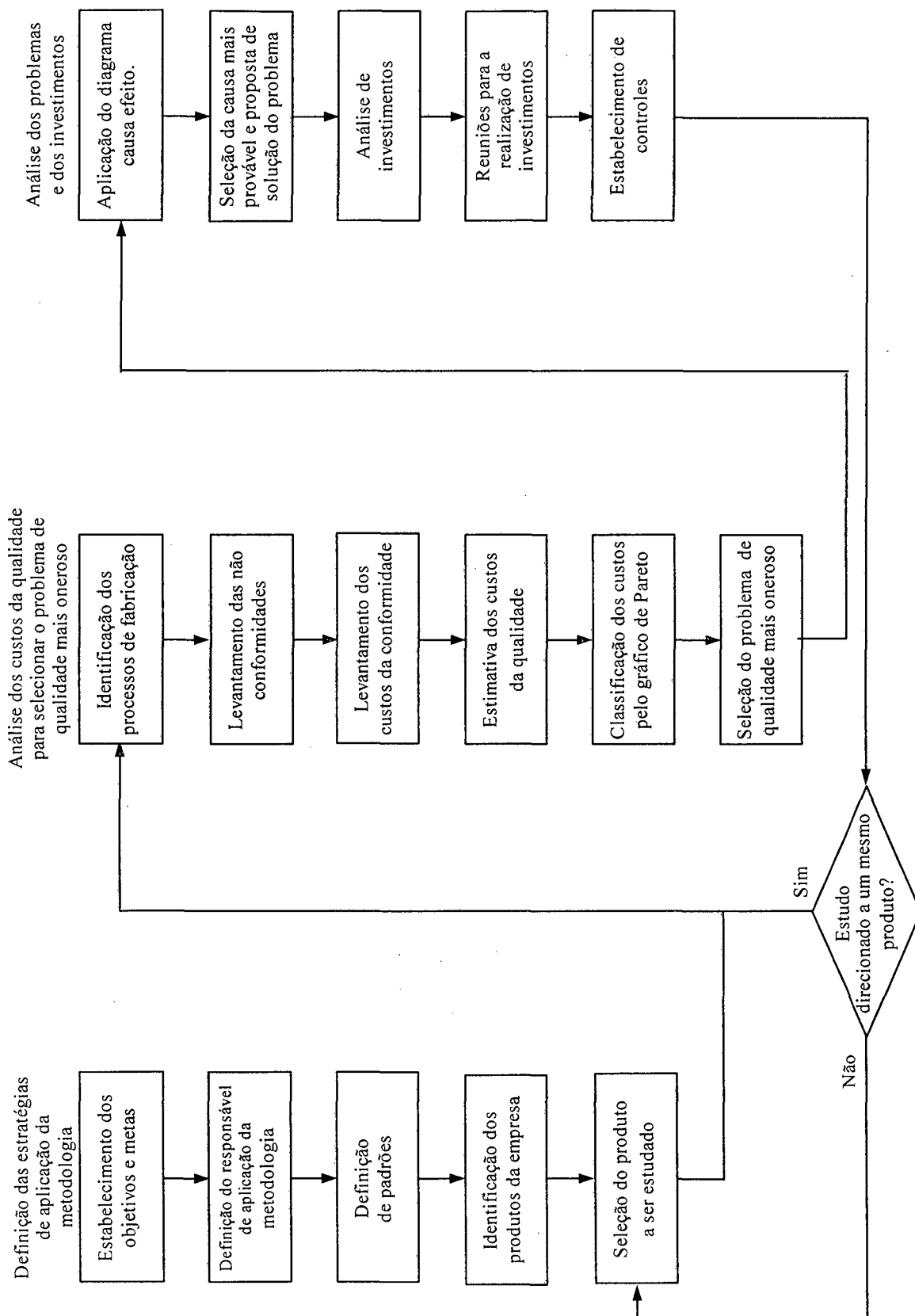


Figura 4.1 – Fluxograma da Metodologia para Análise de investimentos na melhoria contínua da qualidade

4.3 - IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA

Para implementar a metodologia é imperativo que a alta gerência concorde e acredite nos resultados gerados pela metodologia. Só assim será possível colocar em pratica os últimos e mais importantes passos da metodologia, que são os investimentos.

A seguir é feito um detalhamento de cada atividade da metodologia.

4.3.1 - Definição das condições de aplicação da metodologia

A definição das condições de aplicação da metodologia tem o objetivo de deixar claro:

- O Que será aplicado dentro da empresa;
- Porque será aplicada essa metodologia e o que ela trará de especial para a empresa;
- Como ela será aplicada;
- Quem irá aplicá-la;
- Quando e onde será aplicada dentro da empresa.

a) Estabelecimento dos objetivos e metas:

Foi partido do princípio que existiu a necessidade da aplicação dessa metodologia. Dessa forma é necessário definir quais são os objetivos esperados com a sua aplicação. Dentro da empresa é necessário deixar claro o que a metodologia pode trazer de benefícios, tanto para que as pessoas que irão aplicá-la estejam focalizadas no trabalho que irão desenvolver, como para a alta gerencia se comprometer com a sua aplicação dentro da empresa.

b) Definição do responsável de aplicação da metodologia:

O tamanho do grupo vai depender do tamanho da empresa e de como ela está estruturada, ou seja, se os dados que alimentam a metodologia estão disponíveis em outros setores, como os de controle da qualidade e contabilidade, então o grupo de trabalho pode ser menor. Para empresas de pequeno porte uma pessoa é suficiente para realizar as atividades.

A definição de quem será o responsável pela aplicação é importante para que as pessoas da empresa saibam para quem devem passar as informações que irão alimentar a metodologia

e quem irá responder pelos resultados alcançados pela metodologia. O responsável deve ser uma pessoa que conheça as ferramentas citadas em 4.1.3, deve estar envolvido com a melhoria da qualidade da empresa, possuir uma visão macro da empresa e ter o conhecimento das metas e estratégia para o futuro da empresa.

c) Definição de padrões:

A aplicação da metodologia se dá através da coleta de informações, cálculo de indicadores, análise de gráficos, realização de propostas de investimentos, apresentação do balanço das atividades realizadas, dos indicadores atuais dos custos da qualidade e dos investimentos para a solução de problemas. Portanto, para ter uma organização dos valores coletados e das apresentações dos resultados alcançados, é necessária a definição de padrões. Ou seja, padronização dos formulários de captação de informações, padronização dos gráficos dos custos da qualidade, dos gráficos causa-efeito, etc.

d) Identificação dos produtos da empresa:

Nas empresas pode existir uma grande diversidade de produtos fabricados. A identificação dos produtos tem como objetivo formar grupos de produtos que utilizam os mesmos processos de fabricação, os mesmos maquinários, as mesmas ferramentas, etc. Para cada grupo é necessário obter algumas informações que serão utilizadas para selecionar o grupo de produtos em estudo, como: Produção mensal, reclamações dos clientes e índice de falhas internas (retrabalhos, refugos, concertos, etc). Nesse capítulo o termo produto pode ser utilizado para se referir ao grupo de produtos.

e) Seleção do produto a ser estudado:

A seleção do produto pode ser realizada a partir da análise de quatro situações: Produto com alto índice de reclamações dos clientes, Produto com alto índice de falhas internas, Produto principal da Empresa e/ou Produto que a empresa deseja fazer um estudo. As quatro situações anteriores estão em ordem de prioridade para fazer o estudo.

4.3.2 - Análise dos custos da qualidade para selecionar o problema mais oneroso

O cálculo dos custos da qualidade para os diversos processos de fabricação da empresa e com o detalhamento dos custos da conformidade e da não-conformidade possibilita a escolha do problema mais oneroso para ser realizado um estudo.

a) Identificação dos processos de fabricação:

A análise dos custos da qualidade pode começar por um mapeamento dos processos de fabricação do produto, para conhecer passo a passo o caminho que ele percorre dentro da empresa, desde a entrada como matéria até a sua entrega ao cliente. Esse mapeamento servirá para ter uma visão de onde existem custos da conformidade e custos da não-conformidade.

b) Levantamento das não conformidades:

O levantamento das não-conformidades pode ser feito diariamente junto aos registros do setor de controle da qualidade, junto ao setor de atendimento ao cliente e/ou ser coletados diretamente em cada setor. As Informações como o número de peças refugadas, retrabalhadas, reparadas, reinspecionadas, reclamadas pelos clientes, quantidade de horas perdidas para rejeitar uma peça, quantidade de horas extras para compensar o tempo perdido devido às falhas, são importantes para a estimativa dos custos da não-conformidade.

c) Levantamento dos custos da conformidade:

Para o levantamento dos custos da conformidades é necessário adquirir informações como: Calibrações, inspeções, gerenciamento da qualidade, treinamento, aquisição de equipamentos, controles estatísticos, etc, diretamente no setores que geram esses custos ou buscar no setor de contabilidade da empresa.

d) Estimativa dos custos da qualidade:

A estimativa dos custos da qualidade é realizada a partir dos levantamentos realizados anteriormente. O nível de confiabilidade dessa estimativa vai depender da qualidade e do nível de detalhe do levantamento realizado. Vale salienta que alguns custos necessitam de estimativas para a sua quantificação. Portanto, é necessário definir uma resolução para a quantificação dos custos da qualidade, visando dessa forma que não haja perda de tempo no cálculo de pequenos custos que estarão dentro de uma incerteza devido as estimativas realizadas em outros custos.

Além dos levantamentos anteriores, pode haver a necessidade de outras informações, como:

- Custo agregado por operação (custo da mão de obra + custo das ferramentas de usinagem + Energia elétrica + depreciação do equipamento + Gastos gerais de fabricação);
- Custo de matéria prima;
- Custos de reparos;
- Custo com o transporte de produtos e pessoas, etc.

O custo total da qualidade é um somatório dos custos envolvidos. Para uma melhor visualização é necessário classificar os problemas e cada custo de conformidade em relação ao local onde foram gerados, sejam eles a um processo de fabricação ou a uma máquina específica. Para a realização dessa classificação, uma planilha eletrônica ou um banco de dados eletrônico é aconselhável para agilizar o processo de arquivamento dos dados e na realização dos cálculos.

e) Classificação dos custos pelo gráfico de pareto:

A classificação dos problemas versus os custos pelo gráfico de pareto é utilizada para evidenciar qual é o problema mais oneroso para empresa (item 3.3 - Figura 3.9). Gráficos semanais ou mensais podem ser lançados para que todos saibam quais são os principais problemas a serem solucionados. Como os dados vão estar arquivados eletronicamente, a base de tempo para a emissão de relatórios do tipo gráfico de pareto pode ser desde diariamente até um período que seja necessário.

f) Seleção do problema a ser estudado:

A seleção do problema a ser estudado é baseada nos gráficos de Pareto emitidos. Geralmente os problemas se comportam da seguinte forma: aproximadamente 20% dos problemas são os responsáveis por aproximadamente 80% dos custos com os problemas / 42 /. Então, os investimentos realizados para solucionar os problemas evidenciados nos gráficos de pareto têm uma grande potencialidade de trazer ganhos significativos para a empresa.

4.3.3 - Análise dos problemas e dos investimentos

Nessa fase da metodologia são feitas propostas de solução do problema e é tomada a decisão de realizar investimentos ou não para resolver esses problemas.

a) Aplicação do diagrama causa-efeito:

A aplicação do diagrama causa-efeito tem o objetivo de mostrar quais são as causas que provocam um determinado tipo de defeito. Geralmente um diagrama causa-efeito é aplicado em conjunto com uma seção de “Brainstorming”, a qual é uma técnica de estimular a criatividade de uma equipe, para gerar e esclarecer idéias, problemas ou questões / 39 /. O diagrama Causa Efeito pode ser dividido em seis categorias conhecidas por 6M. Meio Ambiente, Meio de Medição, Método, Mão de Obra, Máquina e Material (Figura 4.2).

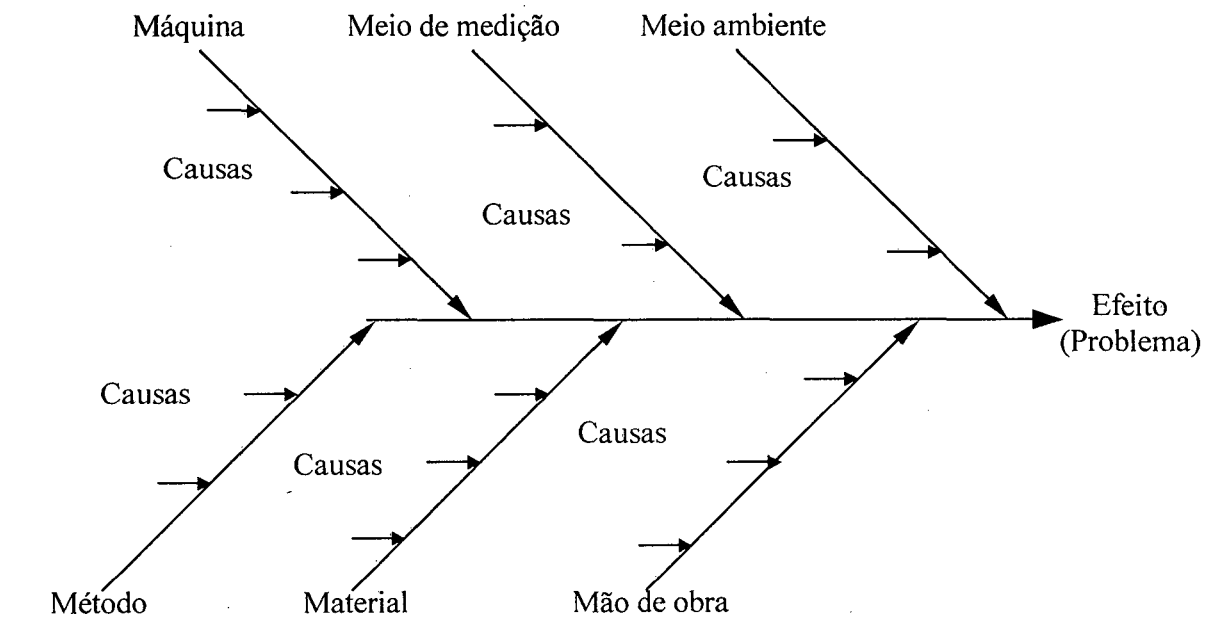


Figura 4.2 – Diagrama Causa Efeito + 6M.

b) Seleção da causa mais provável e proposta de solução do problema:

A seleção da causa mais provável pode ser realizada através de estudos junto ao processo de fabricação, onde pode ser realizado testes, ou através de experiências passadas, ou através de depoimentos junto aos operários de máquinas.

Para seguir uma sistemática na solução do problema e encontrar a verdadeira causa para o problema foi desenvolvido a seguinte seqüência:

a) Verificar se o modo operatório está sendo seguido. É comum o operador relaxar na hora de realizar os procedimentos determinados, então a verificação do modo operatório pode identificar uma falha operacional por negligência. O treinamento dos funcionários é fundamental para que eles possam entender a necessidade e importância de suas atividades.

b.2 Verificar se os materiais utilizados estão conformes. As não conformidades dos materiais como: Impurezas (óleo, areia, etc), composição química diferente, dureza abaixo ou acima do especificado, presença de imperfeições (bolhas, inclusões, etc) podem ocasionar falhas nos processos de fabricação. Dessa forma, a caracterização por parte dos fornecedores externos ou dos setores anteriores (fornecedores internos) podem ajudar nessa avaliação.

b.3 Verificar se os métodos estão corretos. As falhas nos métodos podem ocasionar um modo operatório errado e conseqüentemente uma não conformidade.

- Checar se a frequência de medição é a adequada. Para características de maior responsabilidade como aquelas responsáveis pelas características essenciais, funcionais e de segurança, é necessária uma maior frequência de medição ou uma maior amostragem na carta de controle caso seja um processo controlado estatisticamente.
- Checar se os procedimentos de medição são os mais adequados e não geram dúvidas para o operador realizar as medições.
- Outros pontos fora do escopo da metrologia podem ser: Método para fixação da peça, para fixação das ferramentas de usinagem, para vazamento do metal nos moldes de fundição, tempo estipulado dentro do forno para realizar uma têmpera ou revenimento, especificações dos materiais e produtos utilizados, ou seja, todos os comandos que são passados para o operador realizar.

b.4 Verificar se os equipamentos fornecidos aos operários estão adequados:

- Checar se os instrumentos de medição atendem satisfatoriamente as medições requeridas: Faixa de medição condizente com os valores nominais

especificados, incerteza do processo de medição compatível com as tolerâncias, condições ambientais adequadas, calibrações em dia e rastreadas a padrões internacionais ou nacionais, etc.

- Checar se os maquinários disponíveis são adequados. Verificar possíveis falhas como: folgas excessivas, ruídos incomuns, vibrações, etc. Verificar a capacidade do equipamento de realizar as operações dentro da especificação.

A causa do problema vai estar vinculada a algum desses campos. De posse da causa mais provável são feitas as propostas para solucionar o problema. As propostas devem refletir as diretrizes da metodologia. Na realização das propostas é necessário descrever em qual situação se encontrará a empresa após os investimentos realizados para que seja possível fazer a análise financeira do investimento. Exemplo: número de peças rejeitadas passando de 10.000 ppm para 1.000 ppm com investimento inicial de 15kR\$ e depois de 5kR\$ por mês na aplicação de Controle Estatístico de Processo, ou ainda, número de peças rejeitadas passando de 10.000 ppm para 50 ppm com um investimento inicial de 1MR\$ e depois de 2kR\$ por mês na aquisição e manutenção de uma nova máquina de usinagem.

c) Análise de investimentos:

A análise de investimento é realizada baseada em quanto é necessário para solucionar o problema, quanto vai ser economizado com a sua solução e em quanto tempo vai haver retorno do investimento. Para realizar os cálculos são necessárias informações das propostas de solução do problema. Os cálculos são realizados através da análise financeira que utiliza a matemática financeira como base para os seus cálculos / 49 /.

A partir dos valores estimados na proposta de solução do problema é possível estimar como será o retorno dos investimentos e a partir disso ter mais informações para poder tomar a decisão de realizar os investimentos.

Para estimar o tempo de retorno do investimento é necessário fazer os cálculos em relação ao mesmo referencial de tempo para que sejam compensadas as taxas de juros entre os diversos períodos de tempo. Mas se os juros forem considerados baixos em comparação com os erros das estimativas do cálculo dos custos da qualidade e da estimativa do retorno do investimento, então os juros podem ser desconsiderados. Sendo assim, de uma forma

mais simples não considerando as taxas de juros envolvidas, os investimentos serão pagos quando as áreas Um e Dois da Figura 4.3 se igualarem. A partir do ponto de igualdade, a diferença entre as condições iniciais dos custos totais da qualidade e as condições atuais é considerada o ganho ou benefícios devido aos investimentos realizados (Figura 4.3).

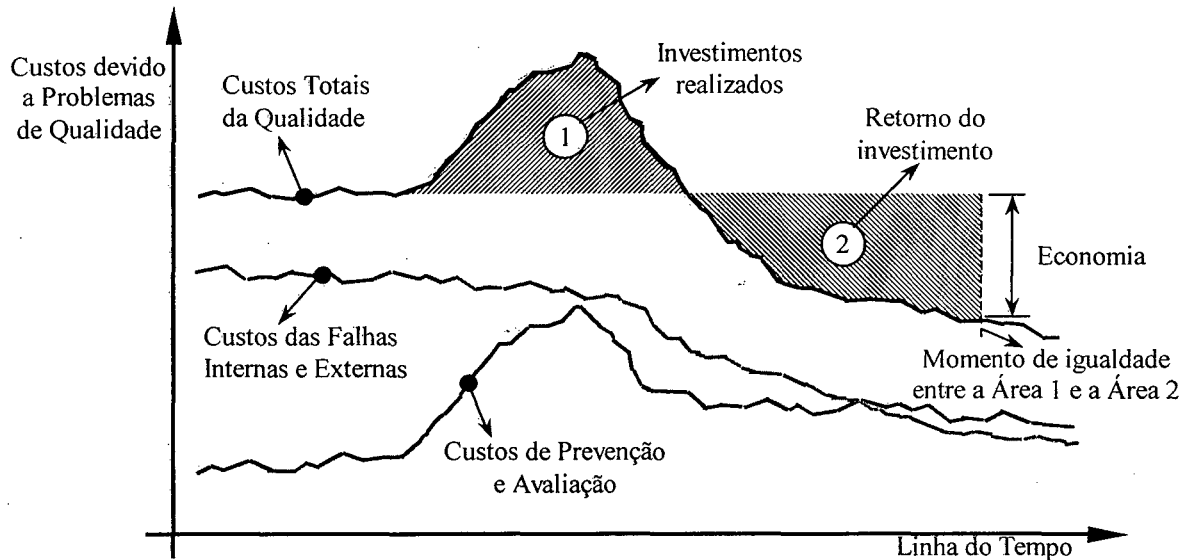


Figura 4.3 – Investimentos e retorno dos investimentos.

Durante a fase de proposição de solução do problema pode existir mais de uma alternativa para solucionar o problema, dessa forma, a análise financeira pode indicar qual a melhor alternativa para um dado período. Exemplo: Uma empresa tem altos índices de reclamação por parte dos clientes externos, então foi decidido realizar um controle maior na inspeção final do produto. Sendo assim foram realizadas duas propostas:

A primeira opção seria investir em instrumentos menos sofisticados que custariam 10 k\$, mais uma manutenção semestral de 1 k\$ (custo das calibrações, custos com armazenamento e gastos gerais com os instrumentos), e com isso seriam reduzidos os custos das falhas externas em 4 k\$ por mês e um aumento de 2k\$ nos custos das falhas internas.

A segunda opção seria investir em um instrumento de medição sofisticado que custaria 30 k\$, mais uma manutenção anual de 5 k\$. Com isso seriam reduzidos os custos das falhas externas em 4 k\$ por mês e um aumento de 1 k\$ nos custos das falhas internas. Dessa forma teríamos um balanço da seguinte forma (Figura 4.4):

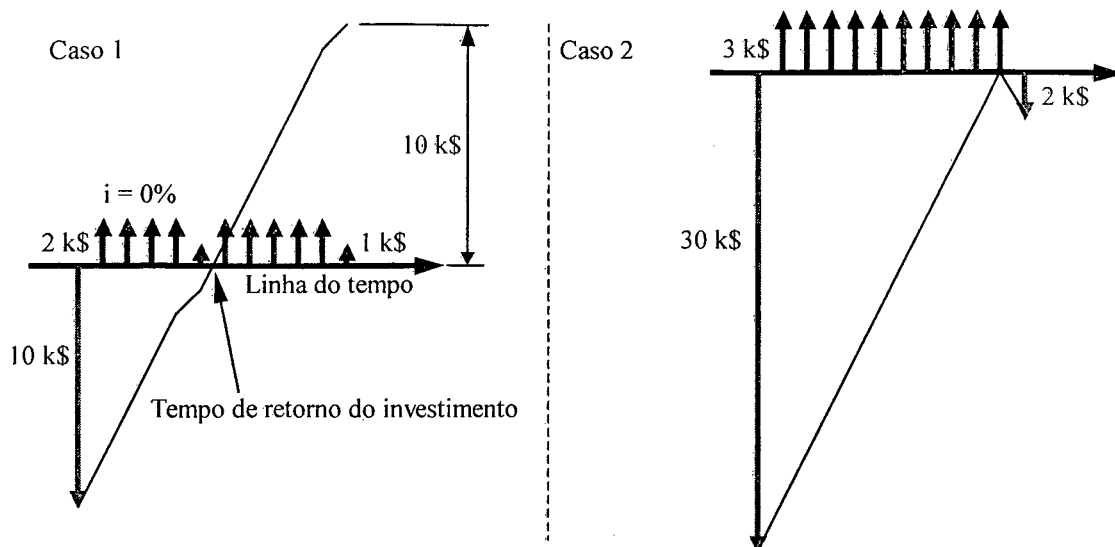


Figura 4.4 – Comparação entre duas propostas de investimentos.

Para a primeira opção, em um ano seria obtido um retorno de 10 k\$ e com um tempo de retorno do investimento de aproximadamente 6 meses. Para a segunda opção, em um ano o investimento ainda não seria pago e o retorno do investimento iria acontecer com aproximadamente 13 meses. Sendo assim, é possível afirmar que a primeira opção seria a mais recomendada em curto prazo e que a segunda opção seria boa acima de 2 anos.

Como é possível verificar, a análise dos investimentos vai mostrar informações que serão úteis durante as reuniões de apresentação da solução do problema.

d) Reuniões para a realização de investimentos:

As decisões de se fazer investimentos vêm da alta gerência da empresa, dessa forma de posse das análises realizadas é possível mostrar as condições que se encontra a empresa e em qual situação ela pode chegar, caso sejam realizados os investimentos propostos.

e) Estabelecimento de controles:

Como controle do retorno dos investimentos podem ser utilizados os próprios custos da qualidade, os quais vão estar monitorando o quanto está sendo gasto com conformidade e não-conformidade dentro da empresa.

Após o fechamento de cada interação com a metodologia é preciso avaliar a necessidade de continuar realizando estudos no produto até então avaliado ou se existe a necessidade de realizar um estudo sobre outro produto. Existe também a possibilidade de aplicar a

metodologia de forma continua para um determinado produto e de aplicar em paralelo o estudo de outros produtos, basta apenas gerenciar as informações.

Capítulo 5

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA EM EMPRESAS METAL MECÂNICA

A realização de casos práticos tem como objetivo a verificar a aplicabilidade da metodologia e testar a sua eficiência para as questões práticas do dia a dia das empresas.

Foram realizados dois estudos de caso. Em ambos foram utilizadas formas diferentes de buscar a solução para um determinado problema. O primeiro caso foi realizado em cima de fatos e registros atuais, onde os problemas estavam ocorrendo simultaneamente com o estudo. Enquanto que o segundo foi realizado em cima dos fatos e registros de três meses anteriores à aplicação da metodologia.

5.1 - ESTUDO DE CASO 1 – PRODUTO: ROLETE INFERIOR DE ESTEIRA

A empresa onde foi aplicada a metodologia é produtora de peças de reposição para tratores. Suas instalações abrigam os clássicos processos de fabricação, como: fundição forjaria, corte, tornearia convencional e computadorizada, furação, fresamento convencional e com centros de usinagem, tratamento térmico por indução e em forno, soldagem e retífica.

5.1.1 - Descrição do produto

O rolete da esteira é um dos produtos principais da empresa (Figura 5.1). Ela é uma peça importante na sustentação do trator, funciona como um mancal hidrodinâmico que suporta a massa do trator e os impactos do terreno, fica localizada e fixada no “truck” e apoiada sobre a esteira ou “lagarta”.

A empresa fabrica todos os componentes do produto, menos os elementos padronizados, como: parafusos, anéis elásticos, retentores, etc. O produto está dividido em cinco componentes (Figura 5.1): Eixo, Carcaça, Bucha, Colar e Chaveta. Os materiais mais empregados são: Aço ABNT 1045 e Ferro fundido.

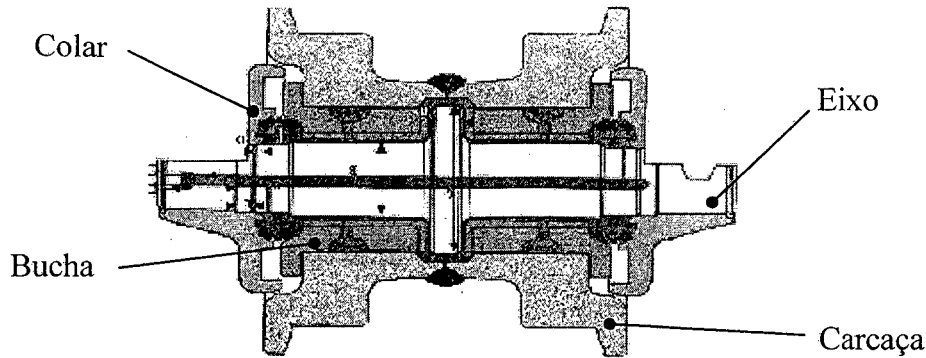


Figura 5.1 – Componentes do rolete inferior da esteira de um trator.

5.1.2 - Características técnicas dos componentes.

A seguir estão apresentados as seqüências de fabricação (processo por processo) e os dados técnicos de cada componente do rolete inferior de esteira de trator (Figura 5.1):

Eixo: Corte ⇒ Indução ⇒ Conformação ⇒ Usinagem (Torno CNC) ⇒ Furação ⇒ Fresagem ⇒ Têmpera ⇒ Retífica ⇒ Montagem.

Tolerâncias:	entre 0,02 mm e 1,6 mm.
Dimensões máximas:	350 mm, 92 mm e 92 mm.
Nº de características dimensionais inspecionadas:	21, onde 17 com inspeção de 25% e 4 de 100%.
Produção:	~ 2000 peças por mês.
Custo da peça:	14,50 R\$.

Carcaça: Corte ⇒ Indução ⇒ Forjamento ⇒ Usinagem (Torno CNC) ⇒ Têmpera ⇒ Soldagem ⇒ Usinagem (Torno CNC) ⇒ Furação ⇒ Montagem.

Tolerâncias:	entre 0,1 mm e 1,0 mm.
Dimensões máximas:	175mm, 228 mm e 228 mm.
Nº de características dimensionais inspecionadas:	4, onde 2 com inspeção de 7% e 2 de 100%.
Produção:	~ 2000 peças por mês.
Custo da peça:	23,00 R\$.

Bucha: Fundição ⇒ Usinagem (Torno CNC) ⇒ Pré-montagem ⇒ Usinagem (Torno CNC) ⇒ Furação ⇒ Montagem.

Tolerâncias:	entre 0,02 mm e 2,0 mm.
Dimensões máximas:	72 mm, 140 mm e 140 mm.
Nº de características dimensionais inspecionadas:	19, onde 2 com inspeção de 7%, 15 de 25% e 2 de 100%.
Produção:	~ 4000 peças por mês.
Custo da peça:	22,00 R\$.

Colar: Fundição ⇒ Usinagem (Torno CNC) ⇒ Furação ⇒ Fresagem ⇒ Montagem.

Tolerâncias:	entre 0,03 mm e 2,0 mm.
Dimensões máximas:	90 mm, 157 mm e 157 mm.
Nº de características dimensionais inspecionadas:	25, onde 5 com inspeção de 7%, 13 de 25% e 7 de 100%.
Produção:	~ 4000 peças por mês.
Custo da peça:	7,00 R\$.

5.1.3 - Levantamento das informações para o estimar os custos da qualidade

As não-conformidades foram levantadas a partir dos registros do setor de controle da qualidade. As informações disponíveis mostravam o número de peças refugadas e o número de peças retrabalhadas e local onde foi gerada a não-conformidade. Para a estimativa dos custos da não-conformidade não foram levados em consideração os custos das falhas externas, porque elas representavam uma parcela muito pequena devido à baixa frequência de reclamação dos clientes (revendedores de peças de reposição, oficinas, usuário final e nenhuma montadora).

Para complementar as informações das não-conformidades foram buscadas junto ao setor de custo as seguintes informações:

- Custo agregado por operação. Para cada operação foram levantadas as seguintes informações: Custo da mão de obra; custo das ferramentas de usinagem; energia elétrica, depreciação do equipamento, gastos gerais de fabricação;
- Custo de matéria prima para cada componente;

A estimativa dos custos da não-conformidade realizada para as peças refugadas levou em consideração o número de peças refugadas, os custos acumulados nas operações realizadas até a peça ser refugada. Não foram levados em consideração os custos de oportunidades perdidas.

A estimativa dos custos da não-conformidade para as peças retrabalhadas levou em consideração o número de peças retrabalhadas e os custos para realizar o retrabalho.

No levantamento dos custos da conformidade, não foi possível estimar os custos da conformidade devido à falta de informações.

5.1.4 - Análise gráfica dos custos da não-conformidade

A partir de dados coletados na empresa, do mês de agosto de 1999, foram estimados os custos da não-conformidade para cada componente e para cada processo de fabricação da empresa da empresa. Desses valores foram construídos gráficos que possibilitaram a verificação de algumas particularidades dos processos e dos componentes. O primeiro gráfico mostra para os quatro componentes estudados, quais são os seus custos da não-conformidade(Figura 5.2);

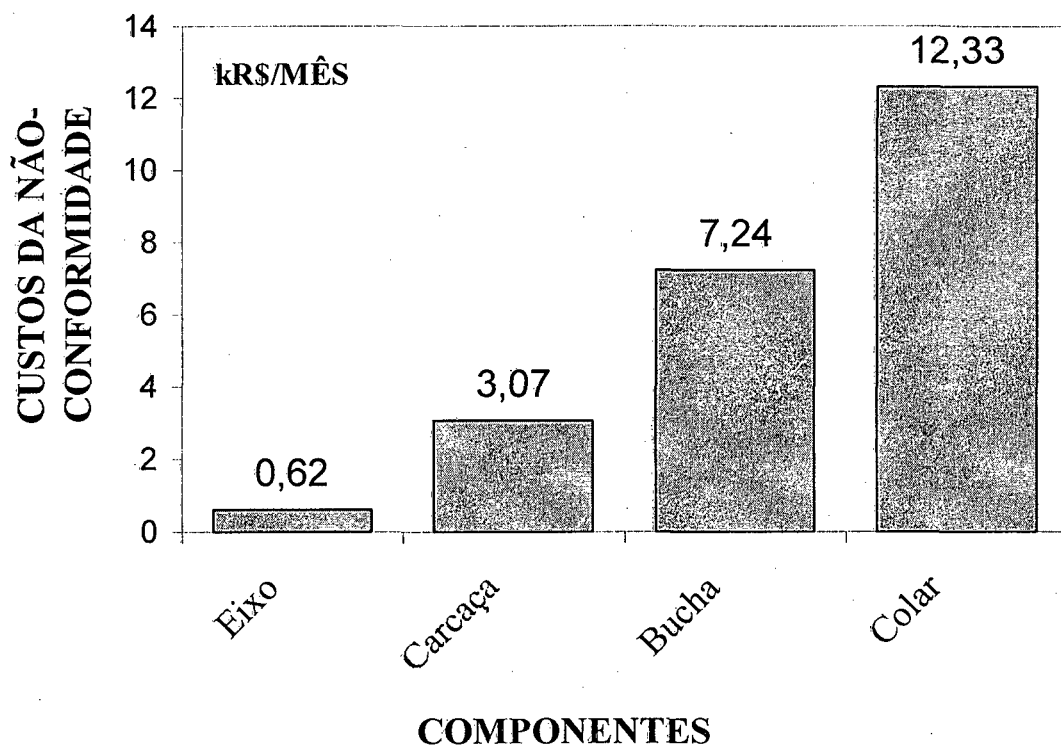


Figura 5.2 – Comparativo dos custos da não-conformidade entre os componentes do Rolete.

Fazendo uma análise é possível verificar que o componente Colar possui o maior custo da não-conformidade, apresentando valores superiores a 12 kR\$. Dessa forma, o componente Colar é uma peça que possivelmente tem um grande potencial para ser feito um investimento com retorno financeiro. Tendo em vista esses resultados, seria necessário fazer um estudo para o colar e para a bucha separado os custos da não-conformidade em função dos processos que geram as não-conformidades (Figura 5.3), mas foram realizadas para todos os componentes como forma didática de apresentação dos valores.

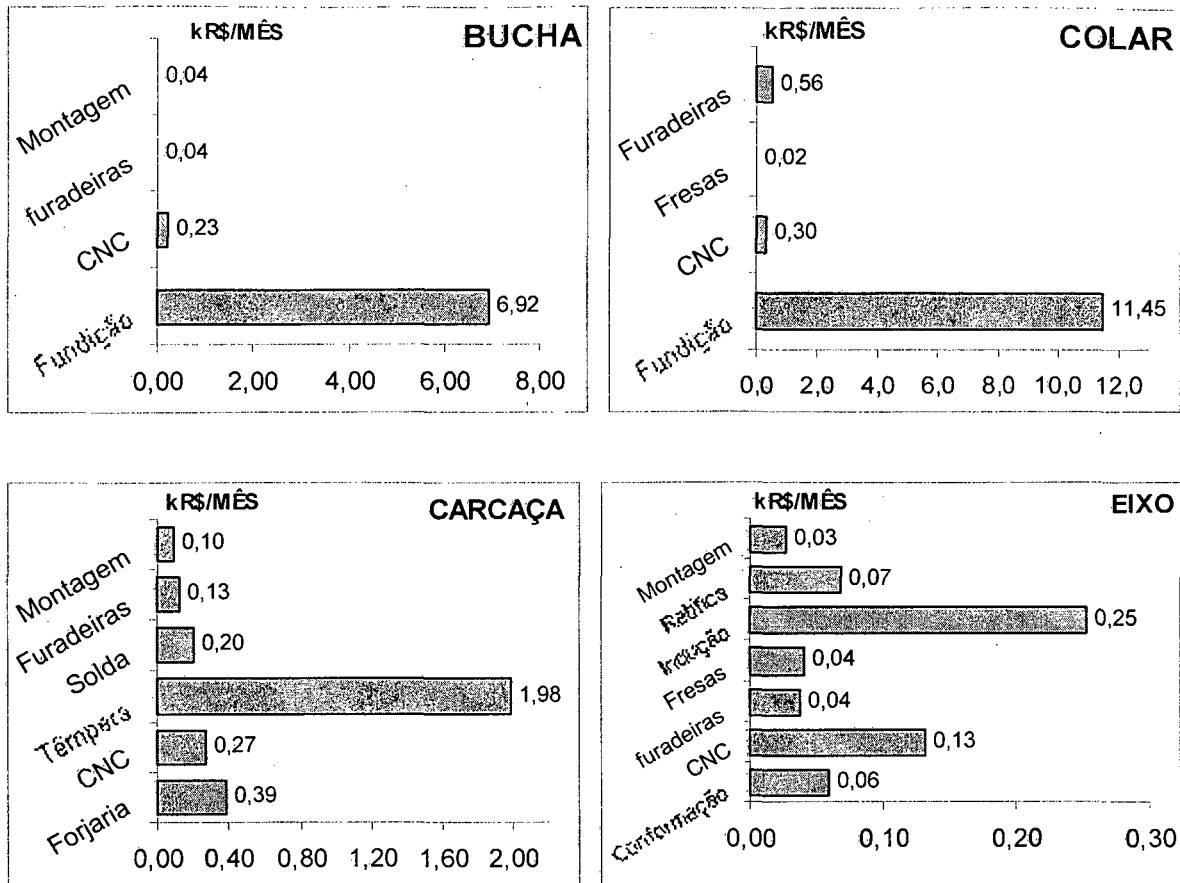


Figura 5.3 – Comparativo entre os componentes do rolete e os custos das não-conformidades gerados em cada processo de fabricação.

A principal análise a ser feita é em relação ao gráfico do componente colar. Os resultados mostraram que o processo de fundição apresenta os maiores custos da não-conformidade ($\cong 93\%$) (Figura 5.3). Dessa forma, esse processo apresenta um grande potencial para ser realizado melhorias. Com esse intuito, os mesmos dados foram estratificados na forma de um comparativo entre todos os processos para fabricação dos componentes do rolete em relação aos custos da não conformidade (Figura 5.4). A fundição representa mais que 70% dos custos da não-conformidade do produto rolete.

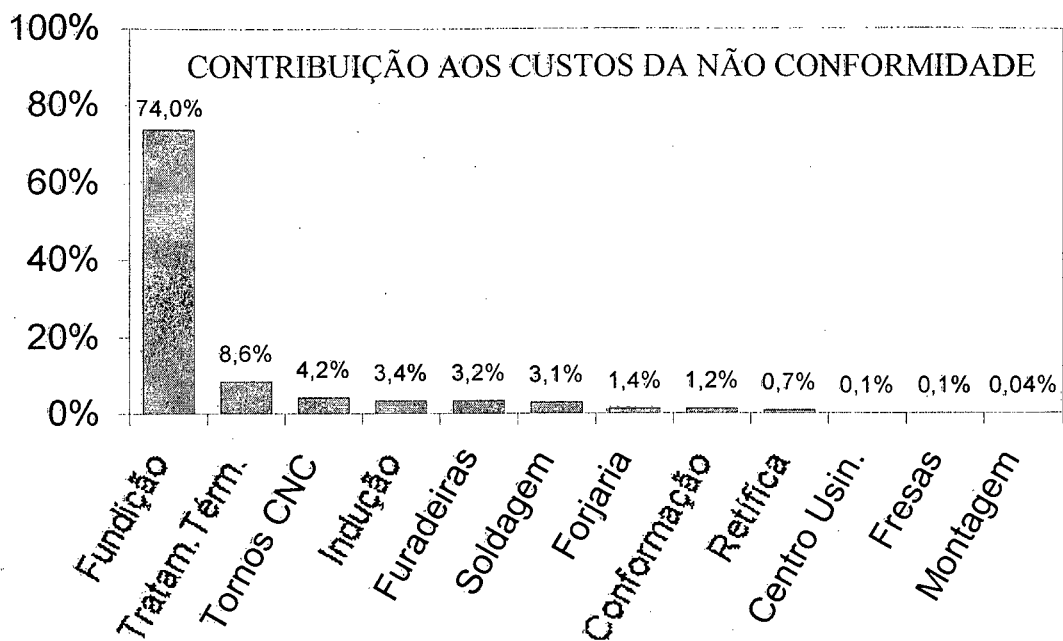


Figura 5.4 – Comparativo entre os processos de fabricação do rolete e os custos da não-conformidade.

5.1.5 - Análise gráfica dos principais problemas encontrados na Fundição

Tendo em vista que a fundição foi o processo com o maior índice de não-conformidade, foi realizada uma análise para verificar quais eram os principais problemas existentes nesse setor, em particular para o componente Colar. A Figura 5.5 mostra a porcentagens de falhas entre os retrabalhos e refugos, ocorridas no mês de Agosto de 1999.

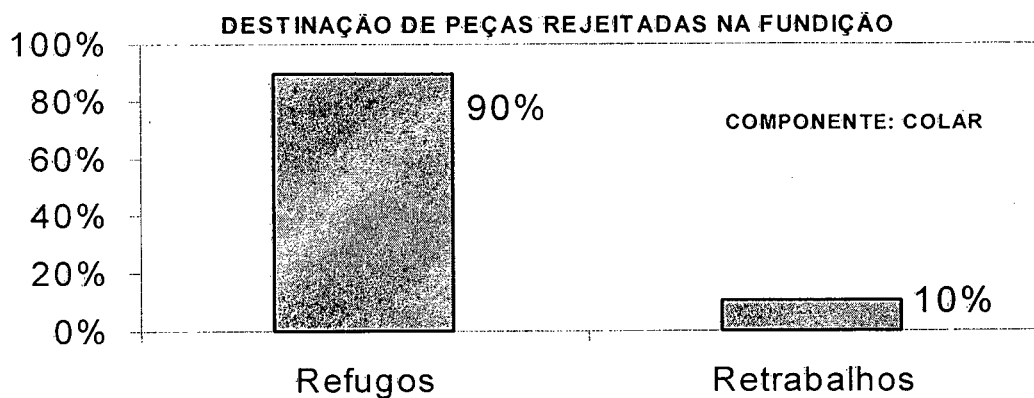
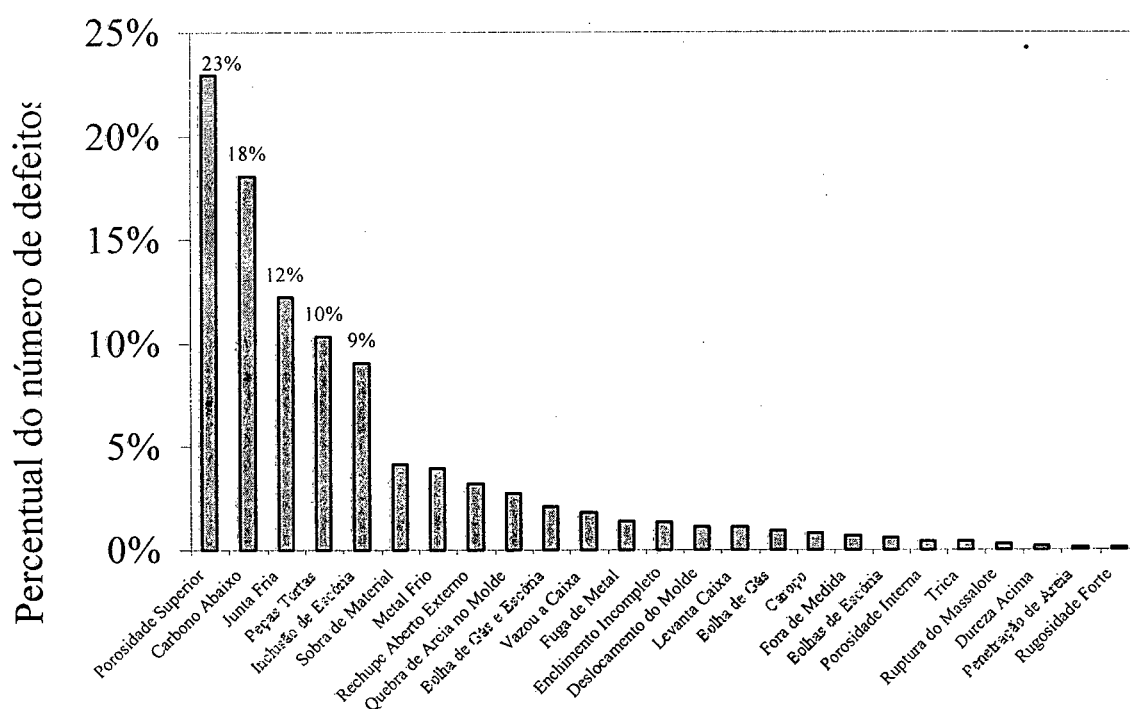


Figura 5.5 – Comparativo entre os refugos e os retrabalhos no processo de fundição.

Na Figura 5.5 é possível verificar que a maioria das não-conformidades ocorrem devido a peças refugadas. Apesar de parecer que isso não trará nenhum custo adicional, devido à matéria-prima retornar ao forno e ser fundida novamente, existe todo um custo de mão de obra, custo da energia para aquecer o forno, de depreciação dos equipamentos e o fato de que o material refugado retorna ao forno como sucata, o qual tem valor inferior ao valor da matéria prima. A diferença entre os valores da matéria prima e do valor da sucata não foram levados em consideração nos custos da não-conformidade devido à falta de informações.

Em seguida, foi realizado um estudo para verificar quais eram os principais problemas no processo de fundição (Figura 5.6).



Problemas mais comuns na fundição

Figura 5.6 – Percentual de ocorrência dos principais defeitos que ocorrem na fundição .

Fazendo uma análise em relação a Figura 5.6 é possível verificar que o problema mais freqüente é o de porosidade superficial. Então, esse problema deve ser analisado para buscar as suas causas.

A causa para esse problema é tipicamente devido às falhas no processo, nos métodos metalúrgicos e não nos processos de controle de qualidade. Como o foco da metodologia está voltado para a resolução dos problemas através de atividades metrológicas o estudo foi encerrado nesse ponto.

5.1.6 - Considerações sobre o estudo de caso 1

Esse primeiro estudo de caso foi importante para testar o funcionamento da técnica de detecção de problemas através dos custos da qualidade. Nessa aplicação, algumas dificuldades foram encontradas, como:

- Dificuldades para estimar os custos da conformidade devido à falta de informações específicas no âmbito da empresa;
- Dificuldade para estimar as componentes dos custos da não-conformidade devido à falta de informações, como: Custo da matéria prima menos custo da sucata, custo de oportunidade, custo dos refugos, custo dos retrabalhos, etc;
- Acúmulo de informações sobre os custos da não-conformidade levando a necessidade de utilização de uma planilha eletrônica para registrar os valores.

Os resultados apresentados foram de grande utilidade para a empresa, porque ela pode identificar um problema que tem grande potencialidade de melhoria.

Os resultados encontrados mostraram que a técnica é capaz de identificar claramente os problemas e também avaliar quanto oneram os processos produtivos.

Grande contribuição foi constatada na realização desse estudo de caso, fazendo com que a metodologia ficasse mais enxuta, menos redundante e com mais objetividade.

5.2 - ESTUDO DE CASO 2 - PRODUTO: IMPULSIONADOR DO MOTOR DE PARTIDA

A empresa onde foi aplicada a metodologia é produtora de polias, mancais e impulsionadores para motor de partida, sendo esse último o produto principal da empresa. A empresa possui os seguintes processos de fabricação: Conformação, Usinagem, Tratamento Térmico e Montagem. Seu sistema da qualidade é certificado ISO 9000 e QS 9000.

Grande colaboração foi destinada por parte dessa empresa, disponibilizando documentos e informações para que fosse possível realizar esse estudo.

5.2.1 - Descrição dos produtos

O impulsionador de motores de partida tem a função de transmitir o movimento circular do motor elétrico para o volante do motor de combustão interna. Eles se dividem em duas categorias o impulsionador convencional e com redução. O impulsionador convencional, para a mesma aplicação, tem dimensões maiores que o impulsionador com redução.

5.2.2 - Procedimento de Aplicação da Metodologia

Como primeiro passo foi realizada uma visita nas instalações da empresa, onde foi possível constatar que seria conveniente considerar dois grupos de produtos. Um para os impulsionadores com redução e outro para os impulsionadores convencionais, pois em função de distintas dimensões, usam algumas ferramentas e máquinas diferentes. Os impulsionadores com redução são os de maior demanda por parte das montadoras de veículos devido às suas dimensões reduzidas, tendo-se optado por este para o estudo de caso.

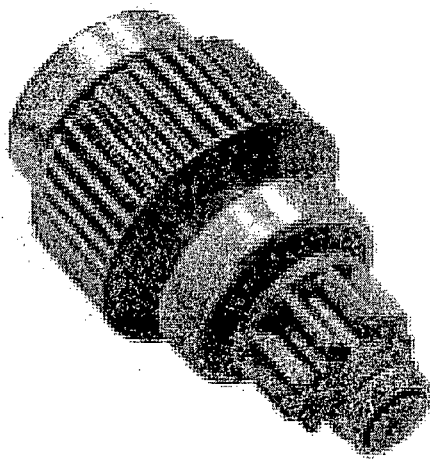


Figura 5.7 – Impulsionador de um motor de partida do tipo com redução.

A seqüência de fabricação das peças do impulsionador é: Conformação ⇨ Tratamento térmico ⇨ Usinagem ⇨ Montagem.

A empresa já trabalha com a ferramenta Custo da Qualidade. Então, como segundo passo foi visto o sistema de custo já existente na empresa, o qual permitiu fazer o levantamento dos

custos da qualidade para o mês de novembro 1999. Os valores apresentados representam os custos da qualidade para toda a empresa (Figura 5.8), mas os impulsionadores são responsáveis por mais de 90% da produção, então esses valores são representativos.

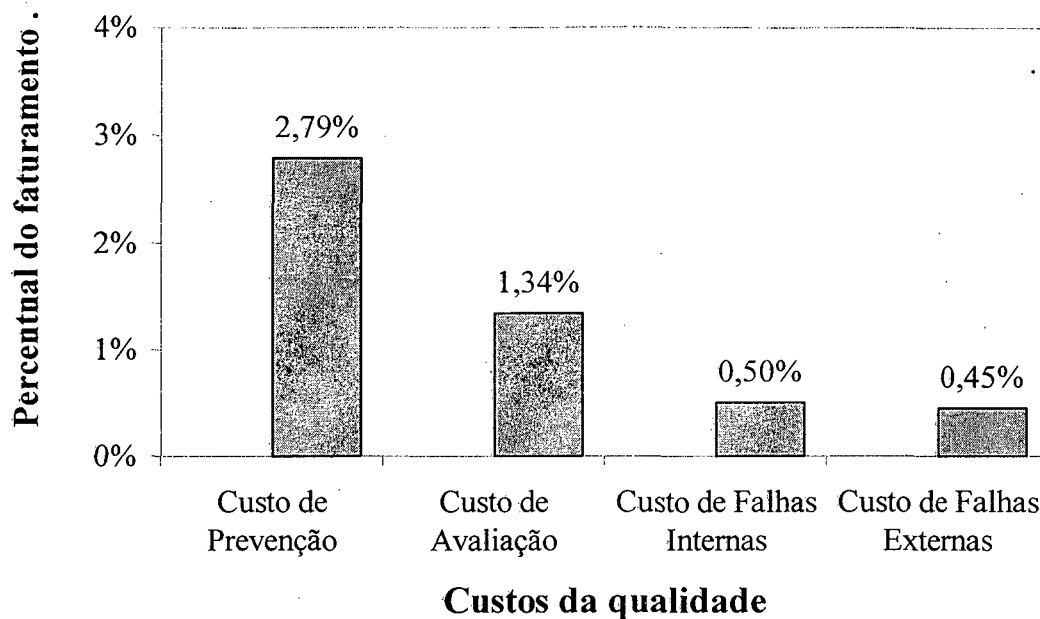


Figura 5.8 – Comparação entre as componentes dos custos da qualidade para a empresa.

Com os esses valores estimados na Figura 5.8 é possível verificar que a empresa tem grande preocupação em fornecer peças conformes para seus clientes, destinando quatro vezes mais verbas em custo da conformidade do que é gasto em custo da não-conformidade.

A empresa calcula somente as quatro componentes dos custos da qualidade para a empresa como um todo. Então, foi realizado um estudo para encontrar as componentes dos custos da qualidade para cada processo de fabricação do impulsionador. As informações foram levantadas em cada setor que gera os custos. Com as informações obtidas foi construído um gráfico dos Custos da Qualidade em relação aos processos de fabricação. Os resultados obtidos mostram que o setor de usinagem tem os maiores custos com qualidade (Figura 5.9).

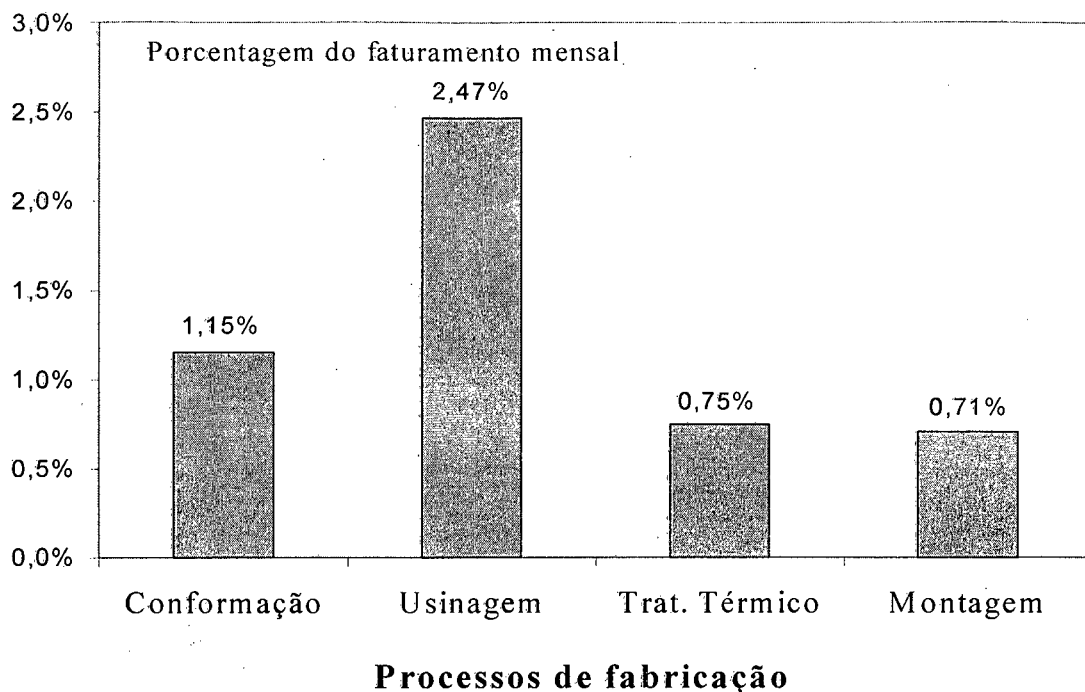


Figura 5.9 – Comparativo entre os processos de fabricação do impulsor em relação aos custos da qualidade.

Com as informações coletadas, foram estimadas as quatro componentes dos custos da qualidade para o processo de fabricação usinagem (Figura 5.10).

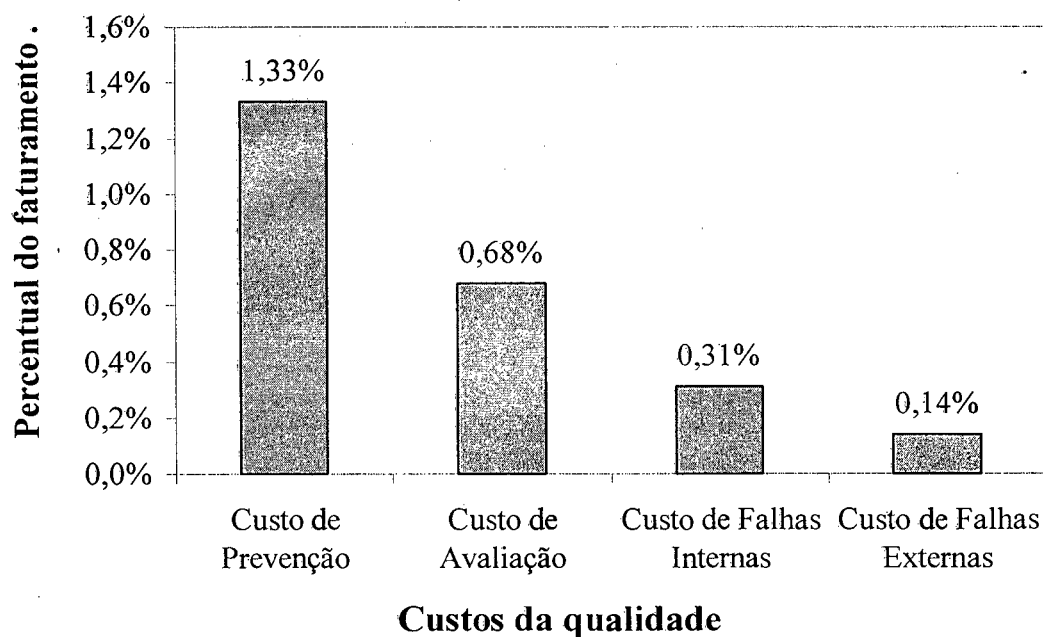


Figura 5.10 – Comparativo entre as componentes dos custos da qualidade para a usinagem.

Os valores dos custos da não-conformidade são baixos, mesmo assim foi realizado um estudo na usinagem para identificar quais são os principais problemas nesse processo de fabricação. No setor de controle da qualidade, foi analisado o histórico (registros) dos problemas existentes na usinagem e a partir daí foi possível identificar os diversos problemas existentes no processo de usinagem (Figura 5.11).

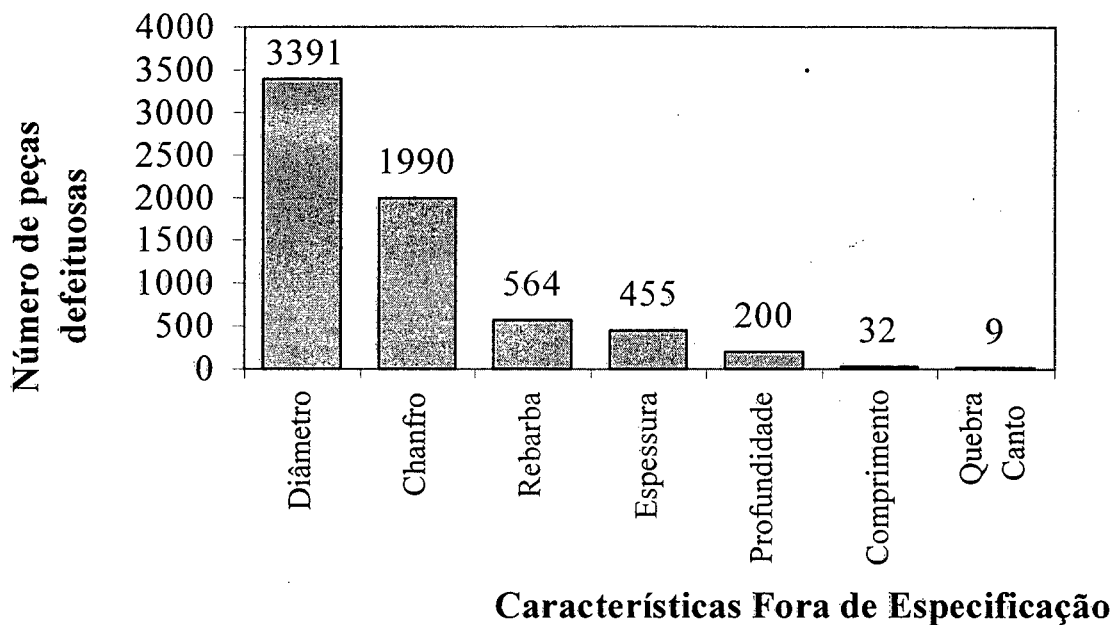


Figura 5.11 – Comparativo entre os problemas mais comuns da usinagem.

Os valores foram retirados dos registros de três meses anteriores a novembro de 1999. A Figura 5.11 mostra que os maiores problemas ocorrem com a usinagem dos diâmetros.

Foi realizado um levantamento com o apoio das pessoas responsáveis pelo controle de qualidade da usinagem, sendo listadas as causas mais prováveis para o problema nas seguintes categorias (Figura 5.12):

- Máquina: Folga excessiva, desgaste prematuro da pastilha de usinagem, quebra da pastilha de usinagem, temperatura elevada devido a presença de pouco fluido refrigerante;
- Meio ambiente: Temperatura ambiente influenciando significativamente no resultado da medição;

- Meio de medição: Incerteza de medição muito alta, baixa frequência de medição, Instrumento sem confiabilidade metrológica (calibração, rastreabilidade, avaliação do sistema de medição);
- Método: Parâmetro de usinagem equivocados (rotação, ou avanço, ou profundidade elevada);
- Material: Dureza elevada da peça, falhas no material, dureza baixa da pastilha de usinagem e mudança de fornecedor das pastilhas de usinagem;
- Mão de obra: Utilização incorreta da pastilha de usinagem, seleção incorreta das condições de usinagem (velocidade, ou avanço ou profundidade) e erros de medição.

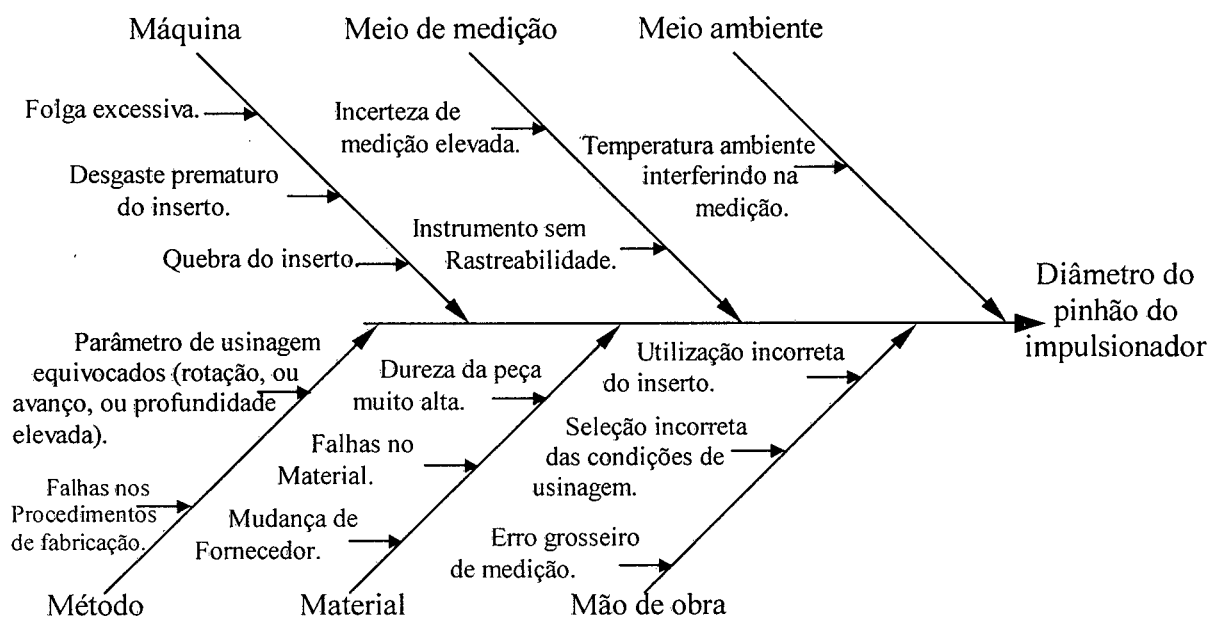


Figura 5.12 – Diagrama causa-efeito para o problema do diâmetro acima do especificado.

Estudos mais aprofundados, seguindo a sistemática proposta da metodologia, deveriam ter sido realizados para poder encontrar a real causa do problema, mas não foi dada prioridade no momento para a realização desse estudo. Como as falhas internas para o processo de usinagem representam um desperdício de aproximadamente 5 k\$ por mês, foi realizada uma simulação da aplicação da metodologia na busca da causa do problema e na proposição de um investimento para a solucioná-lo.

Seguindo a sistemática proposta na metodologia para encontrar a verdadeira causa para o problema:

- a) Verificar se o modo operatório está sendo seguido, ou seja, verificar se o operador está realizando as operações de acordo com os procedimentos escritos para a operação de usinagem do diâmetro (“setup” da máquina, fixação da peça, fixação das ferramentas, frequência de inspeção do diâmetro, modo de operar os instrumentos, etc.).
- b) Verificar se os materiais utilizados apresentam não-conformidades, quanto à presença de impurezas na superfície (bolhas, inclusões, pontos de solda) que podem provocar o deslocamento do inserto. Verificar os registros do tratamento térmico em relação ao nível de dureza que estão sendo enviadas as peças para a usinagem, verificar se o inserto é adequado para o nível de dureza fornecido, etc.
- c) Verificar se os métodos estão adequados para a operação de usinagem. Checar se os procedimentos de medição são adequados para a inspeção. A checagem da frequência de inspeção pode mostrar que as peças defeituosas ocorrem devido a falta de intervenção no processo de fabricação para fazer pequenas regulagens, a qual se for realizada com maior frequência reduziria o número de não-conformidades.

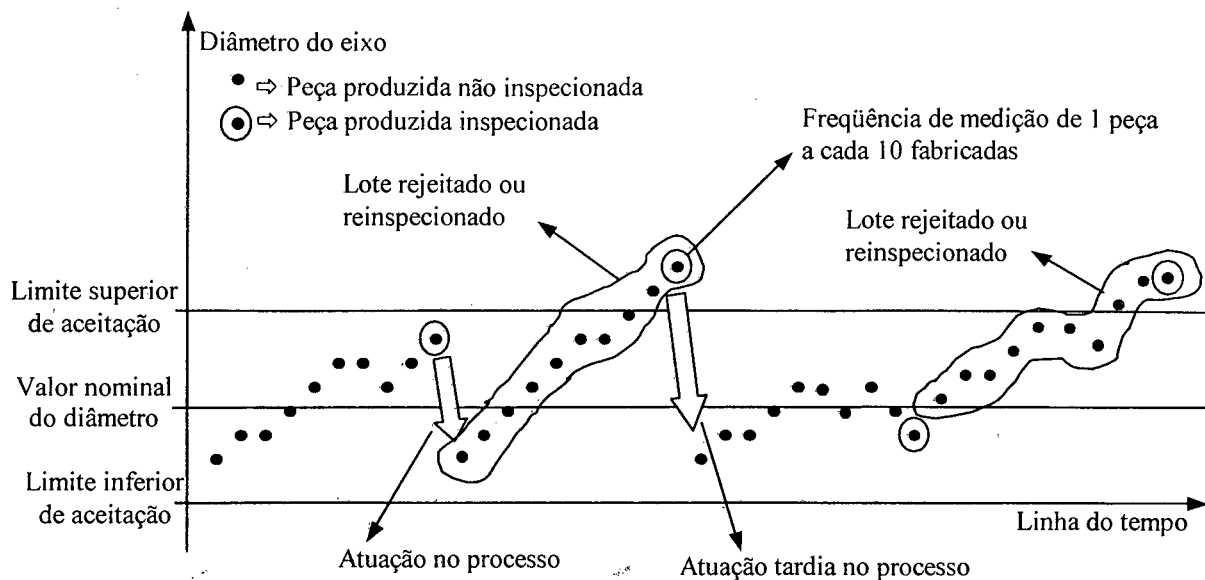


Figura 5.13 – Processo de fabricação produzindo não conformidades devido a baixa frequência de inspeção.

- d) Verificar se os equipamentos fornecidos aos operários estão adequados. Checar se os instrumentos de medição atendem satisfatoriamente as medições requeridas: Faixa de medição condizente com os valores nominais especificados, incerteza do processo de medição compatível com as tolerâncias, condições ambientais adequadas, calibrações em dia e rastreadas a padrões nacionais, etc. Verificar possíveis falhas na máquina de usinagem como: folgas excessivas, ruídos incomuns, vibrações, etc. Verificar a capacidade da máquina realizar as operações dentro da especificação.. Fazer relações entre os valores de capacidade da máquina e a incerteza de medição para verificar a possibilidade de erros de avaliação.

A partir dessas verificações é possível indicar uma causa para o problema. No processo de simulação foi escolhida uma causa de grande probabilidade para propor uma solução para o problema.

A causa do problema eleita foi a elevada incerteza de medição do instrumento e a baixa frequência de medição, fazendo com que existam erros de avaliação. Sendo assim, foi proposta a aquisição de um instrumento com incerteza de medição menor e que possibilite uma inspeção mais rápida.

Condições atuais do processo de usinagem do eixo: O instrumento utilizado é um micrometro que tem uma incerteza de medição de 0,01 mm e ele analisa a característica diâmetro com tolerância de 0,04 mm. O processo tem um cpk de aproximadamente 1,33. A empresa produz cerca de 5000 peças por dia em dez máquinas. Com as condições acima, são geradas aproximadamente 6000 ppm de falhas por erros de avaliação para o problema do diâmetro, o mesmo que 30 falhas por dia. Já todas as falhas que ocorrem no diâmetro representam cerca de 11.000 ppm, o mesmo que 55 falhas por dia (3391 peças refugadas em três meses (Figura 5.11)). O custo de retrabalho de uma peça defeituosa é de 1 \$, (custo de retrabalho = custo operacional da máquina (energia, depreciação do equipamento, mão de obra, ferramentas de usinagem, etc) + custo de oportunidade + custo de reinspeção).

Proposta de solução do problema: A proposta realizada substitui o instrumento por um comparador diferencial, que possui uma velocidade de medição maior que a do micrômetro e incerteza de medição menor. Então as condições podem ficar da seguinte forma: Incerteza de medição de 0,005 mm e frequência de medição maior. Dessa forma, é possível reduzir as falhas de avaliação para aproximadamente 400 ppm, o mesmo que 2 peças por dia. A frequência de medição passa a ser maior, mas a ponto de não atrasar a produção, pois foi usado o tempo economizado com a velocidade maior de medição do comparador diferencial. A maior frequência de medição objetiva utilizar os valores para monitorar e ajustar (atuar) no processo de fabricação, como apresentado na

Figura 5.13. Os valores investidos são 0,15 k\$ por instrumento, 0,05 k\$ por calibração inicial e 0,08 k\$ por base de apoio. Serão necessários 11 instrumentos (um ficando na reserva para substituir no momento das calibrações). Representando um investimento total de 3,0 k\$ mais 0,5 k\$ semestrais para a calibração do instrumento.

Análise de investimentos: Comparando as duas situações, inicialmente existiam aproximadamente 30 peças sendo refugadas por dia e passou para aproximadamente 2 peças sendo refugadas, então a economia é de 28 peças deixando de ser refugadas por dia. Os valores acumulados em um ano representam 6,7 k\$. Comparando o investimento inicial com o retorno de investimento é possível afirmar que o tempo de retorno do investimento será de aproximadamente 7 meses e no primeiro ano é possível obter uma economia de 2,7 k\$ e nos anos seguintes de aproximadamente 5,7 k\$ por ano.

5.2.3 - Considerações finais sobre o estudo de caso 2

Nessa aplicação a metodologia já estava mais adaptada as condições das empresas, portanto foi mais fácil aplicá-la e na empresa havia mais informações disponíveis para a realização do estudo, como informações dos custos da qualidade.

As maiores dificuldades encontradas foram:

- A confidencialidade das informações, devido os valores de custos da qualidade estarem sempre referenciados a faturamento mensal da empresa.
- Mesmo com a disponibilidade das informações de custos da qualidade, ainda foi preciso buscar as informações em cada setor que geram os custos e como elas estão distribuídas entre os processos de fabricação. Fato que ocupou bastante tempo para a sua realização.
- Não foi possível avaliar se a empresa estava trabalhando numa faixa acima dos custos mínimos da qualidade devido ao pequeno número de informações sobre o histórico do processo em relação aos custos da qualidade. Mesmo assim, é possível verificar o alto índice de investimento que é feito em avaliação e prevenção para manter baixos os níveis de falhas do processo produtivo.

Com a aplicação da metodologia foi possível indicar um problema que havia sido detectado anteriormente pelo setor de controle de qualidade e que atualmente estava sendo enviado para o setor de engenharia para uma eventual atuação no problema. Dessa forma, a metodologia conseguiu novamente identificar um problema que apresenta um potencial de redução dos custos.

5.3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS ESTUDOS DE CASO

Durante as aplicações da metodologia foi possível realizar alguns ajustes que proporcionaram mais objetividade na hora de sua aplicação. A redução do número de fases com a eliminação de atividades redundantes foram significativas no processo de otimização e consolidação.

Dificuldades na obtenção de dados muitas vezes confidenciais e estratégicos foram as principais barreiras que nem sempre foram superadas, sendo por vezes contornadas por

simulações para completar a aplicação da metodologia e nem por isso deixando de dar validade aos resultados.

Com as visitas técnicas realizadas para a aplicação da metodologia, foi possível verificar que apesar das empresas disporem de várias informações e ferramentas que poderiam dar suporte para a melhoria da qualidade, muitas vezes essas informações não são utilizadas por falta de conhecimento da real potencialidade que essas ferramentas possuem.

A simulação realizada mostrou que seria viável realizar os investimentos, mas ela poderia ter encontrado que o retorno de investimento só iria acontecer em longo prazo ou mesmo que não iria trazer redução dos custos totais da qualidade. Isso a torna metodologia numa ferramenta que pode ajudar na hora das tomadas de decisão.

Capítulo 6

CONCLUSÕES

O trabalho realizado buscou desenvolver uma metodologia para identificar os problemas de garantia da qualidade mais onerosos da empresa, encontrar as causas para esses problemas e a partir daí propor a solução dos mesmos através de soluções metrológicas, visando a redução dos custos totais da qualidade.

Os investimentos propostos pela metodologia podem ter um direcionamento para atividades de avaliação ou de prevenção. Durante o desenvolvimento desse trabalho foi possível verificar que em geral os investimentos em prevenção reduzem de forma mais significativa os custos totais da qualidade, enquanto que os investimentos em avaliação os reduzem com menor intensidade, mas com a vantagem de atuar rapidamente sobre o problema fazendo com que as falhas não cheguem ao cliente. Dessa forma, os investimentos serão direcionados, em primeiro momento, para evitar que os clientes recebam produtos defeituosos e que simultaneamente atuem diretamente na eliminação das causas dos problemas.

Com a realização desse trabalho foi possível alcançar os seguintes resultados:

- Mostrar a importância e as vantagens da aplicação das principais soluções metrológicas na melhoria da qualidade, as quais estão sendo referenciadas pelas Normas ISO-9000 e QS-9000;
- Demonstrar como os valores dos custos da qualidade podem direcionar o processo de melhoria da qualidade.
- Reunir e sugerir bons procedimentos para orientar na decisão de realizar investimentos em soluções metrológicas quando pertinente ou em soluções de processo quando necessário;
- Gerar uma planilha eletrônica para estimar o número de falhas de avaliação, em função do: Valor nominal da característica, tolerância da característica, capacidade do processo, incerteza do processo de medição e deslocamento dos limites de especificação para obter os limites de aceitação;

- Mostrar que através de investimentos em atividades metrológicas em geral é possível obter reduções dos custos da não-conformidade, com redução do número de peças defeituosas sendo enviadas para os clientes;
- Mostrar que através da melhoria dos meios de medição (redução da incerteza de medição) em geral é possível diminuir as falhas de avaliação de uma característica do produto, dessa forma, reduzindo o número de falhas internas e externas;
- Mostrar que a melhoria da capacidade dos processos de fabricação fundamentada por atividades metrológicas em geral é possível diminuir sensivelmente o número de peças defeituosas sendo entregues aos clientes e também o número de peças defeituosas sendo geradas internamente. Reduzindo assim os custos das falhas internas e externas.
- Sistematizar informações para buscar as causas de problemas nas indústrias metal mecânica;
- Desenvolver uma metodologia simples, objetiva e flexível capaz de se adaptar em empresas de pequeno e médio porte.
- Aplicar a metodologia em empresas metal-mecânica com grande e baixa diversificação de produtos;

A metodologia desenvolvida foi de fácil aplicação em duas empresas onde foi testada, mesmo quando não havia muitas informações disponíveis. Algumas dificuldades foram encontradas em ambas as aplicações, mas elas serviram como base para aperfeiçoamento da metodologia e comprovação do seu potencial.

A utilização da metodologia gera conhecimentos de múltipla aplicação que podem ser usadas para:

- Selecionar rapidamente os problemas mais onerosos da empresa, possibilitando uma rápida intervenção nos problemas dos processos de fabricação;
- Encontrar as causas dos problemas e realizar investimentos para solucionar a causa do problema;

- Estimar o quanto a empresa está perdendo pela falta de qualidade e a partir desses valores convencer a alta gerência na realização de investimentos em melhoria da qualidade, devido os seus resultados serem baseados em forma monetária;
- Criar indicadores da qualidade para acompanhar o retorno econômico após a realização de investimentos em melhoria da qualidade;
- Possibilitar o estabelecimento de metas a serem alcançadas, para um ano, com relação aos custos da qualidade e utilizar os valores da metodologia como indicador das melhorias já realizadas;
- Possibilitar através dos registros das quatro componentes dos custos da qualidade acumulados, ao longo de meses ou mesmo ano, a utilização desses valores para o convencimento de investimentos mais altos.
- Ajudar na hora das tomadas de decisão.

Através dos resultados alcançados é possível afirmar que os investimentos em atividades metrológicas, em geral, podem reduzir os custos totais da qualidade, quando apontada pela metodologia. Basta para isso, ter o conhecimento da ação-efeito dos investimentos a serem realizados e aplicar as atividades metrológicas com efetivo domínio de seus fundamentos e desempenho na prática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- / 1 / CHAGAS, J. P. *O Cliente Exige Cada Vez Mais Qualidade*, Revista Banas Qualidade, p 82 a 86, 08/1998.
- / 2 / CERQUEIRA, J. P. *ISO 9000, No Ambiente da Qualidade Total*, Imagem Editora, 192 p, Rio de Janeiro, 1994.
- / 3 / MARANHÃO, M. *ISO 9000: Manual de implementação*, 2ª Ed., Qualitymark Editora, 176 p, Rio de Janeiro, 1994.
- / 4 / PFEIFER, T.
TORRES, F. *Manual de Gestión e Ingeniería a Calidad*, Mira Editora, 589 p, Zaragoza, España, 1999.
- / 5 / REIS, L. F. S. D.
MAÑAS, A. V. *ISO 9000, Um Caminho para a Qualidade Total*, Editora Érica, 286 p, São Paulo, 1994.
- / 6 / DEMING, W. E. *Qualidade: a revolução da administração*, Editora Marques Saraiva, São Paulo, 1990.
- / 7 / CSILLAG, J. *Análise do Valor: Metodologia do Valor*, 3ª Ed., Atlas, São Paulo, 1991.
- / 8 / JURAN, J. M. *Juran na Liderança pela Qualidade, Um Guia para Executivos*, 2ª Ed., Pioneira, 386 p, São Paulo, 1993
- / 9 / INMETRO *Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia – ISO/IEC/OIML/BIPM*, 3-1995, Rio de Janeiro.
- / 10 / AGOSTINHO, O. L.
RODRIGUES, A. C. S. *Tolerâncias, Ajustes, Desvios e análise de Dimensões*, Edgard Blücher, 295p, São Paulo, 1977.
- / 11 / GUIMARÃES, V. A. *Controle Dimensional e Geométrico*, EDIUPF, 161 p, Passo Fundo, 1999.
- / 12 / BONDUELLE, G. M. *Avaliação e Análise dos Custos da Má Qualidade na Indústria de Painéis de Fibras Duras*, Tese de doutorado da UFSC do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, 288 p, Florianópolis, 1997.
- / 13 / DONATELLI, G. D. *Capability of Measurement Systems for 100% Inspection Tasks*, Tese de doutorado da UFSC do Departamento de Engenharia Mecânica, 125 p, Florianópolis, 1999.
- / 14 / CROSBY, P. B. *Qualidade é Investimento*, 3ª Ed., McGraw-Hill, New York: 1986.
- / 15 / BANAS QUALIDADE *Está Valendo a Pena ter um Certificado ISO?* Revista Banas Qualidade, p 60 a 66, 06/1998.
- / 16 / KUMPERA, V. *Estratégia Gerencial 6S*, Revista Banas Qualidade, p 66 a 69, 10/1999.

- / 17 / QS-9000 *Requisitos do Sistema da Qualidade QS 9000*, Instituto da Qualidade Automotiva, 86 p, São Paulo, 1995.
- / 18 / MARTINS, M *Qualidade em Quinta Marcha*, Revista Banas Qualidade, p 24 a 30, 10/1999.
- / 19 / NN *Indicadores de Desempenho da Industria*, 1996.
- / 20 / CORAL, E. *Avaliação e Gerenciamento dos Custos da não Qualidade*, Dissertação de Mestrado da UFSC do Departamento Engenharia de Produção e Sistemas, 79 p, Florianópolis, 1996.
- / 21 / CHASE, N. *Counting Costs, Reaping Returns*, Quality Articles online, <http://www.qualitymag.com/articles/oct98/1098f1.html>, 1998.
- / 22 / JURAN, J. M *Juran on Quality by Design: The New Steps for Planning Quality into Goods and Services*, The Free Press, New York: 1992.
- / 23 / NBR ISO 8402 *Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade*, Terminologia, ABNT, Rio de Janeiro, 1994.
- / 24 / MASON, E. *Quality Costs: A One Day Seminar*, In Conjunction with The University of Stanford, Management Development Unit, Dayton, Ohio, May, 1987.
- / 25 / FEIGENBAUM, A. V. *Total Quality Control*, 3rd Ed., Pittsfield, Massachusetts: 1990.
- / 26 / BARROS, C. D. C. *Ouvindo as Quatro Vozes*, Revista Banas Qualidade, p 14, 04/1999.
- / 27 / CERQUEIRA, J. P. MARTINS, M. C. *O Sistema ISO 900 na Prática*, Equipe Grifo, Pioneira, 118 p, São Paulo, 1996.
- / 28 / PEUGEOT/CITROËN *Q 62 0100 – Assurance Qualité Fournisseurs, Expression du Besoin et Choix des Fournisseurs*, Normes PSA, Direction de la Qualité - Norme Qualité, 1999.
- / 29 / LOOS, S. *QS-9000 und VDA 6.1: Inhalte, Unterschiede, Checklisten für die Zertifizierung*. Wien: Hanser, Müncher, 1998.
- / 30 / NBR ISO 9001 *Sistema da Qualidade: Modelo para Garantia da Qualidade em Projeto, Desenvolvimento, Produção, Instalação e Serviços Associados*, ABNT, Rio de Janeiro, 1994.
- / 31 / ISO/CD1 9001:2000 *Quality Management Systems, Requeriments*, ISO/TC 176/SC 2/N 415, 7, Genève, Switzerland, 1998.
- / 32 / FIDELIS, G. C. SCHOELER, N. *Requisitos de Garantia da Qualidade para Instrumentos de Medição*, Fundação CERTI, 120 p, Florianópolis, 1998.
- / 33 / ABERTAZZI, A. G. *Metrologia*, Universidade Federal de Santa Catarina, LabMetro, Florianópolis, 1998.

- / 34 / SCAVONE, R. *Técnicas de Auxílio à Garantia da Confiabilidade Metrológica em Bancadas Automatizadas de Ensaio*, Dissertação de Mestrado da UFSC do Departamento de Engenharia Mecânica, 146 p, Florianópolis, 1994.
- / 35 / NBR ISO 10012-1 *Requisitos de Garantia da Qualidade para equipamento de Medição – Parte 1: Sistema de Comprovação Metrológica para Equipamento de Medição*, ABNT, Rio de Janeiro, 1993.
- / 36 / HOYLE, D. *QS 9000: Quality Systems Handbook*, SAE, 562 p, Warrendale, 1997.
- / 37 / QS – 9000/MSA *Análise dos Sistemas de medição (MSA)*, Manual de Referência, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, Instituto da Qualidade Automotiva, Instituto da Qualidade Automotiva, 126 p, São Paulo, 1997.
- / 38 / QS-9000/FMEA *Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial (FMEA)*, Manual de Referência, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, Instituto da Qualidade Automotiva, São Paulo, 1997.
- / 39 / NBR ISO 9004-4 *Gestão da Qualidade e Elementos do Sistema da Qualidade – Parte 4: Diretrizes para Melhoria da Qualidade*, ABNT, Rio de Janeiro, 1993.
- / 40 / QS-9000/CEP *Fundamentos de Controle Estatístico do Processo (CEP) – Manual de Referência*, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, Instituto da Qualidade Automotiva, 168 p, São Paulo, 1995.
- / 41 / RODRIGUES, C. M. *Controle Estatístico de Processo segundo QS 9000*, Fundação CERTI, Florianópolis, 1999.
- / 42 / SCHOLTES, P. R. *TIMES da qualidade, como Usar Quipes para Melhorar a Qualidade*, Qualitymark Editora, Rio de Janeiro, 1992.
- / 43 / SOARES JUNIOR, L. *Confiabilidade Metrológica no Contexto da Garantia da Qualidade Industrial: Diagnóstico e Sistematização de Procedimentos*, Dissertação de Mestrado da UFSC do Programa de Pós-graduação em Metrologia Científica e Industrial, 101 p, Florianópolis, 1999.
- / 44 / INMETRO *Guia para a Expressão da Incerteza de Medição*, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, ABNT, SBM e RH Metrologia, 2ª Ed., 120 p, Rio de Janeiro, 1998.
- / 45 / LINK, W. *Metrologia Mecânica: Expressão da Incerteza de Medição*, INMETRO, IPT, SBM, Mitutoyo e Programa RH Metrologia, 171 p, São Paulo, 1997.

- / 46 / DONATELLI, G. D. *The Cost of the Conformity with Specifications*, Universidad Nacional del Comahue in Dept. of Applied Mechanics, Buenos Aires, 1998.
- / 47 / ISO/TR 14253-2 *Geometrical Product Specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipments - Part 2: Guide to the estimation of uncertainty of measurement in calibration of measuring equipment and product verification*, Genève, Switzerland. 1997
- / 48 / ISO/TR 14253-1 *Geometrical Product Specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specification*, Genève, Switzerland 1997.
- / 49 / SARDINHA, P. H. *Análise de Investimento*, Manuais CNI, 2ª edição, 100 p, Rio de Janeiro, 1985.
- / 50 / ROBLES JUNIOR, A. *Custos da Qualidade: Uma Estratégia para a Competição Global*, Atlas Editora, 135 p, São Paulo, 1994.
- / 51 / TURNES, O. *Custos da Qualidade: Planejamento Econômico dos Gráficos de Controle por Atributos e Modelos Correlatos*, Tese de Doutorado da UFSC do Departamento de Engenharia da Produção e Sistemas, 183 p, Florianópolis, 1997.
- / 52 / CAMPANELLA, J. *Principles of Quality Cost: Principles, implementation and use*, 3rd Ed., American Society for Quality, 219 p, 1999.
- / 53 / MOURA, R. A. *Controle Estatístico do Processo*, Editora IMAM, 1989.
- / 54 / REINHART, G.
LINDEMANN, U.
HEINZL, J. *Qualitätsmanagement: Ein Kurs Für Studium und Praxis*, Germany, p 262 a 265, 1996.
- / 55 / DUTSCHKE, W. *Fertigungsmesstechnik*, B. G. Teubner Stuttgart, p 224 a 227, 1996.