

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Carlos Augusto Saadi Alem

**O IMPACTO DO NÍVEL-SIGMA NOS CUSTOS DA
QUALIDADE: UM ESTUDO DE CASO NO SETOR DE
MANUFATURA**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção como
requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em
Engenharia de Produção***

Orientador: Prof. Carlos Eduardo Sanches da Silva, Dr.

Itajubá

2004

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –
Bibliotecária Jacqueline Rodrigues de Oliveira Balducci – CRB_6/1698

A367i

Alem, Carlos Augusto Saadi.

O impacto do Nível-Sigma nos custos da Qualidade: um estudo de caso no setor de manufatura / por Carlos Augusto Saadi Alem. -- Itajubá (MG): [s.n.], 2004.

101 p.: il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá - Departamento de Produção.

1. Nível-Sigma. 2. Custos da Qualidade. 3. Desempenho. I. Silva, Carlos Eduardo Sanches da, orient. II. Universidade Federal de Itajubá - Departamento de Produção. III. Título.

CDU 658.5 (043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Carlos Augusto Saadi Alem

**O IMPACTO DO NÍVEL-SIGMA NOS CUSTOS DA
QUALIDADE: UM ESTUDO DE CASO NO SETOR DE
MANUFATURA**

Dissertação avaliada por banca examinadora, em outubro de 2004, conferindo ao autor o título de
Mestre em Engenharia de Produção

Banca Examinadora:

Prof. Carlos Eduardo Sanches da Silva

Prof. Héctor Gustavo Arango

Prof. João Batista Turrioni

Itajubá

2004

DEDICATÓRIA

Como justa homenagem, dedico este trabalho aos meus queridos filhos Rafael e Nájila, que por tantas vezes, sacrificaram os poucos momentos que têm de convivência com o pai, para que eu me dedicasse a um trabalho, que para eles, tinha tão pouco valor. Aos meus filhos, por sua paciência e compreensão, dedico essa humilde obra, não apenas para prestar minha homenagem, mas também para dar um exemplo de trabalho e dedicação.

Como todas as coisas em minha vida, dedico também esse trabalho à minha mãe, que sempre encoraja e valoriza todo meu esforço.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por mais essa etapa que Ele me ajudou vencer. Agradeço à minha esposa Marília, sem a qual eu jamais teria conseguido completar esse trabalho, e que também, por várias vezes, teve que fazer o papel de mãe e de pai para os meus filhos. Agradeço ao meu orientador, Carlos Eduardo, que foi muito mais que um excelente profissional, foi um grande amigo, ao se mostrar tão paciente e dedicado.

Finalmente, gostaria de agradecer aos *Black Belts* Alexandre e Leonardo e às suas equipes pelo apoio e ajuda que me deram e à grande companheira Jacqueline, bibliotecária da Unifei, por toda colaboração e incentivo.

RESUMO

Este trabalho avalia a relação entre a implementação de projetos Seis-Sigma e os custos da qualidade. Inicialmente, são apresentadas as fundamentações teóricas tanto dos custos da qualidade quanto da metodologia do Seis-Sigma, e posteriormente, é descrito um estudo de caso em uma empresa de autopeças. Como conclusão, o trabalho mostra que os custos de avaliação, não são influenciados pela alteração dos processos causada pelos projetos Seis-Sigma. Já o custo de prevenção se manteve constante no primeiro processo analisado, onde o nível-sigma do mesmo variou de 1,7 a 3,2. No segundo processo, os custos de prevenção se reduziram com o aumento do nível-sigma, de 3,4 para 4. Com relação aos custos da falha, pode-se concluir, conforme era esperado, que os mesmos possuem uma relação inversa ao nível-sigma do processo, ou seja, à medida que o nível-sigma do processo aumenta, os custos da falha diminuem.

ABSTRACT

This work evaluates the relation between Six Sigma projects implementation and the costs of quality. It initially presents the theories concerning both the costs of quality and the Six Sigma methodology, and later on, it describes a case study in an automotive company. As a conclusion, the work shows that the appraisal costs are not influenced by any alteration in the processes caused by Six Sigma projects. Regarding prevention cost, it kept itself constant in the first process analyzed, whereas the sigma level varied from 1.7 to 3.2. In the second process, the prevention costs were reduced with an increase in the sigma level from 3.4 to 4. Regarding the failure costs, it can be concluded, as expected, that they have an opposite relation to the sigma level of the process, that is, as the sigma level in the process increases, the failure costs decrease.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	I
AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE QUADROS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE GRÁFICOS	IX
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE EQUAÇÕES	XI
LISTA DE SIGLAS	XII
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA DO TEMA	1
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	4
1.3 OBJETIVOS	4
1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA	4
1.4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	4
1.4.2 OBJETO DA PESQUISA	5
1.4.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	6
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	6
CAPÍTULO 2 – CUSTO DA QUALIDADE	8
2.1 INTRODUÇÃO	8
2.2 O SIGNIFICADO E OS OBJETIVOS DOS CUSTOS DA QUALIDADE	11
2.3 AS CATEGORIAS DE CUSTOS DA QUALIDADE	13
2.3.1 CUSTOS DE CONTROLE	13
2.3.2 CUSTOS DE FALHA DE CONTROLE	17
2.4 CATEGORIAS DISCUTÍVEIS DE CUSTO	19
2.5 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A CATEGORIZAÇÃO DOS TIPOS DE CUSTOS	20
2.6 A MELHOR RELAÇÃO ENTRE OS CUSTOS DE CONTROLE E OS DE FALHA DE CONTROLE	22
2.7 ALGUMAS APLICAÇÕES PARA O CUSTO DA QUALIDADE	26
2.8 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CUSTO DA QUALIDADE	27
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA SEIS-SIGMA	29
3.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS	29

3.2	<u>A ESTATÍSTICA DO SEIS-SIGMA</u>	29
3.2.1	<u>DESVIO-PADRÃO (σ)</u>	30
3.2.2	<u>VARIAÇÕES NORMAIS E ESPECIAIS DE UM PROCESSO</u>	30
3.2.3	<u>NÍVEL DE QUALIDADE DE UM PROCESSO</u>	31
3.3	<u>CONCEITOS DO SEIS-SIGMA</u>	35
3.4	<u>FORMA DE ATUAÇÃO DO SEIS-SIGMA</u>	37
3.5	<u>INGREDIENTES-CHAVE PARA IMPLEMENTAÇÃO EFETIVA DO SEIS-SIGMA</u>	37
3.6	<u>A EQUIPE DO SEIS-SIGMA</u>	40
3.7	<u>FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA ALCANÇAR O SEIS-SIGMA</u>	42
3.8	<u>A METODOLOGIA DO SEIS-SIGMA</u>	43
3.8.1	<u>METODOLOGIA DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS E PROJETOS DE MELHORIAS</u>	43
3.8.2	<u>METODOLOGIA DE PREVENÇÃO</u>	45
3.9	<u>O INVESTIMENTO NA IMPLANTAÇÃO DO SEIS-SIGMA E SEU RETORNO FINANCEIRO</u>	46
3.10	<u>A DIFICULDADE DE SELECIONAR ADEQUADAMENTE OS PROJETOS SEIS-SIGMA</u>	47
3.11	<u>COMPARANDO O CONTROLE DE QUALIDADE TOTAL (TQC) E O SEIS-SIGMA</u>	50
3.12	<u>EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO SEIS-SIGMA</u>	52
	<u>CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO</u>	55
4.1	<u>METODOLOGIA DE PESQUISA</u>	55
4.2	<u>EMPRESA OBJETO DE ESTUDO</u>	58
4.3	<u>CONFIDENCIALIDADE DAS INFORMAÇÕES</u>	58
4.4	<u>DEFINIÇÕES DO ESTUDO DE CASO</u>	58
4.5	<u>PROJETO 1 – REDUÇÃO DA VARIAÇÃO DA PRENSA MANUAL DE APLICAÇÃO DE TERMINAIS</u>	61
4.5.1	<u>ANÁLISE DOS DADOS</u>	63
4.6	<u>PROJETO 2 – MELHORIA DA ÁREA DE CORTE DE CABOS GROSSOS E PRENSAS MANUAIS PARA APLICAÇÃO DE TERMINAIS</u>	70
4.6.1	<u>ANÁLISE DOS DADOS</u>	72
4.7	<u>ANÁLISE DOS DADOS PARA AMBOS OS PROJETOS</u>	76
	<u>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES PARA A EMPRESA E PARA FUTUROS TRABALHOS</u>	81
5.1	<u>CONCLUSÕES</u>	81
5.2	<u>RECOMENDAÇÕES PARA A EMPRESA</u>	83
5.3	<u>RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS</u>	83
6	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação da pesquisa	5
Quadro 2 – Determinação dos preços de venda dos produtos	9
Quadro 3 – Definições de custos da qualidade	11
Quadro 4 – Fontes de evidências	57
Quadro 5 – Perguntas de pesquisa e evidências identificadas nos projetos 1 e 2	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As principais áreas do custo da qualidade.	13
Figura 2 - Modelo para os custos de qualidade ideais: Processos já disponíveis.	22
Figura 3 - Zona do ótimo no modelo do custo da qualidade.	23
Figura 4 - Modelo para os custos de qualidade ideais: Processos que estão surgindo.	25
Figura 5 - Distribuição com a média centrada na especificação nominal.	33
Figura 6 - Distribuição com a média deslocada da especificação nominal em $1,5\sigma$.	34
Figura 7 – Estrutura da pesquisa.	56

LISTA DE GRÁFICOS

<u>Gráfico 1 - Custo da má qualidade versus nível-sigma</u>	3
<u>Gráfico 2 – Projeto 1: Acompanhamento mensal dos Custos da Qualidade e Nível-Sigma</u>	64
<u>Gráfico 3 – Projeto 1: Comparação da quantidade defeituosa com o custo do <i>scrap</i></u>	65
<u>Gráfico 4 – Projeto 1: Comparação do Custo de Avaliação com a Variação do Volume</u>	66
<u>Gráfico 5 – Projeto 1: Comparação do Custo de Prevenção com a Variação do Volume</u>	66
<u>Gráfico 6 – Projeto 1: Comparação do Custo de Avaliação com o Nível-Sigma</u>	67
<u>Gráfico 7 – Projeto 1: Comparação do Custo de Avaliação com o Nível-Sigma</u>	68
<u>Gráfico 8 – Projeto 1: Comparação do Custo de Prevenção com o Nível-Sigma</u>	68
<u>Gráfico 9 – Projeto 1: Comparação do Custo de Prevenção com o Nível-Sigma</u>	69
<u>Gráfico 10 – Projeto 1: Comparação do Custo da Falha com o Nível-Sigma</u>	70
<u>Gráfico 11 – Projeto 2: Acompanhamento mensal dos Custos da Qualidade e Nível-Sigma</u> ..	73
<u>Gráfico 12 – Projeto 2: Comparação do Custo de Avaliação com o Nível-Sigma</u>	73
<u>Gráfico 13 – Projeto 2: Comparação do Custo de Avaliação com o Nível-Sigma</u>	74
<u>Gráfico 14 – Projeto 2: Comparação do Custo de Prevenção com o Nível-Sigma</u>	74
<u>Gráfico 15 – Projeto 2: Comparação do Custo de Prevenção com o Nível-Sigma</u>	75
<u>Gráfico 16 – Projeto 2: Comparação do Custo de Falha com o Nível-Sigma</u>	75
<u>Gráfico 17 – Projetos 1 e 2: Acompanhamento dos Custos da Qualidade e Nível-Sigma</u>	76
<u>Gráfico 18 – Projetos 1 e 2: Comparação do Custo de Avaliação com o Nível-Sigma (Gráfico gerado considerando a variação de volume)</u>	77
<u>Gráfico 19 – Projetos 1 e 2: Comparação do Custo de Avaliação com o Nível-Sigma (Gráfico gerado sem considerar a variação de volume)</u>	77
<u>Gráfico 20 – Projetos 1 e 2: Comparação do Custo de Prevenção com o Nível-Sigma (Gráfico gerado considerando a variação de volume)</u>	78
<u>Gráfico 21 – Projetos 1 e 2: Comparação do Custo de Prevenção com o Nível-Sigma (Gráfico gerado sem considerar a variação de volume)</u>	79
<u>Gráfico 22 – Projetos 1 e 2: Comparação do Custo da Falha com o Nível-Sigma (Gráfico gerado sem considerar a variação de volume)</u>	80

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela 1 – Exemplo do desempenho dos custos da qualidade de uma empresa de equipamentos pesados (Porcentagem em relação ao faturamento).....</u>	21
<u>Tabela 2 – Gráfico de distribuição normal centralizada.....</u>	33
<u>Tabela 3 – Estimativa dos custos da qualidade em relação às vendas.....</u>	46
<u>Tabela 4 – Projeto 1: Custos da Qualidade, Nível-sigma e Variação de Volume.....</u>	64
<u>Tabela 5 – Projeto 2: Custos da Qualidade, Nível-Sigma e Variação de Volume.....</u>	72

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Desvio padrão	30
Equação 2 – DPMO	31

LISTA DE SIGLAS

CEO	- <i>Chief Executive Office</i>
CEP	- Controle Estatístico do Processo
CIA	- <i>Central Intelligence Agency</i> (Agência Central de Inteligência)
CTQ	- <i>Critical to Quality</i> (Crítico para a Qualidade)
DFSS	- <i>Design for Six Sigma</i> (Projetando para o Seis-Sigma)
DMADV	- <i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i> (Definir, Medir, Analisar, Projetar, Verificar)
DMAIC	- <i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i> (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar)
DOE	- <i>Design of Experiments</i> (Projetos de experimentos)
DPMO	- Defeitos por Milhão de Oportunidades
FMEA	- <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (Análise do Modo e do Efeito da Falha)
FTQ	- <i>First Time Quality</i> (Qualidade da Primeira Vez)
LIE	- Limite Inferior de Especificação
LSE	- Limite Superior de Especificação
MSE	- <i>Measure System Evaluation</i> (Avaliação do Sistema de Medição)
PMAP	- <i>Process Mapping</i> (Mapeamento do Processo)
PPM	- Partes Por Milhão
SIPOC	- <i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i> (Fornecedor, Entrada, Processo, Saída, Cliente)
TMAP	- <i>Thought Mapping Process</i> (Processo do Pensamento)
TQC	- <i>Total Quality Control</i> (Controle da Qualidade Total)

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA DO TEMA

As empresas, independentemente de seu porte, setor de atuação, ou mesmo nacionalidade de origem ou de instalação, estão constantemente sofrendo pressões advindas de um permanente processo de sobrevivência.

Um fator marcante neste ambiente, é o aumento da competitividade entre as empresas, sendo o responsável pelo fracasso ou sucesso de grandes ou pequenas empresas em todos os setores industriais e de serviço.

A utilização adequada dos recursos limitados das empresas pode ser o grande diferencial para a sua permanência no mercado.

Como cita León e Amato (1999) “Nosso tempo é caracterizado por um ritmo de inovação tecnológica que ofusca o das épocas passadas. O rápido crescimento econômico só pode ser sustentado através de novas formas de usar os recursos.”

A velocidade com que os concorrentes atuam no mercado, a rapidez com que os clientes mudam seus requisitos, o curto espaço de tempo entre uma tecnologia de ponta e uma obsoleta, enfim, tudo tem se submetido à exigência de um processo decisório rápido e principalmente, correto.

A assertividade das decisões depende não só da capacidade administrativa e técnica dos dirigentes responsáveis pela companhia, mas também do padrão das informações disponíveis, que segundo Tyson (1987), podem ser encontradas de maneira acurada e confiável no custo da qualidade.

Bortoff (1997) resume o sistema de custos da qualidade como uma poderosa ferramenta gerencial, sendo uma medida de desempenho que está intimamente ligada ao sucesso da empresa. E ainda, Robles Jr. (1994) cita que o sistema de custos da qualidade pode ser ampliado com o objetivo de se mensurar a Excelência Empresarial.

Por outro lado, as empresas buscam incansavelmente a melhoria de seus processos, e com grande frequência, definem projetos para isso, e os perseguem, de uma forma pouco estruturada, aumentando a possibilidade de não se atingir o resultado esperado.

Desta feita, verifica-se então a necessidade de se implementar metodologias que permitam definir adequadamente projetos de melhoria, identificando as causas dos problemas dos processos escolhidos e executando as ações para a solução destes problemas, até a sua

real conclusão, concretizando-se assim, os resultados definidos no início desses projetos. Essas melhorias, muitas vezes requerem, resultados financeiros provenientes das ações de aperfeiçoamento. Os esforços dos colaboradores da organização devem ser sempre muito bem direcionados para um objetivo comum da empresa, que é o de sobreviver e se sustentar, o que se fará, através da satisfação das necessidades dos clientes.

Atualmente o Seis-Sigma se destaca como metodologia para a gestão da qualidade, tendo como resultados: direcionar os esforços organizacionais para a obtenção da melhoria da qualidade; reduzir custos; e diminuir o tempo do ciclo de produção, (Marash, 2000).

Segundo Sanders e Hild (2000), a popularidade do Seis-Sigma tem atualmente aumentado devido a relatos de sucesso de muitas organizações. Como cita Coronado e Antony (2002), a General Electric, obteve resultados de US\$2 bilhões em 1999, a Motorola, obteve em 1988 o Prêmio Malcom Baldrige e resultados entre 1985 e 1988 de US\$2,2 bilhões.

Em 1997, a GE chegou a 6.000 projetos Seis-Sigma, em comparação com 3.000 do ano anterior e atingiu US\$ 320 milhões em ganhos de produtividade e lucros, mais do que o dobro da meta original de US\$ 150 milhões. Os benefícios apareceram nos resultados financeiros. Em 1998 o Seis-Sigma gerou economias de US\$ 750 milhões, já descontados os investimentos no mesmo período, número que alcançaria US\$ 1,5 bilhão no ano seguinte. A margem operacional da GE aumentou de 14,8% em 1996, para 18,9 % em 2000.

A base do Seis-Sigma é a redução da variação inerente aos processos. Em termos idealistas, as iniciativas de Seis-Sigma são focadas em investigar as causas de variabilidade e desenvolver processos e produtos com menos variação na performance da saída (Sanders e Hild, 2000) .

Todo resultado de um processo, produto ou serviço, varia em torno de um valor médio. A essa variação dá-se o nome de “Dispersão do Processo”. O valor dessa variação pode ser quantificado através do Desvio-Padrão ou Sigma (σ). Tem-se a origem do termo Seis-Sigma.

Assim o nível-sigma é uma medida de desempenho que possibilita comparações de divisão com divisão, departamento com departamento, processo com processo etc..

Pyzdek (2003) cita que empresas cujo nível de qualidade de seus processos está em torno de 3 a 4 sigma, possuem um custo da má qualidade girando entre 25% e 40% das suas receitas. Esse custo da má qualidade está relacionado ao que é gasto na solução dos

problemas, retrabalhos, ressarcimento dos clientes etc.. Enquanto isso, empresas cujos processos têm nível de qualidade Seis-Sigma, gastam menos de 5% de suas receitas (gráfico1). Segundo ele, “A General Electric estima que a diferença entre 3 sigma a 4 sigma, para o nível 6 sigma lhe custava entre US\$ 8 bilhões e US\$ 12 bilhões por ano”.

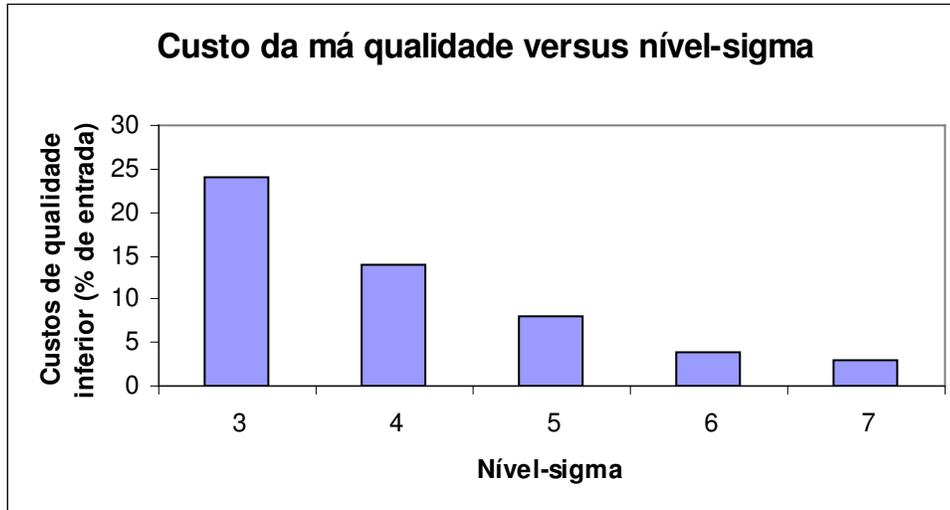


Gráfico 1 - Custo da má qualidade versus nível-sigma.

Fonte: Pyzdek (2003)

Além de identificarem e orientarem pontos de melhoria, os custos da qualidade, mensuram o desempenho dos processos, podendo assim ser usados como uma medida da eficácia das atividades provenientes dos projetos de melhoria Seis-Sigma. Reforça Harrington (1997), citando que:

Medir é entender; entender é ganhar conhecimento; ter conhecimento é ter poder. Desde os primórdios dos tempos, o que distingue os seres humanos dos outros animais é sua capacidade de observar, medir, analisar e usar essas informações para realizar mudança.

A afirmação de Harrington (1997) enfatiza que a melhoria contínua dos processos deve ser baseada em medições. Alguns destes indicadores concentram-se em medições como satisfação dos clientes, custos da qualidade, defeitos de produção, variação em relação às especificações (nível-sigma) e reclamações de clientes (Harrington, 1997). Pyzdek (2003) identifica a relação entre os custos da qualidade e o nível-sigma como medidas de desempenho. Neste sentido surgem alguns questionamentos em relação ao gráfico descrito por Pyzdek (2003):

- Como os investimentos em projetos Seis-Sigma estão sendo alocados nos custos da qualidade?
- Os valores apresentados possuem o comportamento descrito no gráfico 1?
- A implementação de projetos Seis-Sigma produz variações em quais parcelas dos custos da qualidade?

Os questionamentos descritos serão objetos de estudo desta dissertação.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O trabalho se limita ao estudo dos conceitos básicos de custo da qualidade e dos princípios fundamentais da metodologia Seis-Sigma, bem como a utilização do primeiro como fator medidor do desempenho dos projetos Seis-Sigma. Devido ao método de pesquisa ser estudo de caso, os resultados não são generalizados.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é analisar a relação que existe entre as medidas de desempenho: nível-sigma e custos da qualidade.

O atendimento deste objetivo desdobra-se nos seguintes objetivos específicos:

- Identificar como os investimentos realizados nos projetos Seis-Sigma estão sendo absorvidos pelos custos da qualidade;
- Analisar a relação entre o nível-sigma e os custos de prevenção e avaliação;
- Analisar a relação entre o nível-sigma e os custos de falhas; e
- Analisar a integração entre o sistema de custos da qualidade e a metodologia Seis-Sigma.

1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA

1.4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O método mais adequado, considerando o tipo de pesquisa e o grau de controle sobre os eventos é o Estudo de Caso (Yin, 1994). Os critérios para escolha da empresa a ser utilizada como objeto de estudo, foram: ter implementado a pelo menos dois anos a metodologia Seis-Sigma; possuir os custos da qualidade como indicador de desempenho; ter

conduzido projetos Seis-Sigma que possibilitem a comparação da evolução de seu desempenho em relação ao nível-sigma e aos seus custos da qualidade.

O quadro 1 classifica a pesquisa a ser realizada nesta dissertação de diferentes maneiras, utilizando-se dos conceitos de Silva e Menezes (2000).

Classificação da Pesquisa	Conceito	Justificativa para a classificação da pesquisa
Quanto à natureza da pesquisa: <ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa Aplicada 	A pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais.	A dissertação contribui para que as indústrias da região utilizem os conceitos descritos para um incremento no desempenho de seus processos de melhoria.
Quanto à predominância na forma de abordagem do problema: <ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa Qualitativa 	Considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito. O ambiente natural é a fonte direta para a coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave. O processo e o seu significado são os focos principais de abordagem.	O trabalho enfatizou o processo dos acontecimentos, buscando uma análise e compreensão profunda do contexto.
Quanto aos seus objetivos: <ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa Exploratória 	A pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico e entrevista com pessoas que tiveram experiência prática com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão.	Os conceitos iniciais da dissertação estão baseados em levantamentos bibliográficos. A exploração do estudo de caso permite aprofundar conhecimentos acerca do processo em análise.
Quanto aos seus procedimentos técnicos: <ul style="list-style-type: none"> • Em forma de Estudo de Caso 	A pesquisa em forma de estudo de caso envolve um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.	A dissertação utiliza estudos de caso de uma empresa da região, que possui, já implementados, os custos da qualidade e a metodologia Seis-Sigma.

Quadro 1 – Classificação da pesquisa.

Fonte: Baseado em Silva e Menezes (2000).

1.4.2 OBJETO DA PESQUISA

O objeto da pesquisa será uma empresa de autopeças, com várias plantas no Brasil, sendo uma delas na região do Sul de Minas. Essa empresa possui os requisitos necessários para se elaborar o trabalho, uma vez que a mesma já utiliza os custos da qualidade, assim como a metodologia Seis-Sigma. (As amostras selecionadas são intencionais, ou seja, os projetos estudados foram escolhidos, e não pegos aleatoriamente).

1.4.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

O processo de coleta de dados terá como origem, documentos e/ou registros arquivados, que segundo Mergulhão (2003), possuem como vantagens a estabilidade, por poderem ser revistos repetidamente e a exatidão, além de serem precisos e quantitativos. Mas, podem ter como desvantagens a seletividade influenciada (para coletas de dados incompletas) e também o problema do acesso a tais documentos que pode ser restrito devido a razões de privacidade.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos de maneira a permitir um melhor entendimento do leitor, sendo dispostos da seguinte maneira:

Capítulo 1

Neste capítulo tem-se a introdução do trabalho composta por uma breve explanação que procura justificar a escolha do tema e determinar uma delimitação do mesmo.

O capítulo também descreve a metodologia da pesquisa, os objetivos do trabalho e como o mesmo é estruturado.

Capítulo 2

Através de pesquisa bibliográfica, este capítulo descreve os conceitos de custo da qualidade.

Inicia-se com um breve histórico. Depois descreve as categorias de custo, orientando o que deve ser incluído como custo da qualidade, citando também alguns itens polêmicos, como o desperdício inevitável de fabricação, manutenção preventiva etc.. Mostra também as dificuldades em se definir um ponto ótimo para a distribuição dos custos entre os de “controle” e os de “falha de controle”, e finalmente descreve a metodologia para a implantação do sistema.

Capítulo 3

Complementa a pesquisa bibliográfica com a descrição da metodologia Seis-Sigma. Primeiramente aborda os fundamentos estatísticos: o significado de Sigma (σ), a comparação

dos resultados de qualidade esperados para um processo convencional (3σ) e um processo denominado Seis-Sigma (6σ).

Cita os ingredientes-chave para uma implementação efetiva do Seis-Sigma e posteriormente, refere-se à estrutura da equipe, e ao que é esperado de cada participante.

Descreve as etapas da metodologia Seis-Sigma e suas ferramentas de auxílio.

Mostra, então, a dificuldade de selecionar projetos, e finalmente, faz uma comparação entre os resultados esperados da metodologia Seis-Sigma e o tradicional TQC.

Apesar da filosofia Seis-Sigma possuir um conteúdo estatístico bastante forte, esse capítulo não o faz, pois o objetivo do mesmo limita-se apenas a introduzir o conceito das ferramentas sem no entanto explicar o seu embasamento teórico.

Capítulo 4

Apresenta um estudo de caso composto de dois projetos e os resultados obtidos, conduzindo às principais conclusões da pesquisa.

Neste capítulo se fazem todas as análises referentes aos dados, e se expõem, quando necessário, as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento da pesquisa.

Capítulo 5

Este último capítulo é destinado à conclusão do estudo, às considerações gerais e às propostas para trabalhos futuros.

Após a finalização dos capítulos, o texto mostra as referências bibliográficas.

CAPÍTULO 2 – CUSTO DA QUALIDADE

2.1 INTRODUÇÃO

Muito se tem falado sobre qualidade nas últimas décadas. Seus conceitos, definições, propósitos, programas, enfim, a palavra Qualidade, é hoje amplamente difundida, internamente desde os níveis mais elementares da companhia até a sua alta administração. E, externamente, a conscientização da sociedade e de outras organizações cientes sobre qualidade, encontra-se em constante evolução.

O conceito de qualidade é muito amplo. Até mesmo em sua própria definição. Como diz Juran e Gryna (1988):

Seria conveniente termos uma frase curta, de aceitação geral, para definir de modo abrangente a qualidade, ou seja, que inclua as características que levam à satisfação com o produto e, além disso, a ausência de falhas. Várias definições têm sido propostas pelos profissionais, porém nenhuma delas atingiu aceitação universal.

Baseado em Juran e Gryna (1988), durante os anos 50, começaram a surgir vários departamentos com equipes voltadas para a qualidade. A maneira de se acompanhar o desempenho destes departamentos ficaria mais clara se fossem utilizados índices monetários, ou seja, se os indicadores de desempenho fossem representados por cifras, o que era muito bem aceito pelos administradores da época. Ainda hoje, isto continua sendo uma linguagem privilegiada, como na citação de Laszlo (1997), “Como todos nós reconhecemos, o denominador comum de atividades de negócios é monetário. Portanto, o meio mais conveniente para medir a contribuição de qualquer atividade para os objetivos do negócio é expressando seus valores em termos monetários”. Reforça Coral (1996), ao afirmar que os investimentos em qualidade e programas de melhoria devem trazer retorno financeiro para se justificarem. Para tanto, o processo de gestão da qualidade demanda meios capazes de gerar informações que subsidiem ações de aperfeiçoamento dos processos, objetivando a eliminação dos desperdícios, redução dos custos e o incremento da qualidade.

Assim, surgiu a necessidade de se criar um custeio relativo à qualidade.

De acordo com Juran e Gryna (1988), com o passar do tempo, e com o aprimoramento dos conhecimentos dos especialistas, alguns fatos que estavam despercebidos foram surgindo, causando algumas surpresas. Alguns desses fatos são:

- A qualidade possuía um custo bem maior do que aqueles que normalmente eram registrados nos relatórios contábeis. Esses custos chegavam a variar de 20 a 40% dos valores de venda.
- Não eram somente as operações de manufatura que possuíam custos de qualidade. Também as operações que suportavam esses processos de transformação, possuíam um considerável custo de qualidade, que não poderia ser desprezado.
- Dentre os vários custos de qualidade, a maior parte estava relacionada com a má qualidade do produto. As empresas, em muitos casos porém, aceitavam esses custos como naturais do processo e por isso simplesmente os incorporavam aos seus padrões. Vários desses custos, no entanto, poderiam ter sido evitados, caso não tivessem sido aceitos como “naturais do processo”.
- Não existia uma diretriz clara para a eliminação dos custos resultantes da má qualidade, ou seja, não havia uma estruturação para a solução dos mesmos, como definição de responsáveis ou metodologia para a solução.

Numa etapa subsequente do início desta implantação do custeio da qualidade, com a percepção, agora conseguida, de que o custo da qualidade era fator de grande influência no processo, as organizações iniciaram então uma busca da solução ou minimização deste fator negativo.

Além disso, Kliemann Neto e Antunes Júnior (1993) citam, que de uma forma simplificada, a determinação dos preços de venda dos produtos fabricados atendiam às equações descritas no quadro 2.

Década de	Fórmula	Concepção
60	$\text{Preço} = \text{Custo} + \text{Margem de Lucro}$	As empresas repassavam aos consumidores parte, ou a totalidade de uma eventual ineficiência de seus processos de produção.
70	$\text{Margem de Lucro} = \text{Preço} - \text{Custo}$	Devido ao aumento da concorrência e da oferta, o mercado começa a estabelecer os preços, ao invés dos mesmos serem definidos pelos fabricantes. A maior ou menor margem de lucro agora, depende do controle dos custos. Desta forma e contrariamente à lógica anterior, administra-se à eficiência, e não mais se repassa a ineficiência.

Quadro 2 – Determinação dos preços de venda dos produtos.

Fonte: Adaptado de Kliemann Neto e Antunes Júnior (1993).

Analisando as duas concepções descritas, identifica-se a abordagem da “qualidade” como um diferencial, que em muitos casos, irá definir o sucesso ou fracasso da empresa como um todo. Surge um fator importante: o custo da qualidade.

Os custos são realizados para se ter no empreendimento os valores gastos na fabricação de produtos ou serviços, de modo que possam determinar no final da suas apurações os preços de vendas, a eficiência da empresa e a avaliação dos seus resultados operacionais. Entretanto, os custos da qualidade, além de levar tudo isso em conta, têm uma maior abrangência, dando uma maior rapidez nos resultados por envolverem todos os participantes na produção de produtos e serviços de boa qualidade no primeiro instante. O desperdício é uma comprovação da má qualidade, pois, significa aumento nos custos.

Para se obter os níveis desejados de qualidade, existe a necessidade da aplicação de recursos, pois mesmo o mau produto tem o seu custo de qualidade, como afirma Calegare (1985). Desta forma, os custos da qualidade são a melhor maneira que a empresa possui para medir o sucesso da implementação de ações de melhoria da qualidade (Crosby, 1994). Os custos da qualidade constituem as bases por meio dos quais os investimentos em programas de melhoria podem ser avaliados em termos de aprimoramento de custos, aumento da lucratividade e outros benefícios (Feigenbaum, 1991).

O conceito de custos da qualidade foi introduzido por Juran em 1951, abordando a má qualidade dos produtos. Feigenbaum apresentou em 1956 o conceito e sistema do “Controle de Qualidade Total” (Total Quality Control), que forma uma estruturação dos custos da qualidade. Este é ainda hoje o mais utilizado, tendo sua avaliação sobre a conformidade com qualidade, confiabilidade e requisitos de segurança, além dos custos associados com as conseqüências da falha, tanto dentro da empresa como nos clientes.

Agrega-se a esse conceito, Moura (1994) que citava que já em 1972, o especialista japonês Shigeru Mizuno concluía que havia “uma nova era para a qualidade”, onde as empresas, para se manterem competitivas no mercado, precisavam, além de oferecer um valor adicional ao cliente através de inovações em seus produtos e serviços, realizar negócios dentro de restrições variadas, como o custo, por exemplo.

Vê-se assim, a importância que o tema “qualidade” e a sua estreita relação com o custo têm sobre a sobrevivência das empresas nos dias de hoje.

Hoje, segundo Botorff (1997), “o sistema de Custo de Obtenção da Qualidade é uma ferramenta essencial no gerenciamento da função qualidade por toda empresa, além de ser um grande indicador dos resultados alcançados pelas empresas que os aplicam.”

2.2 O SIGNIFICADO E OS OBJETIVOS DOS CUSTOS DA QUALIDADE

Apesar de bastante difundido entre as empresas modernas, o termo “custo da qualidade” possui diferentes definições entre os autores. Como cita Juran e Gryna (1988):

O termo custos da qualidade assumiu significados diferentes para pessoas diferentes. Alguns os compararam aos custos para se atingir a qualidade. Outros, equipararam o termo aos custos para o funcionamento do Departamento da Qualidade. A interpretação a que chegaram os especialistas da qualidade foi equiparar os custos da qualidade ao custo da má qualidade (principalmente os custos para se encontrar e corrigir o trabalho defeituoso).

Na literatura encontram-se várias definições para os custos da qualidade (quadro 3).

Autor	Definição
Campanella (1990)	Custos da qualidade são as diferenças entre o custo atual de um produto ou serviço e o custo que estes teriam se a qualidade fosse perfeita.
Feigenbaum (1991)	Custos da qualidade são aqueles custos associados com a definição, criação, e controle da qualidade bem como a avaliação e retroalimentação de conformidade com qualidade, confiabilidade, requerimentos de segurança, e aqueles custos associados com as conseqüências da falha em alcançar os requerimentos tanto dentro da fábrica como nas mãos do cliente.
Bergamo (1991)	Custos da qualidade são os recursos gastos na empresa pela função qualidade, sendo que esta é o conjunto de todas as atividades através das quais se obtêm produtos adequados ao uso em conformidade com as especificações. A função qualidade não está restrita ao departamento de Qualidade mas abrange todos os departamentos que realizam essas atividades.
Garvin (1992)	Define os custos da qualidade como quaisquer despesas de fabricação ou de serviço que ultrapassassem as que teria havido se o produto tivesse sido feito ou o serviço tivesse sido prestado com perfeição da primeira vez.
Crosby (1994)	Custos da qualidade compreendem as despesas de fazer coisas erradas. É a sucata, o trabalho repetido, serviço após serviço, garantia, inspeção, testes e atividades similares que se tornam necessárias devido aos problemas de não conformidade.

Quadro 3 – Definições de custos da qualidade.

Existem definições amplas como a de Sakurai (1997) que descreve os custos da qualidade como sendo aqueles incorridos por causa da existência ou da possibilidade de existência de uma baixa qualidade.

As definições de custos de qualidade variam de acordo com a definição de qualidade e as estratégias adotadas pela empresa, que induzem a diferentes aplicações e interpretações (Crosby, 1994).

Percebe-se uma similaridade nas definições, pois abordam os gastos incorridos na conformidade de um produto isento de defeitos. Nesta dissertação define-se custos da qualidade como indicadores de desempenho, capazes de mensurar os processos e verificar financeiramente os gastos na manutenção do nível de qualidade.

Por sua vez, o objetivo dos programas de custo da qualidade é, de uma forma resumida, quantificar em forma de valores monetários, as medidas de um processo ou atividade qualquer (seja de produto ou de serviço), e, ao se criar parâmetros, permita controlar tais valores, servindo de ferramenta para a tomada de decisões e concomitantemente, auxilie no processo de melhoria contínua.

Juran e Gryna (1988), complementam ao detalharem um pouco mais os objetivos dos programas de custo da qualidade da seguinte forma:

- Transformar o problema da qualidade em parâmetros ou valores que sejam compreendidos pelos membros da alta administração. Como esses membros, em sua grande maioria, conseguem compreender de uma maneira muito mais rápida os dados que se relacionam com dinheiro, o custo da qualidade então utiliza-se deste procedimento para atrair a atenção destes para as necessidades da empresa em termos de qualidade (além de outros)
- Identificar as áreas com maiores potenciais de ganho (ou que mais influenciam nos custos): como em vários processos, sabemos que a influência da minoria dos itens colabora com a maioria dos resultados (curva ABC). Também não é diferente na qualidade. Assim, a avaliação dos custos de qualidade nos permitirá identificar esses itens.
- Evitar e/ou minimizar a insatisfação do cliente: algumas falhas só são percebidas quando já sob a posse do cliente. Essas falhas gerarão um custo de qualidade que servirá de alerta para a empresa, permitindo uma melhor identificação da área geradora da não conformidade, e conseqüentemente maiores chances de solução definitiva do problema.
- Contribuir para fortalecer a conscientização para a qualidade: uma vez que a avaliação destes custos resultará naturalmente em cobranças para a sua

minimização, implantar-se-ão maiores atividades para o combate à má qualidade que, conseqüentemente, reforçarão os conceitos positivos.

2.3 AS CATEGORIAS DE CUSTOS DA QUALIDADE

O escopo dos custos da qualidade tem sido estreito na sua concepção, sendo que Reid (2002) relata que empresas que medem os custos da qualidade têm focado no custo da má qualidade (falhas internas e falhas externas), que são mais fáceis de medir e entender. Medindo somente as falhas internas e externas não é possível quantificar quanto está sendo gasto para a manutenção dos níveis da qualidade.

Coral (1996) descreve que os custos da qualidade podem ser agrupados nos aceitáveis (caracterizados como aqueles que a empresa planeja gastar) e os não aceitáveis (sendo aqueles que a empresa deseja eliminar ou evitar).

Esta dissertação aborda a divisão dos custos da qualidade proposta por Feigenbaum (1991), que é descrita na figura 1 e detalhada posteriormente.

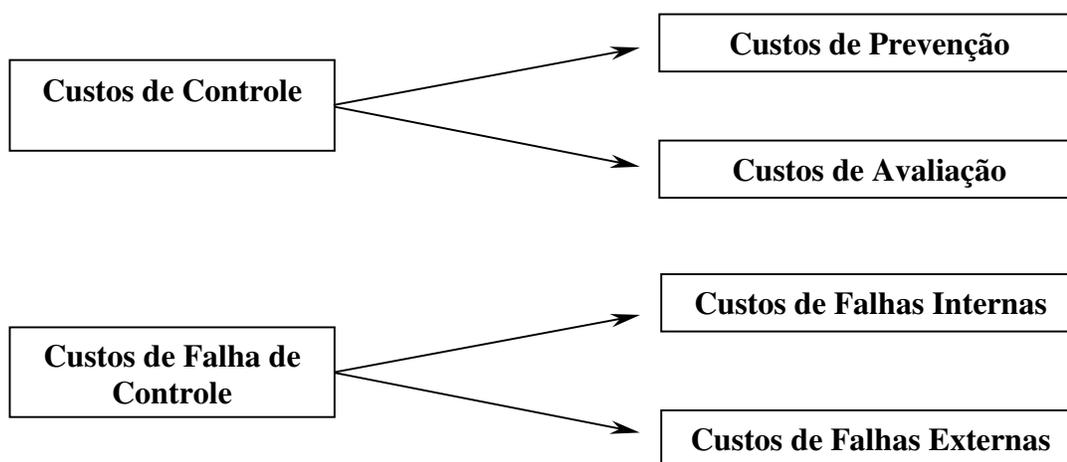


Figura 1 - As principais áreas do custo da qualidade.

Fonte: Feigenbaum (1991)

2.3.1 CUSTOS DE CONTROLE

O custo de controle é aquele oriundo das atividades executadas para impedir que as falhas ocorram. Estas falhas poderão ser internas ou externas.

Alguns consideram estes custos como um investimento para garantir a conformidade do produto ou serviço, esperando-se por isso um bom retorno do montante despendido, seja

em termos de lucros , ou, de uma forma menos quantitativa mas não menos importante, em termos de satisfação dos clientes e funcionários com o conseqüente reflexo na imagem da empresa.

Como se pode ver na figura 1, este custo é subdividido em dois outros, como segue:

Custos de prevenção

A esses custos se associa a prevenção propriamente dita. Todas as vezes que se investe nesta área, de alguma forma se estará minimizando os outros custos da qualidade.

Feigenbaum (1991) cita exemplos destes custos:

- Planejamento da qualidade: custos associados com o tempo gasto por funcionários tanto os que exercem funções de qualidade quanto os outros, quando estão planejando detalhes do sistema de qualidade, quando estão traduzindo os requerimentos de qualidade do cliente sobre controles específicos de manufatura na qualidade do material, processo, e produtos, podendo estar se usando de métodos formais, procedimentos ou instruções. Alguns outros trabalhos de planejamento da qualidade, como estudos de confiabilidade, análise da reprodução da qualidade, confecção de instruções ou procedimentos operacionais para teste, inspeção e controle do processo, também têm os seus tempos considerados no planejamento da qualidade.
- Controle do processo: quando se está analisando os processos de manufatura para se estabelecer um meio de controlar e melhorar a capacidade dos processos existentes; e quando se está dando suporte técnico para o pessoal de fábrica para aplicar ou implementar os planos de qualidade ou até mesmo para iniciar ou manter controles sobre os processos operacionais de manufatura. Os custos oriundos destas atividades, são considerados como de controle do processo. Deve-se ter cuidado para não confundir controle de processo com inspeção e teste. O controle do processo é direcionado para controlar problemas de processo e qualidade, e é um custo de prevenção, enquanto as inspeções e testes são consideradas custos de avaliação.
- Projeto e desenvolvimento de equipamento de informação de qualidade: quando se está projetando ou desenvolvendo controles, medições relativas à qualidade, seja

do processo, produto ou serviço. Os recursos gastos nessas atividades são considerados nesse item.

- Treinamento sobre qualidade e desenvolvimento da força de trabalho: são os custos para desenvolver ou realizar os programas de treinamento de qualidade, por todas as operações da companhia, para ensinar uso de técnicas ou programas para o controle da qualidade ou confiabilidade. Os treinamentos para a capacitação dos operadores em suas funções não são incluídos nessa categoria.
- Verificação do projeto do produto: custos da avaliação da qualidade, confiabilidade e aspectos de segurança do projeto durante a pré-produção de um produto.
- Desenvolvimento e gerenciamento do sistema: custos para desenvolver ou gerenciar o sistema de qualidade.
- Outros custos de prevenção: outros custos administrativos relativos à prevenção, como por exemplo, salários de gerentes e despesas de viagens.

Os custos de prevenção, em alguns momentos, se confundem com os de avaliação, até pela própria natureza tão próxima dos dois. Um exemplo pode ser visto quando o operador de manufatura está fazendo uma inspeção por amostragem em um lote. A atividade é de avaliação, mas quando o mesmo coleta dados para o lançamento em um gráfico de pré-controle, a atividade deve ser considerada como prevenção.

Nas atuais administrações, o custo da prevenção apresenta tendência de aumento, visto a constante busca de se “fazer certo da primeira vez”.

Custo de Avaliação

Estes custos são oriundos das atividades utilizadas para a determinação do grau de conformidade com os requisitos de qualidade. Visam à manutenção dos níveis de qualidade da empresa, através de análises, inspeções, ensaios etc..

Mais uma vez, conforme Feigenbaum (1991):

- Teste e inspeção de materiais comprados: são os custos oriundos das inspeções ou testes de qualidade sobre os materiais comprados. Pode também incluir o custo de viagens de funcionários para avaliar o material comprado na própria fábrica do fornecedor.

- Teste de aceitação de laboratório: custos, também relativos aos materiais comprados, gerados pela necessidade de testes de laboratórios para a avaliação dos mesmos.
- Laboratórios ou outros serviços de medição: custos relativos ao monitoramento dos processos, calibrações, manutenções de instrumentos e serviços de medições de laboratórios.
- Inspeção: refere-se aos recursos gastos ao se avaliar a conformidade /qualidade do produto manufaturado dentro da própria planta. E deve-se levar em consideração também os gastos indiretos como a supervisão e os funcionários do escritório envolvidos nessas atividades.
- Teste: semelhantemente ao item anterior, refere-se aos recursos gastos ao se avaliar o desempenho técnico dos produtos manufaturados dentro da própria planta. E deve-se levar em consideração também os gastos indiretos com a supervisão e os funcionários do escritório envolvidos nessas atividades.
- Trabalho de checagem: freqüentemente os operadores executam uma checagem da qualidade do seu próprio trabalho. Outras vezes, verificam a qualidade do produto ou processo em postos previamente planejados durante a manufatura. Selecionam e segregam então os lotes que não alcançaram os padrões de qualidade. Podem executar também outros tipos de avaliações conforme os planos de controle ou critérios de qualidade. Os custos resultantes dessas atividades devem ser alocados nessa categoria.
- *Set up* para teste e inspeção: referem-se aos custos da preparação ou ajuste do equipamento e mesmo do produto para se iniciar os testes funcionais.
- Equipamento e material de teste e inspeção de aparatos maiores: custos para se testar aparatos grandes, como vapor ou óleo, materiais e suprimentos usados em testes destrutivos como o *tear down* (teste destrutivo)
- Equipamento menor de qualidade: refere-se aos custos dos equipamentos menores de qualidade, geralmente não capitalizados.
- Auditorias de qualidade: aqui se registram os custos ocorridos nas auditorias.
- Endosso externo: custo dos testes de laboratórios externos etc..

- Manutenção e calibração de testes de informação de qualidade e equipamentos de inspeção: custos associados com o tempo gasto na manutenção e calibração de testes de informação de qualidade e equipamentos de inspeção.
- Produto - revisão da engenharia e liberação de embarque: refere-se aos gastos quando os engenheiros de produto analisam os testes e os dados de inspeção antes de liberar o produto para o embarque.
- Testes de campo: recursos gastos nos testes de campo do produto, quando realizados na planta do cliente antes da liberação final. Devem incluir custos de viagens, e afins.

É interessante dizer que apesar do custo de avaliação estar, em sua grande maioria, relacionado com as atividades do pessoal do Departamento de Qualidade, também se encontram atividades de avaliação executadas por outras áreas, como por exemplo, uma inspeção feita pelo próprio operador de montagem.

Na busca de um processo mais adequado de qualidade, a tendência é minimizar os custos de avaliação, através de uma melhoria no processo e investimento no custo da prevenção. Assim, os vários conceitos de qualidade direcionam para uma atuação mais voltada ao processo do que ao produto.

2.3.2 CUSTOS DE FALHA DE CONTROLE

São oriundos da produção de peças ou serviços fora dos requerimentos do cliente. Ele é dividido em duas subcategorias, como segue:

Custo das falhas internas:

Todas as vezes que se consegue detectar um produto ou serviço não conforme, antes de enviá-lo para o cliente, categoriza-se o custo referente a esse problema com o de falha interna:

Utilizando novamente os conceitos de Feigenbaum (1991), vêem-se abaixo, exemplos destes tipos de falhas:

- *Scrap*: refere-se às perdas dos materiais que não estão em conformidade com as exigências de qualidade. Quando o material for disponibilizado por outros motivos

como a obsolescência, o excesso de produção ou as mudanças no projeto do produto, esse material não deve ser categorizado nesse item.

- Retrabalho: é quando se necessita de um esforço extra para se obter a mesma qualidade que se obteria nas condições normais de produção. Se esse esforço se der para readequação do produto devido a uma alteração de projeto resultante de melhores análises das necessidades do cliente, então o custo não deve ser considerado nessa categoria.
- Custo de manuseio de material e retrabalho devido ao fornecedor: materiais rejeitados também geram custos adicionais que são, por exemplo, o do manuseio dos mesmos pelos funcionários das áreas. A emissão e negociação das reclamações também geram custos. Isso se refere também ao retrabalho devido a produtos não conforme, recebidos do fornecedor.
- Engenharia em contato com a fábrica: quando os engenheiros de produção ou de produto se envolvem na solução de problemas de produção relativos à qualidade, deve se computar esse gasto nessa categoria. Isso é, porém, diferente dos custos de desenvolvimento de engenharia no chão de fábrica.

Quatro outros tipos de custos que não estão relacionados por Feigenbaum (1991), foram citados por Juran e Gryna (1988). São eles:

- Inspeção 100% para a classificação: refere-se à seleção de peças defeituosas dentro de lotes de produtos.
- Reinspeção e novos testes: após as atividades de retrabalho, novos testes e inspeções devem ser feitos e os custos referentes a essas atividades devem ser registrados.
- Perdas evitáveis de processo: mesmo produtos conformes podem gerar custos, como por exemplo, quando os recipientes possuem excesso de produtos e os mesmos são enviados para o cliente que obviamente não paga por isso.
- Desvalorização: algumas vezes quando o produto não está conforme os padrões de qualidade, ainda assim ele consegue ser vendido, porém com um preço inferior ao normal. Essa diferença é a desvalorização do produto.

O custo da falha interna, apesar de totalmente indesejável, ainda assim é mais aceito que o da falha externa. Quando se consegue evitar despachar um produto não conforme, entre outras coisas, está se salvaguardando a imagem da companhia.

Custos das falhas externas:

Entre as categorias citadas, é o mais indesejável, pois está associado ao problema encontrado com produto ou serviço no cliente.

Feigenbaum (1991) define a categorização deste custo da seguinte forma:

- Reclamações em garantia: enquanto o produto estiver dentro do seu período de garantia, os custos das reclamações ocorridas em campo, assim como todas as atividades para a análise e solução do problema devem ser considerados nessa categoria.
- Reclamações fora da garantia: idem ao item anterior, porém, quando o período de garantia já foi expirado e mesmo assim os custos foram assumidos pela empresa.
- Serviços de produto: referem-se às atividades de correção de imperfeições ou a testes especiais não resultantes de reclamações de campo. Este não inclui serviços de instalação ou contratos de manutenção.
- Responsabilidade do produto: custos decorrentes do resultado de julgamento de responsabilidade relacionado com falhas de qualidade.
- *Recall* do produto: custos provenientes de *Recall* dos produtos ou componentes do produto.

Uma última categoria, citada por Juran e Gryna (1988) seria:

- “Concessões: custos das concessões feitas aos clientes em virtude de produtos abaixo do padrão e aceitos pelos clientes no estado em que se encontram ou de produtos conformes que não satisfazem às necessidades de adequação ao uso”.

2.4 CATEGORIAS DISCUTÍVEIS DE CUSTO

Alguns custos geram bastante dúvida quanto a sua categorização. Os principais motivos pelos quais discutem-se esses pontos é que se pode imaginar a maioria destes custos como “perdas naturais do processo” ou “despesas operacionais normais”.

Abaixo, seguem alguns dos exemplos citados por Juran e Gryna (1988):

- Desperdício inevitável de fabricação. Por exemplo, sobras retiradas do início de uma bobina de fio elétrico ou excesso de material de uma peça plástica moldada. Não são defeitos, mas sim, algo normal dentro de um processo operacional.
- Perda de lucro com o produto desperdiçado.
- Depreciação do equipamento de medição.
- Manutenção preventiva.
- Manutenção do ferramental.
- Outros.

2.5 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A CATEGORIZAÇÃO DOS TIPOS DE CUSTOS

Não existe impedimento de se flexibilizar as categorizações dos tipos de custos.

É muito mais sensato e proveitoso, que a empresa defina os seus tipos de custos, baseada em seu conhecimento, sua cultura e até mesmo seu modo de administração. Isso permitirá que o processo seja mais natural, evitando trabalhos extras e também uma possível burocratização do sistema. É importante porém, que se obedeça aos conceitos.

Essa categorização também deve ser um consenso dos vários departamentos da empresa, principalmente com a alta administração.

Deve-se também, no momento em que se iniciar o programa de custo da qualidade, ou mesmo para um programa corrente, observar com cuidado aqueles custos que acontecem rotineiramente numa empresa e que são aceitos como custos operacionais normais, mas, quando analisados criticamente, podem revelar grandes potenciais de melhorias.

Com relação ao custo de falhas, as referências bibliográficas, sem exceção, determinam que estes sejam pontos de convergência para o trabalho na redução dos custos da qualidade, ou seja, salvo algumas exceções, os projetos de redução de custo devem ser direcionados para a eliminação das falhas externas e internas, nesta ordem.

Tal fato é facilmente explicável pelos seguintes fatores (entre outros):

- As falhas externas possuem uma perda não mensurável que pode, em muitos casos, ser de proporções alarmantes, e que por não se conseguir quantificar, tem-se grande dificuldade de mantê-la sob controle, podendo causar prejuízos irreversíveis. Trata-se da imagem da empresa.

- As falhas externas podem colocar em risco a segurança dos usuários e da própria sociedade. Não obstante os governos estarem procurando cada vez mais proteger o consumidor, independentemente dos conceitos atuais das indústrias, através da lei de responsabilidade civil no Brasil e suas leis análogas em outras partes do mundo, a sociedade, como um todo, cobra maior responsabilidade das empresas em seu papel social.
- O custo da falha, interna ou externa, é registrado após o processamento completo ou parcial, do produto ou do serviço. Assim, é de se esperar que, dentro de um certo limite, esse valor se sobreponha aos outros na composição do custo final de um produto ou serviço.

De certa maneira, para se eliminar o custo da falha, seja ela externa ou interna, a empresa deve investir nos custos de controle.

Isso pode não ser uma condição *sine qua non*, porém a prática mostra que é, na grande maioria dos casos, uma condição real.

Mas até que ponto é válido gastar com o custo da prevenção e avaliação para economizar no custo da falha ?

Essa questão é abordada no item 2.6. Porém, é importante deixar registrado um dado citado por Ferreira (1993), mostrando que a alocação de recursos na prevenção e avaliação tornarão o processo tão mais robusto, que minimizarão os custos de falhas numa proporção superior ao investimento, gerando um custo total da qualidade menor que o anterior – Vide tabela 1

O exemplo refere-se ao desempenho do custo da qualidade, em porcentagem do faturamento, de uma empresa de equipamentos pesados.

	1980	1985	1990	1991	1992	1993
Prevenção	0.1%	0.3%	0.4%	0.5%	0.5%	0.6%
Avaliação	0.2%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.5%
Falhas Internas	12%	10%	5%	4%	2%	0.8%
Falhas Externas	8%	6%	4%	1%	0.8%	0.6%
Custo Total	20.3%	16.5%	9.7%	5.9%	3.8%	2.5%

Tabela 1 – Exemplo do desempenho dos custos da qualidade de uma empresa de equipamentos pesados (Porcentagem em relação ao faturamento).

Fonte: Ferreira (1993).

2.6 A MELHOR RELAÇÃO ENTRE OS CUSTOS DE CONTROLE E OS DE FALHA DE CONTROLE

A grande preocupação, no sistema de custos da qualidade, é a determinação do ponto ideal para se trabalhar as duas categorias de custos.

Pelo que foi exposto até agora, poderia se pensar que a situação ideal seria aquela onde os custos de falhas externas e internas fossem zero. Sem dúvida nenhuma, isso seria perfeito, porém tal situação, em algumas empresas, poderia elevar os custos de controle a patamares insustentáveis; em outras, com os seus modelos atuais de produção, seria algo impossível. Enfim, infelizmente essa determinação não é uma relação tão direta ou simples.

Até mesmo a utilização do histórico das empresas, como um potencial de solução desta equação não se mostra eficaz, pois além da grande dificuldade de acesso a esses dados, uma vez que são geralmente tratados como confidenciais, as empresas têm sistemáticas de locação distintas quanto ao custo da qualidade, o que de uma certa maneira desfigura o estudo. Por exemplo, o que para uma é *scrap*, uma segunda empresa pode considerar como perda natural de processo.

Juran e Gryna (1988) propõem inicialmente dois modelos (Vide figuras 2 e 4), apenas conceituais, de relacionamento dos custos da qualidade, sendo um para os processos já disponíveis e o outro para aqueles que estão surgindo.

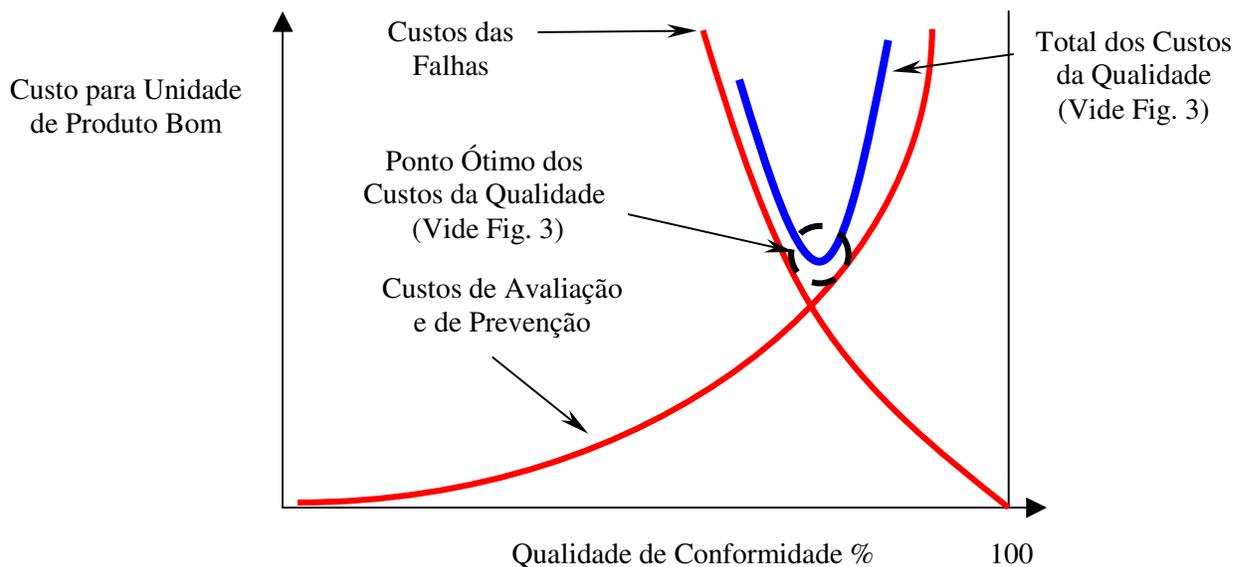


Figura 2 - Modelo para os custos de qualidade ideais: Processos já disponíveis.

Fonte: Baseado em Juran e Gryna (1988).

A figura 2, mostra as condições que prevaleceram no século XX. As avaliações eram de uma certa maneira baseadas no trabalho humano, sendo que os custos de avaliação e prevenção eram preponderantemente regidos pela avaliação.

Desta maneira, esta atividade era influenciada por fatores como o erro humano, os problemas ergométricos etc..

A prevenção, por sua vez, era precária devido ao baixo índice de tecnologia da época.

Assim, para que as falhas tendessem a zero, as atividades de avaliação e conseqüentemente seus custos, tenderiam para o infinito.

Obviamente o custo total da qualidade também tenderia ao infinito.

Como se pode ver na figura 2, o ponto ótimo da curva de custo total da qualidade, se localiza a um ponto relativamente distante da perfeição.

A figura 3 detalha melhor a curva do custo total da qualidade, dividindo-a em três áreas, dentro das quais podemos classificar as empresas.



Figura 3 - Zona do ótimo no modelo do custo da qualidade.

Fonte: Juran e Gryna (1988).

Ainda conforme Juran e Gryna (1988), fundamentados nos índices predominantes do custo da qualidade de uma empresa. Pode-se então, classificá-la em uma das três zonas do gráfico, como segue:

- Zona de aperfeiçoamento da qualidade: as empresas que se enquadram nesta zona o fazem pois os custos das falhas giram em torno de 70% do montante total, enquanto os de prevenção estão abaixo de 10 %. Verifica-se então, grandes potenciais de ganho com a redução do custo da falha, ou seja, a empresa deve voltar seus esforços na identificação de projetos de melhorias específicos com o intuito de melhorar a qualidade de conformidade.

- Zona de perfeccionismo ou zona de custos de avaliação elevados: nesta zona, o custo de avaliação excede o da falha. A oportunidade de redução de custos então, passa a ser da seguinte maneira:
 1. Verificar a real necessidade de custos de avaliação, proporcionalmente tão altos, através da comparação do custo da detecção dos defeitos com o prejuízo causado pela sua não detecção.
 2. Examinar se nossos padrões de qualidade não estão além do esperado pelo próprio cliente.
 3. Utilizar o histórico / conhecimento da capacidade do processo no intuito de reduzir o número de inspeções por meio de amostragem.
 4. Tentar evitar duplicidade de inspeções.
- Zona de indiferença: aqui se localiza o ponto ótimo da qualidade. Os custos das falhas, são aproximadamente metade dos custos da qualidade, e os de prevenção, giram em torno de 10%. De acordo com Motta (1997), “aqui os esforços de melhoria praticamente têm um retorno igual ao capital investido para a implementação da ação de melhoria. Uma unidade monetária investida nas atividades de prevenção e avaliação gera um retorno praticamente igual na redução dos custos de perda”.

O segundo modelo, sugerido por Juran e Gryna (1988), é mostrado na figura 4 a seguir, que representa as condições do final do século XX.

As atividades de avaliação e prevenção não são mais dominadas pela avaliação. O avanço tecnológico deste período permite que as empresas possam priorizar a prevenção. A minimização das variações do processo conseguidas pelo uso da tecnologia, a constante redução das falhas dos materiais e dos produtos, a substituição de alguns trabalhos humanos por robôs e outros meios de automação, a evolução dos equipamentos de testes e inspeção, tornaram possível se atingir a perfeição a custos finitos (o que não quer dizer obrigatoriamente aceitáveis).

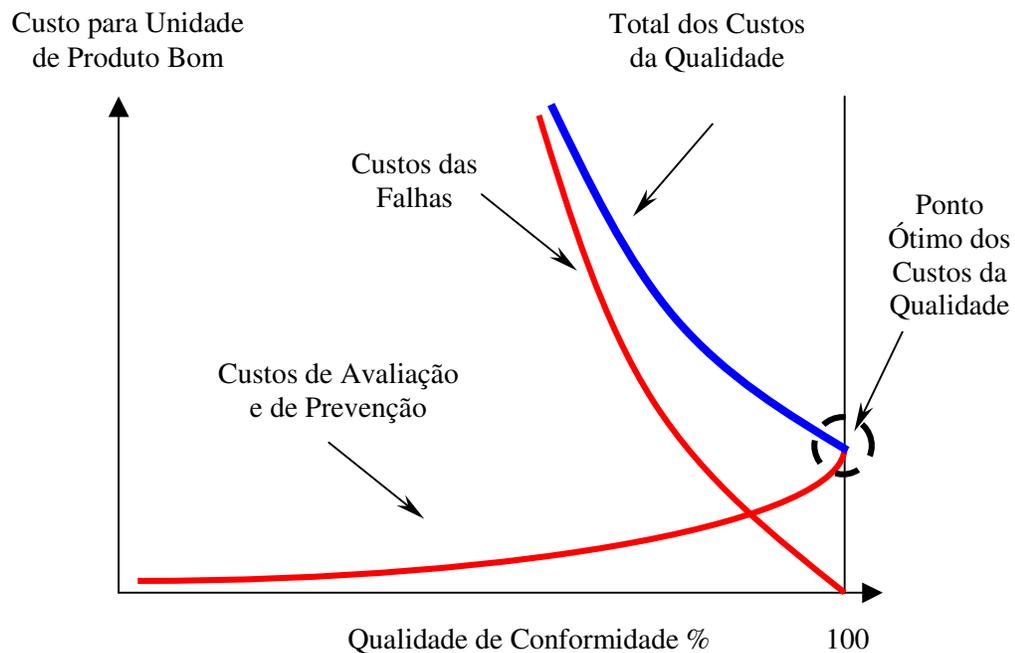


Figura 4 - Modelo para os custos de qualidade ideais: Processos que estão surgindo.

Fonte: Baseado em Juran e Gryna (1988).

Finalmente, por serem estes modelos puramente conceituais, é necessário cuidado quanto ao uso dos mesmos, porém o complemento dado por Juran e Gryna (1988) após a exposição destes dados, propiciam uma visão mais prática do fator “ótimo”: “O critério mais importante para avaliar se o aperfeiçoamento da qualidade atingiu o limite econômico é comparar os benefícios possíveis de projetos específicos com os custos envolvidos na concretização desses benefícios. Quando não existirem mais projetos justificáveis, o ideal foi atingido.”

Por sua vez Schneiderman (1986), cita que através das melhorias contínuas, conhecidas pelos japoneses como “Kaizen”, não necessariamente os custos terão que aumentar à medida que se vai aproximando do Zero Defeitos, pois, com o passar do tempo, os investimentos realizados tendem a reduzir. Por outro lado, os clientes tendem a ficar mais exigentes fazendo com que os custos das falhas externas aumentem. Neste contexto o ponto ótimo desloca-se, com o passar do tempo, para o zero defeito. É o modelo dos custos da qualidade ideal que sofre influência da variável tempo. Bérghamo (1991) concorda com Schneiderman (1986), ao afirmar que se pode alcançar um custo ótimo de qualidade ao mesmo tempo em que se diminui a quantidade de defeitos, aproximando-a de zero.

Bérghamo (1991) propõe que isso aconteça através dos esforços de:

- Evolução: são aqueles onde não se necessita de nenhum grande investimento para a minimização ou eliminação dos problemas. Obviamente alguns gastos são requeridos, mas basicamente o que se faz, é uma melhor utilização ou gerenciamento dos recursos / processos já existentes.
- Inovação: esse caso, diferentemente do anterior, exige investimentos. Esses investimentos no entanto, não são de grandes proporções.
- Revolução: nesse último tipo de esforço, tem-se o maior nível de investimento empregado. Estes investimentos podem se dar em diversas áreas como Recursos Humanos, Tecnologia etc..

Assim, através desses esforços de evolução, inovação e revolução, pode-se tender ao nível de zero defeitos com um custo ótimo de qualidade.

2.7 ALGUMAS APLICAÇÕES PARA O CUSTO DA QUALIDADE

O custo da qualidade é uma ferramenta que ajuda a melhorar o processo de decisão não só da alta administração, como também de níveis intermediários de chefia, permitindo um melhor conhecimento das relações entre custo e qualidade.

Sua aplicação não está voltada apenas para os produtos, mas estendem-se às áreas de finanças, de pessoal, marketing e outras áreas administrativas.

O custo da qualidade serve como uma ferramenta de medição. É um indicador de desempenho, mensurando os resultados dos investimentos em cada atividade de qualidade.

Segundo Motta (1997):

Além de um indicador de esforços de melhoria contínua, o custo da qualidade pode ser colocado como um importante indicador de desempenho da empresa e de programas de qualidade. Através de informações financeiras sobre os custos da qualidade, divididos nas suas categorias, decisões estratégicas podem ser tomadas pelos executivos.

Justificativas de investimentos podem então se utilizar desta ferramenta medindo as reduções nos custos das falhas como resultado do planejamento de qualidade ou até mesmo podem-se usar medidas comparativas para se avaliar os programas de qualidade em relação aos resultados atingidos.

Como é uma ferramenta de uso prolongado, não pontual, que consegue acompanhar os programas de qualidade, provê uma indicação realista do desempenho dos mesmos.

Estimativas de custos para concorrer a novos negócios de produtos ou serviços também podem ser auxiliadas por essa ferramenta que estará enriquecendo a acuracidade das cotações baseadas no histórico dos custos da qualidade.

Outras vezes, quando projetos ou programas dispõem de muitas ações a serem realizadas, mas são limitados os recursos financeiros, disponibilidades operacionais e disponibilidades de equipamentos, essa ferramenta pode significar um norteador para priorização dessas atividades.

Até a determinação do real ciclo de vida de um produto pode ser influenciada pelos custos da qualidade, uma vez que os mesmos identificam falhas de campo, despesas com assistência técnica etc..

Finalmente, não poderia deixar de ser citado, como uma aplicação extremamente importante do custo da qualidade, a sua contribuição para o incansável esforço das empresas para o aprimoramento da qualidade, a sua contínua melhoria e o seu desafio de alcançar o zero defeito.

2.8 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CUSTO DA QUALIDADE

Segundo Motta (1997), a implantação dos custos da qualidade em uma empresa que ainda não o possui, é dividida em cinco etapas:

- Implantar um programa piloto: o processo deve começar por uma área piloto para que se possa sensibilizar a alta gerência sobre a utilidade do sistema. Utilizam-se inicialmente os dados de custos que porventura possam existir na área. Caso os mesmos não existam, deve-se estimá-los. O objetivo é demonstrar a aplicação dos conceitos do custo da qualidade e principalmente a sua importância na iniciativa de redução dos custos e das perdas.
- Definir os elementos do custo da qualidade: definir quais são as atividades que compõem as diferentes categorias de custo. Essa definição não deveria ser feita por um departamento e imposta aos outros, mas sim, feita em consenso com os vários departamentos. Deve-se atentar para o custo da falha, visto a sua importância, sendo recomendável também que o mesmo seja sempre separado em falhas internas e falhas externas.
- Coletar dados: após definidas as atividades, inicia-se a coleta de dados. Vários desses dados poderão já estar disponíveis no sistema atual da contabilidade, outros

poderão ser obtidos desse mesmo sistema, após algum tipo de refinamento do mesmo; e, outros ainda, deverão estar sendo introduzidos pela primeira vez no sistema. Isso tudo pode e deve ser feito com o acompanhamento do departamento de Qualidade.

- Resumir e analisar os resultados: para possibilitar a análise dos dados, além das categorias já definidas (Prevenção, Avaliação e Falha), os custos da qualidade podem também ser estratificados de outras maneiras, como por exemplo, por divisão ou departamento. Isso permitirá que os recursos sejam melhor direcionados na solução dos problemas
- Auditar o sistema: a simples implantação do sistema não é garantia da boa utilização do mesmo. É preciso que ele seja auditado constantemente para se assegurar que os dados estão sendo colhidos e trabalhados da melhor forma possível.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA SEIS-SIGMA

3.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

O nome “Seis-Sigma” foi criado pela Motorola, que deu origem a esse programa na década de 80.

Segundo Pyzdek (2003), a Motorola se sentia ameaçada por concorrentes externos que conseguiam conferir aos produtos deles, uma melhor qualidade e custos inferiores ao dela. Na década de 70, uma fábrica de televisores da Motorola, nos Estados Unidos, passou a ser controlada por uma empresa japonesa. O modo de operação dessa fábrica sofreu drásticas mudanças e a mesma passou a produzir os televisores com um desempenho de qualidade bem melhor que o existente durante a gestão anterior. O produto passou a ser fabricado com um vigésimo do número de defeitos que possuía anteriormente, e a melhoria se deu sem que se necessitasse trocar a força de trabalho, a tecnologia ou os projetos, deixando evidente que o cerne da questão estava basicamente no gerenciamento da empresa.

A questão da qualidade estava se tornando crucial, uma questão de sobrevivência da empresa.

Foi assim que em meados de 1980, movido pelo compromisso com a qualidade, e conseqüente ganho financeiro, Bob Galvin, então presidente executivo da Motorola, iniciou o direcionamento da empresa rumo ao Seis-Sigma.

3.2 A ESTATÍSTICA DO SEIS-SIGMA

O termo “Sigma”, por sua vez, possui também uma conotação estatística. Ele é uma letra proveniente do alfabeto grego que representa uma medida utilizada pelos estatísticos para mensurar a variabilidade de um processo qualquer. Assim, pode-se dizer também que a estratégia Seis-Sigma mede a proporção pela qual qualquer processo de trabalho desvia de seu objetivo.

Como várias outras metodologias ou ferramentas para a gestão da qualidade, o Seis-Sigma possui um forte embasamento na matemática estatística.

Para um melhor entendimento, se faz então necessário rever alguns conceitos básicos de estatística.

Os conceitos apresentados são o desvio-padrão e o nível de qualidade de um processo.

3.2.1 DESVIO-PADRÃO (σ)

Em um processo real de fabricação é impossível se ter 100% dos produtos ou serviços exatamente iguais, sem nenhuma variação.

Todo resultado de um processo, produto ou serviço, varia em torno de um valor médio. A essa variação dá-se o nome de “Dispersão do Processo”. O valor dessa variação pode ser quantificado através do Desvio Padrão ou Sigma.

Sigma (σ) é uma letra grega que, por convenção, é utilizada para representar o desvio padrão de uma distribuição.

Seu valor pode ser estimado calculando-se o desvio padrão de uma amostra extraída da população.

Assim, o Sigma é na prática, uma quantificação estatística da variabilidade ou da não - uniformidade de um processo.

A equação matemática para o desvio-padrão de uma população de N elementos, segundo Newbold (1994) é:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}}$$

Equação 1 – Desvio-padrão

Onde:

$\sigma =$ Desvio-padrão;
 $X_i \dots X_N =$ Valores dos membros da população;
 $\mu =$ Média da população.

Uma vez que o Sigma representa a dispersão do processo, quanto maior é o seu valor, maior é a variabilidade no produto final, e, conseqüentemente, menos confiabilidade se pode aferir do mesmo.

3.2.2 VARIAÇÕES NORMAIS E ESPECIAIS DE UM PROCESSO

O desempenho de um processo é melhor visualizado quando se compara sua variação com os limites de especificação, ou seja, desempenho de um produto / serviço é medido pela diferença (folga) que existe entre as especificações do projeto (que representa o que o cliente considera “conforme”) e a variação real do produto / processo.

As especificações de projeto são conhecidas como: LSE e LIE De acordo com Feigenbaum (1991), as variações de um processo de produção podem ser de dois tipos, as variações não normais e as normais.

As variações não normais são causadas por algum fator especial, e às vezes são temporárias. Podem também, muitas vezes, ser eliminadas sem muitos gastos.

As variações normais, por outro lado, não são causadas por nenhum fator especial. São representativas portanto, do método de manufatura da planta, e por esse motivo, a sua redução pode exigir um grande uso de recursos, pois poderá depender da aquisição de novos equipamentos, alteração do processo de manufatura etc..

Essa diferenciação entre o que é uma variação normal e uma variação não normal é muito relativa, pois o que é normal para uma máquina ou operação pode ser muito diferente de uma variação normal para outra máquina ou operação, mesmo quando estamos fabricando o mesmo produto.

Imaginando –se então que em um certo processo só estejam ocorrendo variações normais, diz-se então que o processo está em “estado de controle estatístico”.

Para avaliar se o processo encontra-se ou não em um “estado de controle estatístico” um dos métodos utilizados é o gráfico de controle, cujo pioneiro foi o Dr. Walter A. Shewhart.

3.2.3 NÍVEL DE QUALIDADE DE UM PROCESSO

Uma das maneiras de se analisar o desempenho de um processo é verificando a capacidade que o mesmo tem de produzir peças dentro dos padrões de conformidade, ou seja, o seu nível de qualidade.

Segundo Rotondaro (2002), quando no processo se tem dados do tipo variável, utiliza-se das médias e desvios padrões para se calcular a capacidade do mesmo, o que não acontece quando os dados são do tipo atributo. Nesse caso, por não se ter média e desvio padrão, deve se usar outros conceitos, como por exemplo, o DPMO A equação para o DPMO, segundo Rotondaro (2002) é:

$$\text{DPMO} = (\text{Nr. de Defeitos} \times 1.000.000) / (\text{Nr. de Oportunidades} \times \text{Nr. de Unidades})$$

Equação 2 - DPMO

Como o objetivo deste capítulo não é o cálculo da capacidade do processo, e sim o entendimento da probabilidade de obter produtos não conformes, em processos Seis-Sigma, optou-se em trabalhar com conceitos de um processo com dados do tipo variável, para facilitar o entendimento.

Assim, um produto tem, em seu projeto, as tolerâncias para as medidas nominais das suas diversas características. Essas tolerâncias de projetos são chamadas de Limite Inferior de Especificação, no caso da tolerância mínima de um dado valor e Limite Superior de Especificação, no caso da tolerância máxima. Esses limites são as delimitações para se considerar tal dimensão ou valor como conforme.

De acordo com Wilson (2000), quando se fala que um processo tem o nível de qualidade três sigma, quer dizer que o valor do sigma, ou seja, do desvio padrão, deve ser tal, que a diferença entre o Limite Superior de Especificação e o Limite Inferior de Especificação seja igual a 6 vezes o valor deste Desvio Padrão (sendo 3 sigmas acima da média e 3 abaixo)

Conseqüentemente, um processo Seis-Sigma deverá ter uma variabilidade do produto final (σ) pequena o suficiente para permitir que a diferença entre os limites superior e inferior de especificação englobem 12σ ($\pm 6\sigma$).

Essa definição de que Seis-Sigma representava um total de 12σ (ou seja $\pm 6\sigma$) dentro dos limites de especificação foi uma terminologia criada pela Motorola e causou alguma confusão, uma vez que na terminologia original, Seis-Sigma representaria 6 Desvios Padrão dentro dos limites de especificação (ou seja, $\pm 3\sigma$ e não $\pm 6\sigma$).

Segundo Wilson (2000), “A Motorola havia procurado um nome de fácil memorização para causar um impacto na organização, quando o novo conceito de redução da variação fosse apresentado”

Assim, para a Motorola, o Seis-Sigma devia ser tal que a tolerância do projeto permitisse englobar duas vezes a variação do processo.

Segundo Mitchell (1992), um processo típico possui uma variação de $\pm 3\sigma$ sobre a média, veja figura 5.

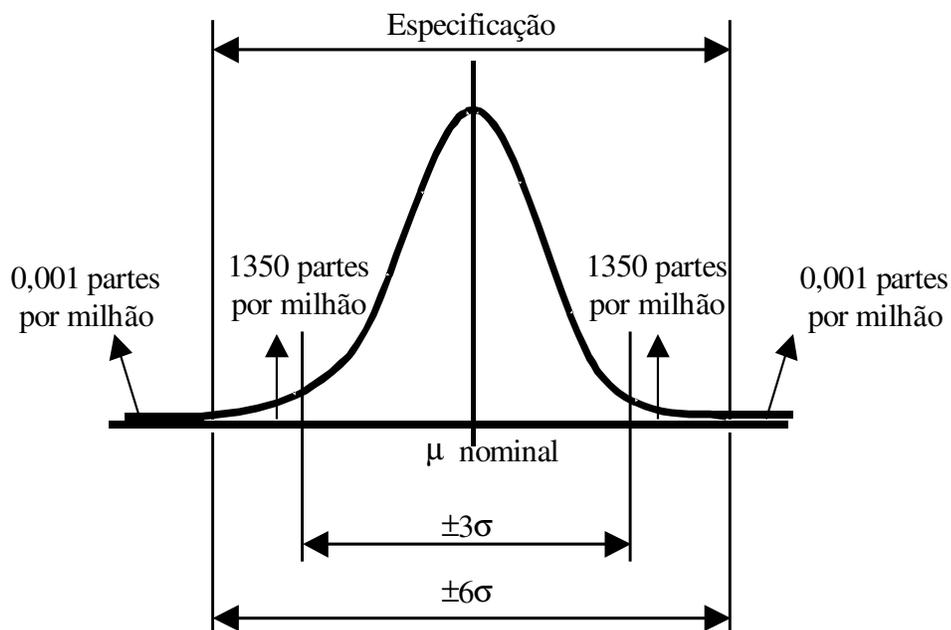


Figura 5 - Distribuição com a média centrada na especificação nominal.
Fonte: Mitchell (1992).

Conforme a tabela 2, um nível 3σ engloba 99,73% da totalidade da distribuição, para uma distribuição normal centrada. Esta tabela mostra, para diversos níveis de qualidade, o percentual de produto que estaria dentro dos limites de especificação (%) e também, a proporção fora destes limites (em PPM)

Limite de especificação	Percentual de peças dentro dos limites	Defeitos PPM (Proporção de peças fora dos limites)
± 1 sigma	68,27 %	317300
± 2 sigma	95,45 %	45500
± 3 sigma	99,73 %	2700
± 4 sigma	99,9937 %	63
± 5 sigma	99,999943 %	0,57
± 6 sigma	99,9999998 %	0,002

Tabela 2 – Gráfico de distribuição normal centralizada.
Fonte: Kumpera (1999).

Desta maneira, em um processo de nível de qualidade três sigma, onde a média estivesse centrada, o mesmo teria como resultado uma produção de 0,27% de peças não conformes, ou seja, 2.700 ppm (partes por milhão).

Analogamente, o processo de nível de qualidade Seis-Sigma, com a média centrada, deve gerar 0,002 não conformidade por milhão de oportunidades, como se pode ver também na figura 5, e tabela 2.

Segundo Mergulhão (2003):

A abordagem para qualidade Seis-Sigma é apresentada fornecendo no máximo 3,4 partes por milhão de defeitos e não 0,002 por milhão, conforme o apresentado. Essa diferença ocorre devido, principalmente, às causas especiais de variação, tais como a instabilidade de materiais e componentes. Dessa forma é considerado um deslocamento inerente da média do processo de $\pm 1,5\sigma$.

Harry (1998) cita outros fatores como sucessivas operações de *set up*, trocas de materiais e reafiações de ferramentas, que influenciam nesse deslocamento da média (veja figura 6).

Causas especiais de variação também acontecem em processos de serviços, sendo exemplo delas, a falha de treinamento e problemas de comunicação.

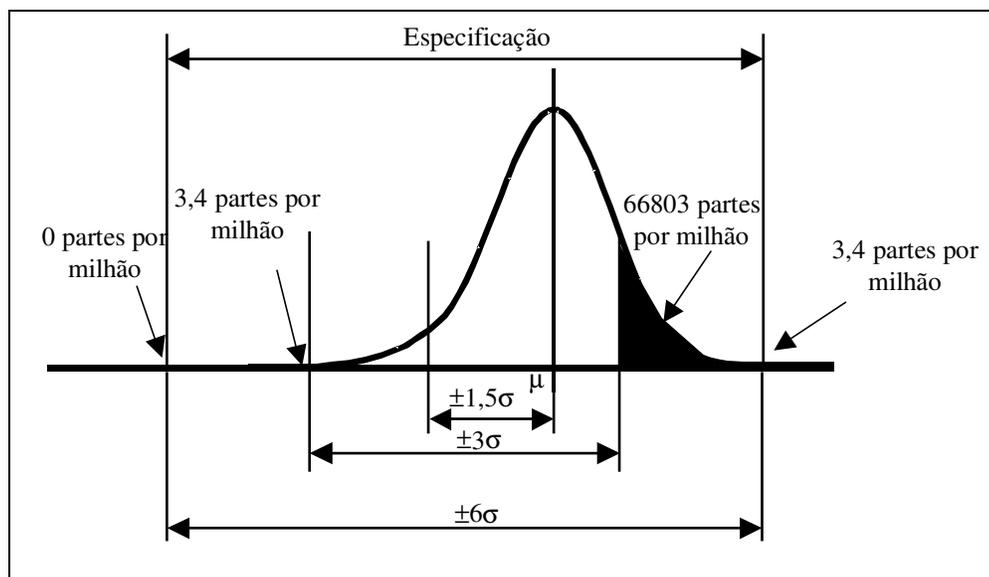


Figura 6 - Distribuição com a média deslocada da especificação nominal em $1,5\sigma$.

Fonte: Mitchell (1992).

Já para Rotondaro (2002), quando se calcula a capacidade de um processo Seis-Sigma com a média da população estando centrada, está se calculando a capacidade potencial do mesmo, denominando-a de “curto prazo”, e devendo-se obter o valor de seis desvios-padrão.

No entanto, devido à dificuldade de se manter o processo sempre centrado, visto que o mesmo é influenciado por vários fatores que geram um deslocamento da sua média, a capacidade obtida e difundida para um processo Seis-Sigma é a denominada de “longo prazo”, que leva em consideração esse deslocamento.

O valor do deslocamento é aceito como não superior a 1,5 desvio-padrão, o que gera uma probabilidade de 3,4 partes por milhão de defeituosos.

Assim, em resumo, a capacidade de curto prazo considera que a média do processo é centrada, havendo uma diferença de Seis-Sigma entre ela e o limite inferior de especificação, e entre ela e o limite superior de especificação. Já na capacidade de longo prazo, essa média pode se deslocar do centro do processo em 1,5 desvio padrão, criando uma diferença entre ela e o limite inferior de especificação ou o limite superior de especificação de 4,5 desvios-padrão, e gerando um índice de 3,4 ppm.

3.3 CONCEITOS DO SEIS-SIGMA

De acordo com Rotondaro (2002),

Seis-Sigma é uma filosofia de trabalho para alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial, por meio da compreensão das necessidades do cliente (internas e externas). É um conceito que se concentra no cliente e no produto.

Seis-Sigma é uma metodologia estruturada que incrementa a qualidade por meio da melhoria contínua dos processos envolvidos na produção de um bem ou serviço, levando em conta todos os aspectos importantes do negócio. O objetivo do Seis-Sigma é conseguir a excelência na competitividade pela melhoria contínua dos processos.

Seis-Sigma é uma estratégia gerencial de mudanças para acelerar o aprimoramento de processos, produtos e serviços. O termo sigma mede a capacidade do processo em trabalhar livre de falhas. Quando falamos em Seis-Sigma, significa redução da variação no resultado entregue aos clientes em uma taxa de 3,4 falhas por milhão ou 99,99966 % de perfeição.

Pyzdek (2003) enriquece o conceito citando:

Seria um erro achar que Seis-Sigma trata qualidade no sentido tradicional. A qualidade, definida em geral como conformidade com os requisitos internos, pouco

tem a ver com o Seis-Sigma, que, na verdade, se ocupa mesmo é de ajudar a empresa a ganhar mais dinheiro. Para relacionar esse objetivo à qualidade, é necessário redefinir o conceito de qualidade.

Para fins de Seis-Sigma, defino qualidade como o valor agregado por esforço produtivo. A qualidade se apresenta de duas formas: “qualidade potencial” e “qualidade efetiva”. Qualidade potencial é o máximo valor agregado possível de *input*. Qualidade efetiva é o atual valor agregado por unidade de *input*. A diferença entre uma e outra é o desperdício.

Blakeslee Jr. (2000) divide o objetivo do Seis-Sigma em dois níveis, o estratégico e o operacional, onde no primeiro, o Seis-Sigma busca alinhar uma empresa com seu mercado de maneira a obter e distribuir melhorias reais, em termos de lucro. No nível operacional, o objetivo é reduzir a variação do processo, mudando os atributos do produto ou serviço, dentro dos limites especificados pelo cliente

Segundo Wilson (2000), “para alcançar o Seis-Sigma com êxito, o programa deve possuir uma metodologia padrão. O que a organização e todos os seus funcionários devem fazer para alcançar o Seis-Sigma precisa ser muito bem definido e padronizado por todos na organização...”

O Seis-Sigma também procura padronizar o uso de métodos estatísticos, o que cria uma linguagem comum que permite uma melhor comunicação e um maior entendimento entre os indivíduos, facilitando também a comparação de resultados.

Muitas vezes se torna mais simples implementar programas de melhorias em áreas onde se consegue obter coeficientes e medidas com certa facilidade. O desafio do Seis-Sigma porém, é também desenvolver atividades em áreas administrativas e de serviços.

Segundo Wilson (2000), “os processos não- técnicos, como de compras ou funções do departamento de finanças são considerados invisíveis, pois seus elementos não são físicos ou tangíveis como os elementos do processo de produção”. Tais processos não são tão mensuráveis quanto os técnicos. Isso dificulta a sua medição e conseqüentemente o seu controle.

Isso não impede porém que a metodologia Seis-Sigma otimize tais processos. Geralmente nesses casos, nem todas características são otimizadas, e sim, apenas aquelas definidas como críticas à qualidade.

3.4 FORMA DE ATUAÇÃO DO SEIS-SIGMA

Segundo Wilson (2000), o Seis-Sigma pode atuar de várias formas na empresa:

- **Benchmark:** o Seis-Sigma, ao definir o nível-sigma de um processo, está criando um parâmetro que permite comparar o nível de qualidade não só dos processos, mas também dos departamentos, operações etc..
- **Meta:** é uma meta de qualidade. Essa meta não é necessariamente zero defeitos, mas é algo extremamente próximo, que seria na verdade, 3,4 partes por milhão de unidades defeituosas.
- **Medida:** é uma medida para determinado nível de qualidade. O número de não-conformidade ou unidades defeituosas em processo Dois-Sigma, por exemplo, não é muito alto. Quando comparado com um processo Quatro-Sigma, vê-se que este último tem um nível de qualidade significativamente melhor. Assim, o nível de qualidade do processo vai melhorando à medida que o mesmo vai englobando um número maior de Sigmas.
- **Filosofia:** é a busca interminável do zero defeito. É uma filosofia de melhoria perpétua.
- **Estatística:** é uma estatística que permite avaliar o desempenho de uma característica em relação à especificação ou à tolerância.
- **Estratégia:** é uma estratégia envolvendo a inter-relação entre o projeto de um produto, sua fabricação, sua qualidade final, os reparos no produto, etc.. Envolve os serviços e até o processo de entrega, assim como a influência que eles possam ter sobre a satisfação do cliente.
- **Visão:** é a visão de levar a organização ao primeiro lugar em seu ramo. É exceder as expectativas do cliente.

3.5 INGREDIENTES-CHAVE PARA IMPLEMENTAÇÃO EFETIVA DO SEIS-SIGMA

Apenas o objetivo e a vontade de implementar a metodologia Seis-Sigma em uma empresa não são suficientes para assegurar o sucesso da iniciativa.

A metodologia, como a maioria dos processos, possui determinadas características fundamentais que devem ser controladas ou melhor trabalhadas para intensificar a possibilidade de sucesso.

São características necessárias para uma efetiva implementação do programa Seis-Sigma, e foram chamadas de ingredientes-chave por Antony e Banuelas (2002).

A seguir, ainda segundo Antony e Banuelas (2002), descreve-se esses ingredientes-chave:

- **Envolvimento e comprometimento da administração:** é preciso que a alta administração esteja pessoalmente envolvida no processo e disposta a disponibilizar os recursos necessários. O suporte à iniciativa precisa ser constante para que a importância dada por todos não decline, e conseqüentemente impeça o progresso das atividades.
- **Mudança cultural:** toda empresa possui uma cultura estabelecida por suas experiências e modelos administrativos. A metodologia Seis-Sigma precisa encontrar solo fértil para o seu desenvolvimento e a cultura da empresa. A motivação e a atitude de cada um de seus funcionários, seja da alta administração ou dos operários diretamente envolvidos nos processos ou serviços da companhia, representa esse solo. As pessoas precisam ter atitudes e comportamentos corretos. O processo de mudança cultural é bastante árduo. Antes de qualquer coisa, é preciso que todos estejam cientes da necessidade das mudanças, o que deverá minimizar a natural resistência pelo desconhecido. “Companhias que têm tido sucesso no gerenciamento de mudanças identificaram que a melhor maneira de enfrentar as resistências às mudanças é através do aumento e sustentação da comunicação, motivação e educação” (Antony e Banuelas, 2002).
- **Infra-estrutura da organização:** não só a alta administração é parte da estrutura do Seis-Sigma, mas também os funcionários que praticam o programa, os quais são altamente treinados / capacitados, tanto em estatística, como em gerenciamento de projetos e liderança. As iniciativas são geralmente lideradas pelos *Champions*, seguidos pelos *Master Black Belts*, *Black Belts*, *Green Belts* e outros membros que suportam a equipe nos diferentes projetos. Outra figura da estrutura são os *Sponsors*. A preocupação com o tempo e a disponibilidade dos recursos também são fatores importantes
- **Treinamento:** existe uma estrutura de cinturões (*Belts*) que é utilizada para facilitar os ajustes iniciais e a execução dos projetos. Esse sistema além de proporcionar uma linguagem única entre os indivíduos da empresa, ajuda a definir o currículo de

cada participante e também seus papéis e responsabilidade nos projetos. A carga de treinamento é extensa e bem definida, porém pode variar de empresa para empresa. A estrutura dos cinturões, porém deve permanecer semelhante.

- Habilidades de gerenciamento de projetos: o gerenciamento dos projetos é muito importante para assegurar o sucesso dessa metodologia, uma vez que a mesma é basicamente concebida através dos vários projetos. Muitos dos projetos não têm sucesso por causa do mau gerenciamento.
- Seleção e priorização dos projetos, revisão e acompanhamento: é preciso cuidado com a seleção e a priorização dos projetos. Uma escolha infeliz pode fazer com que os resultados demorem a aparecer, gerando decepções. Basicamente, para uma adequada seleção, é preciso verificar os benefícios que o projeto trará ao negócio, (impacto financeiro, impacto junto ao cliente etc.), a viabilidade do mesmo (quão difícil é a concretização do projeto) e o impacto na própria organização (o que a organização ganhará com essa escolha). Quanto à revisão do projeto, a mesma deve acontecer periodicamente, pois isso permitirá evidenciar os problemas que vão surgindo durante o processo e facilitará disponibilizar recursos para assegurar a finalização adequada do mesmo. A empresa também deve acompanhar o andamento de cada um dos projetos.
- Entendimento das técnicas, ferramentas e metodologia Seis-Sigma: uma parte importante do treinamento no Seis-Sigma está no aprendizado da metodologia DMAIC. Os funcionários precisam também ser treinados em técnicas e ferramentas para a melhoria dos processos, ferramentas de liderança etc.. Muitos dos projetos não necessitam de técnicas estatísticas muito complexas, podendo ser concluídos com o uso de algumas ferramentas de qualidade ou estatísticas mais simples. Outros projetos porém, podem requerer técnicas mais apuradas, como o DOE por exemplo. Independente da complexidade do projeto, sempre é necessário se ter indicadores claros para que se possa medir o desempenho do processo frente aos requerimentos do cliente.
- Ligar o Seis-Sigma à estratégia do negócio: é muito importante cuidar para que o Seis-Sigma não seja apenas uma boa coleção de ferramentas estatísticas ou de qualidade. Ele deve estar ligado à estratégia do negócio.

Uma vez que o objetivo de toda organização é ter lucro, os projetos de Seis-Sigma fazem processos de negócio rentáveis enquanto atacam a variabilidade que gera alta taxa de refugo, alta taxa de retrabalho, baixa produtividade etc.. Em cada um dos projetos, a ligação entre os objetivos do projeto e a estratégia do negócio deve ser identificada. (Antony e Banuelas, 2002).

- Ligar o Seis-Sigma ao cliente: é preciso inicialmente conhecer a empresa e suas atividades, para assim poder ligar o programa Seis-Sigma aos seus clientes, o que é fundamental para o sucesso do mesmo. Assim, é preciso identificar os principais processos da empresa, os *outputs* dos mesmos e os seus clientes e após, definir as necessidades desses. A identificação das Características Críticas para a Qualidade (CTQs) é muito importante, para que isso possa ser concretizado.
- Ligar o Seis-Sigma aos Recursos Humanos: vários exemplos mostram que empresas com bom desempenho, ligam suas recompensas às estratégias do negócio. Assim não deveria ser diferente para o Seis-Sigma. Um exemplo atual dessa ligação está no modo com que a GE trabalha esse fato, fazendo com que as promoções só aconteçam se o funcionário tiver treinamento em Seis-Sigma e também um projeto concretizado.
- Ligar o Seis-Sigma ao fornecedor: empresas com nível de qualidade Seis-Sigma deverão ser prejudicadas em seu desempenho se possuírem fornecedores com um baixo nível de qualidade. Por isso, várias delas concordam ser importante estender esse processo para seus fornecedores.

3.6 A EQUIPE DO SEIS-SIGMA

O Seis-Sigma não necessita de novas contratações para obter os resultados esperados. Pelo contrário, um dos objetivos é que a organização toda passe por um processo de mudança de cultura de tal modo que cada um dos funcionários se sinta como peça fundamental para o perfeito andamento dessa metodologia.

É um processo fundamentalmente *Top Down*. Assim, é crucial em uma organização, que se proponha implantar o Seis-Sigma, que seus principais líderes estejam convencidos da necessidade do mesmo para a condução dos seus negócios.

Através da mudança cultural da alta liderança, se propagará a mudança nos demais gerentes, e assim sucessivamente até o ponto em que se alcançarão os funcionários envolvidos nos processos de serviço e de fabricação.

“Um dos mais importantes elementos do Seis-Sigma é o papel que cada um executa. Este é o lado do Poder das Pessoas da Equação”, Chowdhury (2001).

A seguir, baseado em Chowdhury (2001), citam-se os elementos humanos que compõem uma equipe de Seis-Sigma e quais suas funções:

Executive Champion: é a insígnia mais alta da equipe. Deve ser cauteloso e exigente na escolha das pessoas que consolidarão o processo Seis-Sigma. Deveriam elas, serem os funcionários mais valiosos da corporação. O *Executive Champion* seleciona o *Deployment Champion* e o *Project Champion*, que, por sua vez, devem participar do mais alto nível da corporação.

Deployment Champion: “Fornece liderança, comprometimento, e trabalho para implementar Seis-Sigma por todo seu negócio”.

Project Champion: são gerentes de diferentes níveis da organização que definem os estudos ou projetos. Ele não é um membro ativo da equipe. Por outro lado, ele acompanha o progresso da equipe e fornece comprometimento e suporte, fortalecendo assim os membros da equipe. Não só supervisiona os *Black Belts* e seus projetos mas também ajuda-os, quebrando as barreiras da corporação, criando sistemas de suporte e trabalhando para que os recursos necessários estejam disponíveis para executar os trabalhos. Devido ao seu nível hierárquico, sua atuação é fundamental para o sucesso da equipe. Também ajudam a garantir que as pessoas dêem foco somente no projeto que estão trabalhando, evitando quando necessário, que os funcionários-chave estejam direcionados para várias atividades ao mesmo tempo, o que é muito comum, e que faz com que não se obtenham bons resultados em nenhuma delas.

Master Black Belts: são os gerentes dos projetos. É imprescindível que possuam conhecimento e experiência. Ajudam os *Champions* a selecionar os projetos e também trabalham para eliminar os obstáculos que impedem o sucesso de uma equipe. Algumas vezes, quando se está iniciando a implantação do Seis-Sigma, esse papel é executado por consultores externos, que ensinam as técnicas dos Seis-Sigma para os candidatos à *Black Belt* escolhidos pela empresa. Treinam e auxiliam a coordenação das pessoas que estarão fazendo o trabalho do dia-a-dia do projeto. Também reportam o status dos projetos. São grandes responsáveis por

criar mudanças fundamentais e perenes. Precisam ter a habilidade de escolher os projetos certos e as pessoas certas, além de saber ensiná-las, coordená-las e monitorá-las. O *Master Black Belt* deve trabalhar integralmente com os projetos Seis-Sigma.

Black Belts: diferentemente dos componentes anteriores, esses são membros ativos da equipe. A coordenação geral das atividades e processos da equipe está sob sua responsabilidade. Direcionam os membros da equipe e a utilização dos recursos, acompanham as metas e planos, gerenciam os programas e obrigações administrativas desta. Necessitam ter as qualidades de um bom líder, pois é essa sua principal função, além de que o sucesso do projeto depende fundamentalmente das suas habilidades. Portanto, além de conhecimento técnico, precisam também ter habilidades gerenciais. Têm que ser um exemplo a ser seguido pelos membros, ao mesmo tempo em que inspiram confiança à administração. Sua paixão pela metodologia deve ser capaz de torna-lá uma realidade. Seu treinamento geralmente dura 4 semanas, sendo que a cada semana, eles retornam ao seu local de trabalho para por em prática o que aprenderam. Aprendem como medir, analisar, melhorar e controlar os processos, têm uma forte instrução em estatística e outras ferramentas usadas nos projetos Seis-Sigma. Juntamente com os *Master Black Belts*, os *Black Belts* são os únicos da cadeia que trabalham em tempo integral nos projetos de Seis-Sigma. Os executivos e *Champions* dizem o que deve ser feito enquanto os *Master Black Belts* e *Black Belts* decidem como fazê-lo.

Green Belts: são funcionários que mantêm seus empregos regulares, mas contribuem para uma ou mais equipes, de acordo com os seus conhecimentos. Fornecem aos *Black Belts* mão de obra e conhecimento para que os mesmos realizem seus projetos. Assim como todo o grupo, são também treinados em Seis-Sigma, portanto falam a mesma linguagem e trabalham para alcançar o mesmo objetivo.

3.7 FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA ALCANÇAR O SEIS-SIGMA

Existe uma variedade de ferramentas, técnicas e métodos utilizados na busca do Seis-Sigma, como por exemplo: planejamento de ação, análise de variância, *benchmarking*, diagrama causa e efeito, gráficos de controle, análise de custo/benefício, estatística descritiva, gerenciamento de reuniões, mapeamento do processo e análise do valor.

Apenas para descrever algumas ferramentas, tem-se o TMAP que visa definir o problema e também os objetivos que se quer alcançar, indicando um possível caminho a percorrer. Tem-se também o PMAP, que é usado para registrar informações das atividades

que direta ou indiretamente estão relacionadas com o processo. Isso permite que a equipe consiga visualizar melhor o processo, e assim buscar dados que não são ainda claros ou não estejam ainda registrados. No PMAP, para cada etapa do processo (que pode ser uma determinada estação, atividade etc.) descreve-se as entradas e saídas, classificando-as como “Controlável”, “Padrão” ou “Ruído”, sendo que quando a mesma for crítica, deverá ser ressaltada. Uma outra ferramenta que pode ser usada é o SIPOC que permite visualizar as fronteiras do processo que será estudado, ajudando assim a estabelecer o escopo do projeto. Para se certificar da confiabilidade dos dados que se está medindo, pode se utilizar uma ferramenta chamada MSE, que visa identificar e quantificar as diferentes fontes de variação que afetam o sistema de medição. Já o FMEA é utilizado para analisar os modos de falha e seus efeitos, devendo ser focado nos objetivos principais dos projetos.

Algumas dessas ferramentas foram empregadas no estudo de caso. A escolha de qual ferramenta utilizar depende da análise da equipe durante o projeto.

O objetivo principal de toda empresa é obter lucros, e o Seis-Sigma ajuda a minimizar os custos, através da redução ou eliminação de atividades que não agregam valor ao processo produtivo.

A implementação do Seis-Sigma em uma organização, cria uma cultura interna de indivíduos educados e uma metodologia de melhoria e controle de processo.

3.8 A METODOLOGIA DO SEIS-SIGMA

A metodologia básica de penetração do Seis-Sigma se divide em duas abordagens: a solução de problemas e os projetos de melhorias, e a outra voltada para a prevenção.

3.8.1 METODOLOGIA DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS E PROJETOS DE MELHORIAS

Esta estratégia de penetração envolve uma série de passos que conduzem o *Black Belt* na melhoria do processo.

A seguir, tem-se esse modelo de aprimoramento composto de 5 fases:

Definir (*Define*): segundo Chowdhury (2001), nesta fase define-se, de uma maneira numérica e não subjetiva, quais são os problemas. O Seis-Sigma não foca na saída do processo e sim no processo em si que cria os produtos e serviços. É muito importante obter os dados cuidadosamente pois a partir disso é que será direcionado o resto do trabalho. Um início infeliz trará resultados insatisfatórios. Para Henderson e Evans (2000) “A equipe

identifica aqueles atributos chamados CTQ que o cliente considera ter o maior impacto na qualidade”.

Medir (*Measure*): de acordo com Chowdhury (2001) essa é a fase de definição das medidas do processo. Pode-se iniciar medindo a capacidade do processo, ou seja, quantas oportunidades de defeitos um certo processo ou operação apresenta, o que não é a mesma coisa que medir a quantidade de erros. A seguir, quando possível, faz - se um *Benchmarking* no processo dos concorrentes. Como cita Chowdhury (2001), referindo-se a Lawrence Bossidy, o ex CEO da Allied Signal em reunião com seu *staff*: “... assumam que cada um dos concorrentes da Allied faz ao menos uma coisa melhor que a Allied. Além disso, eles têm que estar fazendo alguma coisa certa, ou eles não estariam no negócio.” O Benchmark também mostra aonde é possível chegar. Henderson e Evans (2000) definem que nessa fase “a equipe identifica os processos internos chaves que influenciam os CTQs e medem os defeitos atualmente gerados relativos àqueles processos”.

Analisar (*Analyze*): para Chowdhury (2001), neste passo, os dados já obtidos são analisados para saber qual é o desempenho do processo, podendo compará-lo com o Benchmark ou com o que se julga possível obter do mesmo. Já Henderson e Evans (2000) ressaltam que nessa fase “a equipe descobre porque os defeitos são gerados através da identificação das variáveis-chave que mais provavelmente criam a variação do processo”.

Melhorar (*Improve*): nesta fase tem-se início a melhoria do processo. Segundo Chowdhury (2001), a partir do conhecimento que já se possui do processo, deverá ter-se conseguido identificar os componentes que não estão conseguindo atingir o que é esperado, focando-se neles, a implementação das melhorias, o que deverá gerar uma melhora no processo como um todo. Completando essa idéia, Henderson e Evans (2000) concluem que, além da equipe ter confirmado as variáveis críticas e quantificado seus efeitos para os CTQs, eles também identificam a faixa máxima aceitável de variação, validam um sistema para medir os desvios das mesmas e, a seguir, modificam o processo para fazê-lo variar dentro desses limites. Apesar da etapa “*Improve*” ser bastante difícil, a sua conclusão não significa o sucesso do projeto. É necessário a manutenção do que se foi conquistado. Assim a etapa posterior trata do controle.

Controlar (*Control*): é a última etapa do processo. Baseado em Chowdhury (2001), os *Black Belts* implementam medidas para controlar as variáveis-chave dentro dos novos limites de operação a fim de manter as melhorias obtidas. Eles devem se certificar que a

equipe está controlando o processo, e que o projeto está dando o resultado esperado. “Ferramentas são colocadas no local para assegurar que, sob os processos modificados, as variáveis-chave permanecem dentro das faixas máximas aceitáveis com o passar do tempo”. Henderson e Evans (2000). Caso o plano tenha falhado, reinicia-se o processo.

3.8.2 METODOLOGIA DE PREVENÇÃO

Essa metodologia de prevenção geralmente está associada a um processo chamado DFSS que tem como resultado garantir que um produto, já em sua fase de projeto, seja concebido com as características da filosofia Six Sigma.

Segundo Banuelas e Antony (2003), o processo de melhorias contínuas utiliza a metodologia DMAIC, que é uma abreviação das etapas que devem ser seguidas, e são elas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar (*Improve*) e Controlar, enquanto o DFSS usa a metodologia DMADV.

Essa também recebeu o nome das etapas que devem ser seguidas nesse processo, que são: Definir, Medir, Analisar, Projetar (*Design*) e Verificar.

As duas metodologias seguem uma diretriz bastante parecida, onde as três primeiras etapas são as mesmas (Definir, Medir e Analisar). A quarta fase se diferencia: uma vez que no DMAIC o processo já existe, o que se permite fazer, é atuar sobre o mesmo, melhorando-o (*Improve*), enquanto no DMADV, como o processo ainda não existe, o que se faz é projetá-lo (*Design*). A última fase também se diferencia pelo mesmo motivo: um processo existente “versus” um processo a ser criado.

Na sua comparação entre a metodologia Seis-Sigma para melhorias contínuas e o DFSS, Banuelas e Antony (2003) destacam que a primeira é considerada reativa, uma vez que soluciona problemas já existentes no processo, enquanto o DFSS é mais agressivo pois projeta processos capazes de alcançar um nível de qualidade Seis-Sigma.

Ainda segundo eles, na prática, a metodologia de melhorias contínuas assume que o projeto do processo ou serviço atual é correto, e o objetivo é continuar fazendo o que a companhia já fazia, porém eficientemente e rigorosamente. De maneira contrária, o DFSS tem a habilidade de descartar o processo existente, substituindo-o por um totalmente novo.

3.9 O INVESTIMENTO NA IMPLANTAÇÃO DO SEIS-SIGMA E SEU RETORNO FINANCEIRO

O custo da implantação do Seis-Sigma diferencia bastante nos vários tipos de empresa. De acordo com Wilson (2000), alguns fatores influenciam essa variação, entre eles, está principalmente a dimensão da lacuna quando se compara o nível de desempenho atual da organização com o nível de qualidade do Seis-Sigma.

Da mesma forma, é difícil de se estabelecer com clareza o valor do retorno financeiro deste programa.

Kumpera (1999) permite avaliar este retorno financeiro obtido com a implantação da estratégia gerencial Seis-Sigma através da tabela 3.

Este mostra uma estimativa da porcentagem dos custos da qualidade em relação às vendas, para alguns níveis de qualidade.

Nível da Qualidade	Defeitos por milhão (ppm)	Custos da Qualidade
± 3 sigma	66.810	20 a 30% das vendas
± 4 sigma	6.210	15 a 20% das vendas
± 5 sigma	233	10 a 15% das vendas
± 6 sigma	3,4	Menos de 10% das vendas

Tabela 3 – Estimativa dos custos da qualidade em relação às vendas.

Fonte: Kumpera: 1999.

Kumpera (1999) completa a informação sobre retorno de investimento da seguinte forma: “Jack Welch, Presidente da General Electric, prevê que o programa Seis-Sigma economize de 5 a 10 bilhões de dólares ao longo da próxima década, além dos lucros extras”

O próprio Jack Welch cita os gastos no início da implementação do Seis-Sigma, em seu livro. Assim, conforme Byrne (2001), “No primeiro ano do Seis-Sigma treinamos 30.000 empregados e gastamos cerca de U\$ 200 milhões só com treinamentos – e conseguimos economias estimadas em U\$ 150 milhões.”

Também Chowdhury (2001) diz que “Um novo *Black Belt* pode trazer economia de U\$ 150.000 a U\$ 175.000, por projeto. Multiplique isso por quatro a seis projetos anualmente, e você está falando de economia em torno de U\$ 600.000 até U\$ 1 milhão por ano.”

3.10 A DIFICULDADE DE SELECIONAR ADEQUADAMENTE OS PROJETOS SEIS-SIGMA

A seleção e definição do projeto a ser executado é uma etapa difícil dentro da metodologia Seis-Sigma. Em uma pesquisa informal, Pande, Neuman e Cavanagh (2001), constataram que esta seleção é a atividade mais crítica, e geralmente a mais mal planejada que se tem ao se iniciar o Seis-Sigma. Eles também enfatizam que ao se selecionar e definir adequadamente os projetos, os resultados aparecerão com maior facilidade e de uma maneira mais rápida, sendo que, se essa etapa for mal executada, os resultados serão mais lentos e difíceis de serem obtidos.

Pande, Neuman e Cavanagh (2001) atentam também para a quantidade de projetos em que as equipes irão trabalhar. Quantidades excessivas de projetos, dificultarão os líderes no gerenciamento dos mesmos, além de reduzir as orientações e acompanhamentos necessários às equipes.

Outro item importante é o escopo do projeto. Ao torná-lo muito amplo ou complexo, as dificuldades aumentarão, podendo frustrar a equipe, que deverá encontrar muitas barreiras para concretizar o projeto. O ideal é que o projeto seja significativo, ao mesmo tempo em que seja controlável.

Deve-se ter cuidado ao se lançar o Seis-Sigma para que não se busque por lucros grandes e rápidos de uma forma incondicional. Lucros financeiros de curto prazo são importantes, porém, são apenas parte dos benefícios do Seis-Sigma. Entre outros benefícios se destacam a melhoria de posição competitiva e a força de mercado.

Pande, Neuman e Cavanagh (2001) definem a boa seleção de projetos como um processo, e portanto, têm como fator essencial, as informações, que devem ser sólidas, e devem fornecer uma boa compreensão dos clientes, empresa e processo.

Ao se selecionar os projetos, pode se usar as seguintes fontes:

- Externas: que são a “voz do cliente”; “voz do mercado” e os concorrentes, com o intuito de identificar as oportunidades para melhor atender às exigências dos clientes, reagir às mudanças do mercado e combater as habilidades dos concorrentes.
- Internas/externas: para ajudar definir ou atingir as estratégias de mercado e de clientes.
- Internas: que são a “voz do processo” onde se encontram os custos da qualidade,

os problemas e oportunidades etc., e a “voz do funcionário”, que podem ser vistas pelas frustrações e pelos assuntos discutidos.

Fundin e Cronemyr (2003) ajudam a suportar a colocação de Pande, Neuman e Cavanagh (2001) considerando que a seleção de projetos é uma das frustrações mais discutidas na metodologia Seis-Sigma. “A seleção de projetos é um dos mais difíceis elementos no desdobramento do Seis-Sigma” Essa seleção precisa ser tal que permita:

- Que o cliente perceba as melhoras;
- Que se consiga medir as variáveis de respostas facilmente;
- Que o projeto consiga chegar ao seu final em aproximadamente seis meses;
- E que tenha grandes possibilidades de ser um projeto de sucesso.

Para isso, é importante que se identifiquem características significativas de qualidade.

Conhecer as medições da companhia também é muito importante para se determinar os projetos. Fundin e Cronemyr (2003) ainda citam: “O custo da qualidade é uma importante medida quando o custo é devido à falha em produzir e entregar qualidade para o cliente.”

Também Antony e Banuelas (2002), citam a necessidade de se ter cuidado com a seleção de projetos para as iniciativas Seis-Sigma. “Tem que haver um critério apropriado para a seleção e priorização de projetos. Seleções e definições de projetos pobres, levam a resultados tardios e também a um grande número de frustrações”. E mais:

Companhias que praticam Seis-Sigma foram questionadas sobre os benefícios financeiros de projetos Seis-Sigma. A análise dos resultados mostrou que 75% das companhias tiveram benefícios financeiros (isto é, mais que £ 100,000 por ano) com o resultado da implementação do Seis-Sigma. Também é interessante notar que 17 das companhias não estimaram ganhos dos projetos Seis-Sigma. Estas companhias estavam selecionando projetos baseados em questões sem impacto nos objetivos ou estratégias do negócio.

Para Bertels e Patterson (2003):

A qualidade dos projetos de Seis-Sigma diferenciam companhias Seis-Sigma de sucesso da média. Durante o primeiro ano de desdobramento do Seis-Sigma, o número de possíveis projetos geralmente excede o número de *Black Belts* e *Green Belts* disponíveis para tratá-los. Mas nos anos seguintes, a qualidade dos projetos e o impacto no negócio diminuem, a menos que a administração estabeleça um meio mais estratégico de escolher projetos.

Segundo Bertels e Patterson (2003) o processo de seleção de projetos em uma companhia Seis-Sigma também tem uma evolução, passando por três fases:

- A primeira fase é a da seleção oportunista de projetos. Nessa fase, as idéias de projetos são obtidas através de Brainstorm feitos sob os problemas. Como resultado dessa prática, vários projetos vão sendo executados, porém os mesmos podem não estar completamente ligados aos objetivos estratégicos do negócio. Além disso, podem também não estar atuando em áreas ou processos críticos para a empresa. Apesar disso, ainda assim agregam valores ao processo e mostram que as iniciativas Seis-Sigma causam impacto positivo no negócio. Uma grande desvantagem porém, encontra-se no fato de que este método de definição de projeto pode não conseguir se sustentar por um longo período de tempo.
- Após um maior conhecimento da metodologia Seis-Sigma, uma segunda fase possivelmente deverá substituir o processo anterior. Nessa fase, uma ênfase mais estratégica de seleção de problemas deverá permitir uma maior ligação dos projetos aos objetivos do negócio e questões críticas. Devido a um número limitado de áreas estratégicas chaves para serem exploradas, essa fase também deverá declinar com o passar do tempo.
- Finalmente, a terceira e mais desenvolvida fase que a empresa alcança no processo de seleção de projetos, é da criação de um sistema de gerenciamento do processo, onde se analisa também a integração ou interação existente entre os diversos processos da empresa, e não só cada processo individualmente. Bertels e Patterson (2003) completam:

Os gerentes dos processos individuais são responsáveis por estabelecer objetivos para os processos, monitorar a performance dos mesmos relativa ao negócio e aos objetivos do cliente e identificar projetos que significativamente melhoram a performance do processo. Os executivos monitoram e gerenciam o sistema de processos integrados, com o cuidado de não melhorar um processo às custas de outros.

Para Harry e Schroeder (2000), a seleção de projetos pode ser feita, tanto de cima para baixo (*top down*) quanto de baixo para cima (*bottom up*), de acordo com os seguintes critérios de decisão:

- defeito por milhões de oportunidades;
- economia líquida de custo;
- custo da má qualidade;
- capacidade;
- tempo de ciclo;
- satisfação do cliente; e
- desempenho interno.

Essa proposta se limita a ser utilizada apenas em uma fase inicial de implementação das iniciativas Seis-Sigma, pois segundo Bertels e Patterson (2003):

Uma vez que os gerentes seniores vêem o impacto de projetos individuais e desenvolvem um entendimento maior de como a metodologia Seis-Sigma funciona, eles geralmente percebem que precisam de uma ênfase mais estratégica para a seleção de projetos, uma que ligue melhor os projetos às questões críticas e aos objetivos do negócio.

A proposta de se utilizar o custo da qualidade como medidor de desempenho dos processos não é nova, e nem tampouco incoerente para a metodologia Seis-Sigma, como se pode ver na citação de Antony e Banuelas (2002): “O conceito de implementação da metodologia Seis-Sigma foi iniciado na Motorola nos anos 80 com o objetivo de reduzir o custo da qualidade, isto é, o custo de não fazer as coisas certas na primeira vez, o custo de não alcançar os requerimentos do cliente etc.”.

3.11 COMPARANDO O CONTROLE DE QUALIDADE TOTAL (TQC) E O SEIS-SIGMA

De acordo com Feigenbaum (1991),

O Controle de Qualidade Total é um sistema efetivo para integrar os esforços de desenvolvimento, manutenção, e melhoria da qualidade de vários grupos em uma organização de forma a permitir Marketing, Engenharia, Produção e Serviço, em seus mais econômicos níveis, e que permitem a completa satisfação do cliente

Mas qual seria basicamente a diferença entre o TQC e o Seis-Sigma?

Segundo Fracischini (2001), as diferenças entre essas filosofias seriam basicamente as seguintes:

- **Tempo de Retorno do Investimento:** o TQC visa lucro a longo prazo. As empresas que receberam prêmio Deming, alcançaram resultados nesse programa, em média, em aproximadamente 10 anos. O Seis-Sigma, por sua vez, é mais arrojado, com seus objetivos voltados aos resultados. Exemplos de empresas que implementaram o Seis-Sigma com sucesso, como GE e Motorola, apresentaram resultados já no primeiro ano de sua implantação.
- **Valorização dos funcionários:** o programa TQC envolve todo o pessoal operacional na busca pela Qualidade. O trabalho em equipe é fomentado e valorizado, utilizando-se de especialistas apenas em alguns casos específicos. O reconhecimento também é feito para a equipe e não para o indivíduo. No Seis-Sigma, o reconhecimento individual já pode ser visto através das promoções de *Green Belts*, *Black Belts* e *Master Black Belts* que se destacam em seus projetos, tornam-se responsáveis pelo sucesso ou fracasso dos mesmos. Sua promoção ou remoção é vinculada aos resultados obtidos pelos seus projetos. Assim, vê-se uma ênfase na valorização do indivíduo ao invés da valorização da equipe.
- **Uso intensivo de softwares de apoio às análises estatísticas:** o TQC se utiliza das sete ferramentas básicas da Qualidade, que por sua vez, não possuem um alto nível de conhecimento em estatística, facilitando assim, após treinamento adequado, o seu uso pelos mais diversos níveis hierárquicos da empresa. Já o Seis-Sigma, possui ferramentas com alto teor de estatística, o que em muitas vezes, só permite sua utilização por especialistas com bom conhecimento no assunto.
- **Saltos quânticos de desempenho:** pequenas melhorias provenientes do envolvimento e sugestões dos operadores, geram, na grande maioria dos casos, ganhos bastante reduzidos. São, porém, compensados pela grande quantidade de sugestões dadas, o que na sua totalização, acabam gerando lucros consideráveis. Por outro lado o Seis-Sigma, busca valores significativos em cada um de seus projetos, de maneira a fazê-los justificarem a si próprios.

3.12 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO SEIS-SIGMA

As indústrias americanas, a exemplo de todas as outras no mundo, continuam suas pesquisas de novas maneiras de sustentar a lucratividade, e, seguindo empresas como a AlliedSignal, General Electric, Sony, Texas Instruments, Bombardier, Crane Co Lockheed Martin e Polaroid, estão começando a amarrar a qualidade à sua linha de fundo. Até mesmo empresas avessas a esta maneira de gerenciamento estão abraçando o Seis-Sigma, acreditando que este é um método de consistência que irá aumentar as ações no mercado, diminuindo os custos e aumentando as margens de lucros.

Larry Bossidy, CEO da AlliedSignal realçou a marca da empresa implantando a estratégia de penetração Seis-Sigma. A empresa já havia treinado 8.000 funcionários no Seis-Sigma e na estratégia de penetração até o ano de 1998, com o objetivo de aumentar a lucratividade em 6% cada ano em seus setores de manufatura.

O presidente da Bombardier , Laurent Beaudoin, outro executivo contrário às novas tendências adotou o Seis-Sigma em 1997.

A empresa primeiro implantou o programa em seu grupo aeroespacial seguido pelo grupo de manufatura, e, em seguida, os grupos Sea-Doo e Ski-Doo, o grupo de capital e o grupo de serviço.

Um dos mais famosos CEOs da atualidade, Jack Welch, CEO da General Electric, também atuou fortemente na filosofia Seis-Sigma, apesar de se considerar pouco entusiasta dos programas de qualidade. Como ele mesmo descreve em sua biografia (Byrne, 2002). “Durante anos como colegas, nem eu nem ele (referindo-se a Larry Bossidy) nunca fomos fãs do movimento da qualidade. Nós dois tínhamos a impressão de que os primeiros programas de qualidade eram muito fortes em slogans e muito fracos em resultados.”

Porém a GE, sob o comando de Welch, se transformou em um grande exemplo de utilização do Seis-Sigma.

Ainda conforme Byrne (2002), após decidida a implantação do Seis-Sigma na GE, uma análise financeira de custo benefício demonstrou que, se a empresa estivesse operando em um nível de qualidade entre três e quatro sigmas, o potencial de economia de custos com o aumento da qualidade para Seis-Sigma, ficava entre US\$ 7 bilhões e US\$ 10 bilhões. O número era colossal, equivalendo a algo entre 10% e 15% das vendas.

Já no primeiro ano de implantação, começaram a surgir às histórias de sucesso. A GE Capital por exemplo, recebia cerca de 300.000 telefonemas por ano de clientes de

financiamento hipotecário, que tiveram de recorrer ao correio de voz ou repetir o telefonema em 24% das tentativas, porque os funcionários estavam ocupados ou indisponíveis. Após o trabalho da equipe de Seis-Sigma, os mesmos clientes que no passado não conseguiam falar com os funcionários em quase 25% das tentativas, agora tinham 99,9% de probabilidade de falar com alguém da GE na primeira tentativa.

Em meados da década de 1990 a GE enfrentava problemas de paralisações forçadas nas suas centrais elétricas recém instaladas, pois os rotores das turbinas a gás rachavam devido à forte vibração. Em 1995, um terço das 37 unidades operacionais na base instalada teve de ser removido para conserto. Utilizando o processo Seis-Sigma, reduziu-se as vibrações em 300%. Em fins de 1996 o problema estava resolvido. Esta solução garantiu à GE a liderança do mercado de turbina à gás de alta tecnologia.

Nos últimos três anos, o setor de sistemas médicos da GE lançou 22 novos produtos, todos projetados em ambiente Seis-Sigma. Em 2001, 51% da receita total de sistemas médicos foi resultado de projetos Seis-Sigma.

Em 1997, a GE chegou a 6.000 projetos Seis-Sigma, em comparação com 3.000 do ano anterior e atingiu US\$ 320 milhões em ganhos de produtividade e lucros, mais do que o dobro da meta original de US\$ 150 milhões. Os benefícios apareciam nos resultados financeiros. Em 1998 o Seis-Sigma gerou economias de US\$ 750 milhões, já descontados os investimentos no mesmo período, número que alcançaria US\$ 1,5 bilhão no ano seguinte.

A margem operacional da GE aumentou de 14,8% em 1996, para 18,9 % em 2000.

Finalmente, a utilização da filosofia Seis-Sigma está se tornando tão atraente que um recente artigo da revista americana USA Today (Jones, 2002), relata uma possível utilização deste no combate ao terrorismo.

Apesar da CIA (USA) preferir não revelar se está investigando o uso do Seis-Sigma como um meio para reforçar seu arsenal de luta contra o terrorismo, especialistas explicam que, considerando a grande quantidade de informações que tramitam pela CIA, desde interceptações de chamadas telefônicas até solicitações de escolas para pilotos, descartar informações ruins é crucial. Se melhorado o processo de decisão para Seis-Sigma, em uma acuracidade de 99,99966%, isto significa que apenas uma a cada 294 mil peças de informação vital seria erroneamente descartada.

Enquanto há somente 15 % de chances de todas as decisões serem corretas em um dado dia no nível de quatro sigmas, há 15% de chance de todas as decisões serem corretas em um período acima de 5 anos para o processo Seis-Sigma.

CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO

4.1 - METODOLOGIA DE PESQUISA

Segundo Eco (1985), para alguns uma pesquisa não é científica se não apresentar fórmulas e diagramas. O autor enumera então quatro pontos básicos que caracterizam um trabalho científico:

1. o estudo deve debruçar-se sobre um objeto reconhecível e definido de tal maneira que seja identificado igualmente pelos outros;
2. o estudo deve dizer do objeto algo que ainda não foi dito, ou rever sob uma ótica diferente da que já se disse;
3. o estudo deve ser útil aos demais, isto é, contribuir para o avanço do conhecimento sobre o tema;
4. o estudo deve fornecer elementos para a verificação e a contestação dos objetivos apresentados e, portanto, para continuidade pública.

Considera-se que esta pesquisa é científica, observando os quatro pontos básicos citados acima, pois:

1. tanto a metodologia Seis-Sigma quanto os custos da qualidade são conhecidos e, muitas vezes, já praticados, por várias empresas. A análise do impacto de um sobre o outro, é conseqüentemente, um objeto reconhecível e sua relevância se deve à rápida disseminação da metodologia Seis-Sigma devido aos relatos de sucesso;
2. o estudo de casos analisa sob uma ótica diferente, o que é citado nas bibliografias revisadas. A exposição de casos reais também ajuda a comprovar ou refugar fatos ditos a respeito do objeto;
3. a dissertação deverá ser bastante útil não só para a comunidade científica mas principalmente para a empresarial, uma vez que analisa um objeto de interesse desta, e pode contribuir com informações ou conhecimentos que auxiliem na decisão de se implantar ou não os modelos do estudo;
4. o estudo apresenta quadros e gráficos obtidos através de registros, documentos e observações que permitem a verificação e contestação das análises e objetivos apresentados.

Segundo Gil (1991), toda pesquisa necessita de um delineamento (ou modelo conceitual e operativo) para analisar os fatos do ponto de vista empírico e para confrontar a visão teórica com os dados da realidade. Esse modelo da pesquisa expressa, em linhas gerais, o desenvolvimento da pesquisa com ênfase nos procedimentos técnicos de coleta e análise de dados. A estrutura da pesquisa desta dissertação é descrita na figura 7.

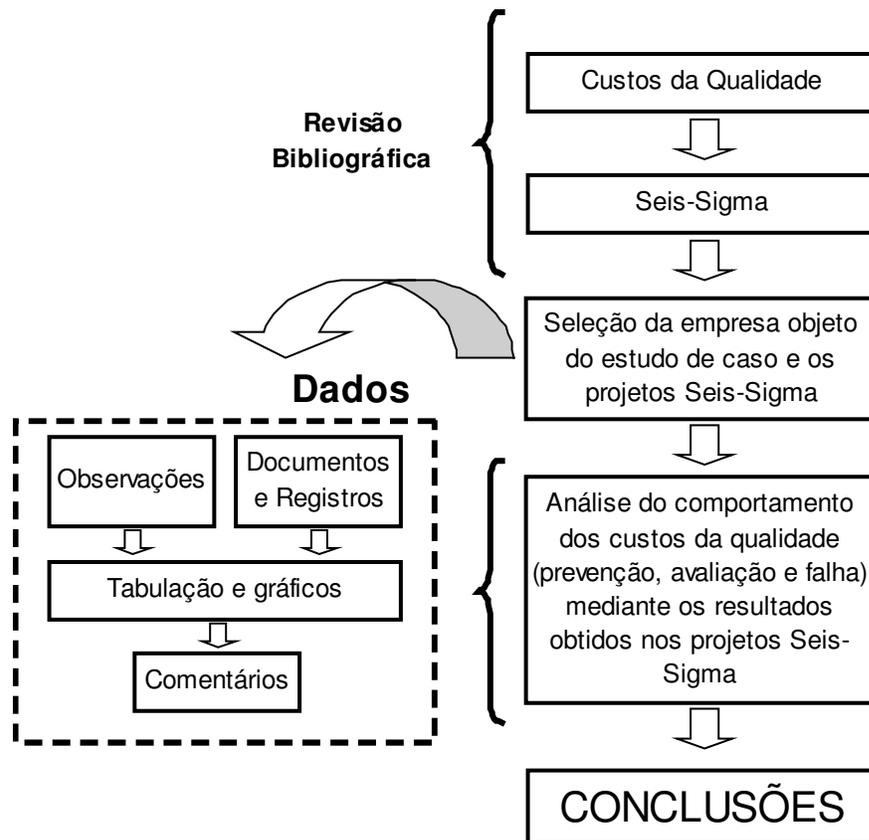


Figura 7 – Estrutura da pesquisa.

Para Silva (2000), podem ser definidos dois grandes grupos de fontes de dados: aqueles que se valem das chamadas fontes de papel (secundárias) e aqueles cujos dados são fornecidos por pessoas (primárias). O quadro 4 descreve as fontes de evidências utilizadas na dissertação.

Fontes de Evidências	Pontos Fortes	Pontos Fracos	Comentários
Documentação	<p>Estável - Pode ser revisada inúmeras vezes.</p> <p>Discreta – Não foi criada como resultado do estudo de caso.</p> <p>Exata – Contém nomes, referências e detalhes exatos de um evento.</p> <p>Ampla cobertura – Longo espaço de tempo, muitos eventos e muitos ambientes distintos.</p>	<p>Capacidade de recuperação – Pode ser baixa.</p> <p>Seletividade tendenciosa, se a coleta não estiver completa.</p> <p>Relato de visões tendenciosas – Reflete as idéias preconcebidas (desconhecidas) do autor.</p> <p>Acesso – Pode ser deliberadamente negado.</p>	<p>Os documentos puderam fornecer os detalhes específicos necessários para as análises do estudo.</p> <p>Foram usados o procedimento de Custos de Qualidade, além dos projetos Seis-Sigma, Manuais de Equipamentos, Folhas de Processo, Ajudas Visuais e Planos de Controle.</p>
Registros em arquivos	<p>Estável - Pode ser revisada inúmeras vezes.</p> <p>Discreta – Não foi criada como resultado do estudo de caso.</p> <p>Exata – Contém nomes, referências e detalhes exatos de um evento.</p> <p>Ampla cobertura – Longo espaço de tempo, muitos eventos e muitos ambientes distintos.</p> <p>Precisos e quantitativos.</p>	<p>Capacidade de recuperação – Pode ser baixa.</p> <p>Seletividade tendenciosa, se a coleta não estiver completa.</p> <p>Relato de visões tendenciosas – Reflete as idéias preconcebidas (desconhecidas) do autor.</p> <p>Acesso – Pode ser deliberadamente negado.</p> <p>Acessibilidade aos locais graças a razões particulares.</p>	<p>Utilizou-se, além dos documentos, de registros encontrados em arquivos.</p> <p>Foram eles: os registros dos projetos Seis-Sigma, Custos da Qualidade, FTQ e Relatórios Diários de Produção.</p> <p>Esses registros foram de grande valia para uma melhor compreensão dos fatos durante o estudo de caso.</p>
Observação participante	<p>Realidade – Trata de acontecimentos em tempo real.</p> <p>Contextuais – Trata do contexto do evento.</p> <p>Perceptiva em relação a comportamento e razões interpessoais.</p>	<p>Consome muito tempo.</p> <p>Seletividade – Salvo ampla cobertura.</p> <p>Reflexibilidade – O acontecimento pode ocorrer de forma diferenciada porque está sendo observado.</p> <p>Custo – Horas necessárias aos observadores humanos.</p> <p>Visão tendenciosa devido à manipulação dos eventos por parte do pesquisador.</p>	<p>O observador participou de um dos projetos dentro do estudo de caso.</p> <p>Isso forneceu boas oportunidades para a coleta de dados e maior conhecimento para as análises e conclusões.</p>

Quadro 4 – Fontes de evidências.

Fonte: adaptado de Yin (2001).

4.2 EMPRESA OBJETO DE ESTUDO

A empresa objeto de estudo foi selecionada por possuir as características estabelecidas, ou seja, possui os custos da qualidade implantados desde o início de suas atividades no Brasil, em 1989 e desenvolve projetos Seis-Sigma desde 2001. A empresa atua no setor de autopeças, tendo como clientes à maioria das montadoras de automóveis brasileiras, entre elas, Volkswagen, Fiat, General Motors, Ford e Mercedes Benz. Também exporta seus produtos para países da América do Sul, América do Norte, Europa, Ásia e África.

A análise utiliza dois projetos Seis-Sigma. Destaca-se que os mesmos foram desenvolvidos em duas unidades diferentes.

Por serem os processos dinâmicos, estender o prazo da pesquisa poderia fazer com que outros fatores, alheios ao projeto, influenciassem nos resultados, possibilitando conclusões erradas sobre o impacto da metodologia Seis-Sigma.

4.3 CONFIDENCIALIDADE DAS INFORMAÇÕES

Uma vez que as informações de custo da qualidade são consideradas confidenciais na empresa em estudo, os dados serão alterados por um fator de correção.

Isso porém não influenciará as análises e conclusões, uma vez que o trabalho se fundamenta na comparação anterior e posterior dos projetos Seis-Sigma e dos custos da qualidade.

4.4 DEFINIÇÕES DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi conduzido utilizando-se as categorias de custo da qualidade já praticadas pela empresa. Através da consulta a dados secundários (estrutura dos custos da qualidade da empresa), os mesmos foram apurados e classificados em:

Custo de prevenção: considerado como custo de controle. A empresa o subdivide em:

- Administração da certificação de peças: custo do pessoal utilizado na execução das atividades de certificação de peças. Isto inclui o tempo gasto desenvolvendo PFMEA, plano de controle, diagrama de fluxo de processo, estudos de capacidade de processo, estudos de análise do sistema de medição, relatório dimensional etc..

- Custos de treinamento: custos gerados por treinamentos formais, executados por funcionários da própria empresa ou por terceiros, relacionados à qualidade. Os custos internos podem incluir custos dos treinadores, material de treinamento e custos dos operadores que estão sendo treinados. Os externos incluem, além do valor pago pelo curso, também os custos provenientes das viagens realizadas.
- Custos dos Engenheiros de Suporte ao Cliente diretamente alocados na planta: quando o Engenheiro de Suporte estiver alocado na própria planta, os gastos com a sua atividade serão incluídos nesse item. Caso a planta utilize Engenheiro de Suporte da divisão, seus gastos serão alocados no Custo da Qualidade da Divisão, e não da planta.
- Visitas pró-ativas ao cliente: são os custos das visitas que o pessoal da planta faz aos clientes. São visitas para reuniões de planejamento, discussões de melhorias ou mesmo para manutenção do bom relacionamento com o cliente. Não são consideradas visitas pró-ativas aquelas provenientes de atividades para solução de problemas já ocorridos.
- *Staff* da qualidade da planta: custo estimado, baseado nas horas gastas pelos funcionários do *Staff* nas atividades de prevenção, que devem incluir atividades de CEP, sistemas a prova de erro, e outras.

Custo de avaliação: também é considerado como custo de controle. É composto, pelas seguintes categorias:

- Custos de auditorias internas: custos do auditor interno do Sistema da Qualidade e das atividades de manutenção desse sistema, como por exemplo, o controle de documentos, os funcionários de *Staff* envolvidos nessa manutenção e as auditorias de processos.
- Custos de inspeção e ensaios no processo: são os custos dos inspetores e/ou auditores da qualidade e operadores da manufatura que executam atividades de inspeção no processo de fabricação, incluindo verificação sucessiva.
- Custos dos equipamentos de ensaio: esse custo é definido pelo valor da depreciação dos equipamentos de inspeção automatizada e de medição utilizados no processo. Isto inclui sistemas de visão, mesas de testes,

paquímetros, trenas, calibres, mesas de inspeção. Não é incluído no custo da qualidade, o gasto com a instalação dos equipamentos.

- Custo de calibração dos equipamentos: são os custos incorridos nas calibrações dos equipamentos, sejam esses calibrados internamente ou externamente. As atividades de calibração do setor de manutenção não são incluídas.
- Custo da inspeção de recebimento: são os custos provenientes das atividades de inspeção de recebimento, incluindo obviamente, os inspetores dessa área.
- *Staff* da qualidade da planta: custo estimado, baseado nas horas gastas pelos funcionários do *Staff* nas atividades de avaliação, como por exemplo, o planejamento de inspeções e ensaio.

Os custos da falha de controle são categorizados por:

- *Scrap*: são os custos relacionados com o sucateamento de produtos ou materiais. Não se incluem os custos de *scrap* não debitados para a empresa, como por exemplo, quando o responsável por esse *scrap* é o fornecedor ou o próprio cliente. Também não fazem parte desse custo, aqueles considerados como perdas naturais do processo, como por exemplo, as perdas de *set up*.
- Custos de retrabalho: engloba todas as atividades necessárias para os retrabalhos executados nas plantas, referentes à qualidade. Isso significa, desde a seleção dos materiais, até a reinspeção e registros necessários. Engloba os retrabalhos executados em qualquer nível de detecção, ou seja desde os problemas encontrados na auditoria de Qualidade pela Primeira Vez (primeira auditoria executada na planta) até aqueles encontrados na auditoria de embarque (última auditoria executada na planta).
- Custos da contenção: provenientes de atividades de contenção ou atividades de seleção feitas dentro da empresa (atividades de seleção e contenção feitas fora da empresa são listadas em outra categoria). Isto pode incluir contenção para novos operadores, novo arranque ou contenções definidas pelo cliente. Podem ser provenientes de contenções internas, quando executadas por funcionários da própria empresa, ou externas, quando executadas por terceiros.
- Custo de reembolso ao cliente: quando o cliente se obriga a realizar alguma atividade de retrabalho ou seleção, que é de responsabilidade do fornecedor.

Pode também incluir a recuperação de custos por horas perdidas, autorização de devolução de materiais etc.. As paradas de linha do cliente também são colocadas nessa subcategoria.

- Custo do desempenho em campo: são os custos reais pagos pela empresa por questões de garantia ou falhas de campo. Outros problemas como *recalls*, campanhas, também são incluídos aqui.
- Proteção do cliente: relaciona todos os outros custos despendidos com o cliente, como por exemplo, a seleção, contenção e retrabalho executados na planta do cliente. Incluem as despesas de viagem e estadia.
- Custos de transporte associados com embarque do produto fora do padrão normal, como por exemplo, fretes especiais. Esses custos são específicos para o transporte da empresa para o cliente (*outbound*), não se considerando, portanto, os transportes do fornecedor para a empresa.
- *Staff* da qualidade da planta: custo estimado, baseado nas horas gastas pelos funcionários do *Staff* nas atividades de falha, como por exemplo, análise de falhas, análise da causa raiz de problemas e reclamação de clientes.

4.5 PROJETO 1 – REDUÇÃO DA VARIAÇÃO DA PRENSA MANUAL DE APLICAÇÃO DE TERMINAIS

Este projeto foi escolhido por permitir identificar um elevado aumento da melhora do nível-sigma de um dos processos da empresa em questão. Além disso, ele possui dados suficientes para permitir uma comparação entre os custos da qualidade anterior e posterior à sua conclusão.

Assim, ele permite acompanhar o impacto dos projetos Seis-Sigma no desempenho dos custos da qualidade.

O projeto foi realizado na área de prensas da empresa. Esta área possui equipamentos utilizados para ligar os terminais aos circuitos, ou seja, o terminal é cravado (ou “crimpado”) ao fio. Esse terminal, seja ele “macho” ou “fêmea” é responsável pela conexão com a contrapeça, que pode ser um componente eletrônico ou outro circuito.

Ele foi realizado no período de julho à dezembro de 2003, envolvendo 1 *Black Belt* e uma equipe composta por 10 outras pessoas (todas elas, trabalhando apenas em tempo parcial).

Através de consulta aos documentos e registros do projeto Seis-Sigma e posterior análise crítica e validação pelo Supervisor Geral da Qualidade, descreve-se o resumo do mesmo (fundamentado no DMAIC):

Definição: o processo de aplicação manual de terminais representa 82,5 % de todo o custo relacionado à não qualidade na categoria da Qualidade pela Primeira Vez.

O equipamento em estudo, por sua vez, contribui com 98% de todo processo de aplicação manual de terminais.

Após o mapeamento do processo, nessa fase, foi definido como principal problema a ser trabalhado, a variação da altura de crimpagem dos terminais.

Principais ferramentas usadas nessa fase: Pareto, SIPOC e PMAP.

Medição: as medições feitas no processo, mostraram que o mesmo estava sob controle estatístico. Sua capacidade, no entanto, estava abaixo dos limites aceitáveis. Isso significa que o processo estava sujeito apenas às causas comuns de variação, porém essa variação natural excedia os limites de especificações.

Através dos estudos, pode-se concluir que a principal variável de entrada do processo, a pressão de crimpagem do equipamento, não estava diretamente relacionada com a altura de crimpagem pois várias outras variáveis (controláveis ou ruídos) a influenciavam.

Principais ferramentas usadas nessa fase: Gráficos de Controle, Estudos de Capacidade e MSE.

Análise: após a análise das medições e experimentos o grupo percebeu que não se podia definir um único *input* que pudesse ser melhorado a fim de minimizar ou eliminar o problema.

Isso o levou a concluir que a redução da variação aconteceria com a alteração do *set up* usando um *input* não relacionado com a pressão.

Principais ferramentas usadas nessa fase: FMEA

Melhoria: a principal ação de melhoria tomada foi a substituição da pressão de crimpagem como agente regulador da altura de crimpagem, por pastilhas de aço que passaram a definir a altura em questão. Também foi preciso redefinir a regulagem da pressão para esse

novo processo. Outras ações tomadas foram o treinamento, implementação de *Kit* de aplicação padronizado, revisão das tabelas de parâmetros, entre outras.

Controle: na fase de controle, a equipe verificou a implementação das ações, sua eficácia, e institucionalizou o novo processo.

Foram alterados os Planos de Controle e revisado o FMEA.

Principais ferramentas usadas nessa fase: Gráficos de Controle, Estudos de Capacidade e FMEA.

4.5.1 ANÁLISE DOS DADOS

Além de terem sido indexados os custos da qualidade (apurados em dólares) a um fator desconhecido para se manter o sigilo das informações, outra indexação teve que ser realizada para manter maior fidelidade aos fatos: os valores de custo foram indexados ao volume de produção. Isso foi feito para que se pudesse eliminar a variação da produção, que poderia induzir à conclusões erradas do estudo.

O nível-sigma foi calculado em função dos produtos não conformes apontados pelo indicador de “Qualidade da Primeira Vez”. Esse é o primeiro indicador que existe na planta e portanto o mais realista do processo.

A tabela 4 descreve de maneira resumida os valores dos custos da qualidade obtidos durante o acompanhamento do trabalho.

Nesse estudo, o custo de falhas foi detalhado em três categorias: *scrap*, retrabalho e contenção. As outras categorias dentro do custo de falhas não foram computadas pela equipe durante o acompanhamento do trabalho por não serem influenciadas pelas atividades do projeto.

Os custos de avaliação e prevenção se limitaram ao montante dos mesmos, visto que o interesse desta dissertação é analisar a relação entre o nível-sigma e os custos da qualidade.

A variação de volume é relativa ao mês de julho, por isso, na tabela 4, esse mês tem variação de volume igual a zero. (mês de referência)

Meses	CUSTOS (US\$)							Nível σ	Variação do Volume
	Falha (Interna e Externa)				Avaliação	Prevenção	Geral		
	Scrap	Contenção	Retrabalho	Total	Total	Total	Total		
Julho	2.764	776	599	4.139	146	123	4.408	1,72	0,0%
Agosto	1.655	616	424	2.695	106	77	2.877	1,73	52,2%
Setembro	1.534	613	470	2.617	89	70	2.777	1,73	64,2%
Outubro	110	282	62	454	55	42	550	2,53	154,6%
Novembro	143	248	24	415	83	65	564	2,86	124,1%
Dezembro	0	166	5	171	91	73	335	3,19	66,8%

Tabela 4 – Projeto 1: Custos da Qualidade, Nível-sigma e Variação de Volume.

Fonte: Relatórios de Custo da Qualidade da empresa (2003)

A análise dos dados da tabela 4 é realizada no gráfico 2. Verifica-se a relação entre o nível-sigma e os custos da qualidade.

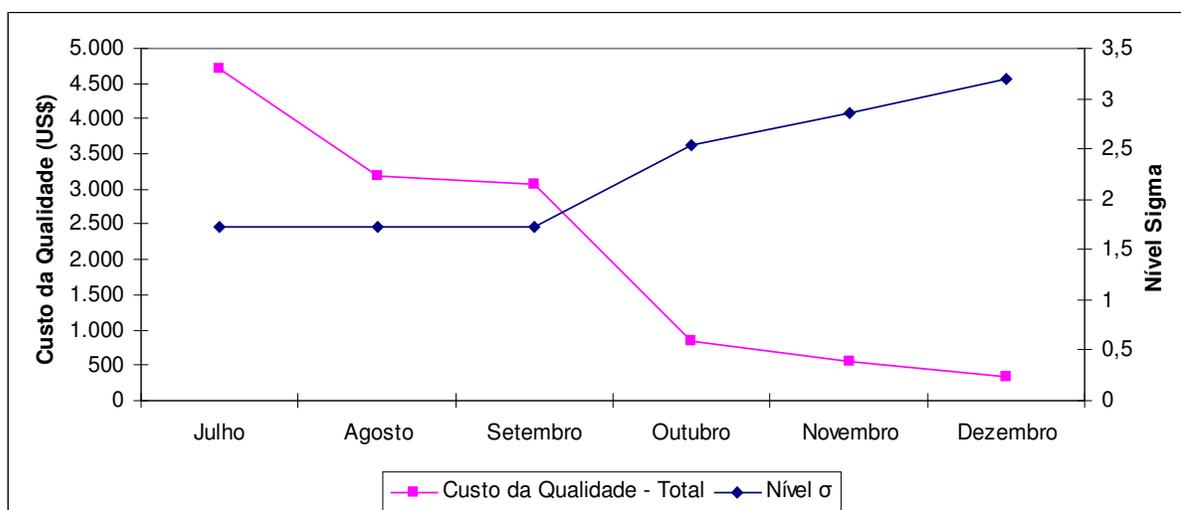


Gráfico 2 – Projeto 1: Acompanhamento mensal dos Custos da Qualidade e Nível-Sigma

A análise permite confirmar que a melhoria do nível-sigma reduz os custos da qualidade, ou seja, são inversamente proporcionais. Mas surgem questionamentos:

Por que o custo da qualidade do mês de julho é tão superior ao mês de agosto se o nível-sigma de ambos os meses é bastante próximo?

O Supervisor Geral da Qualidade explica esta discrepância citando e disponibilizando o relatório dos custos da qualidade. De maneira atípica, o custo da falha no mês de julho, mais especificamente a categoria *scrap*, foi bastante superior ao mês seguinte. O gráfico 3 complementa a análise, mostrando que as peças refugadas em julho custavam mais que as refugadas em agosto. Como o cálculo do nível-sigma se baseia na quantidade de peças não

conforme e não no valor das mesmas, pode-se ter no caso analisado relações diferentes entre o nível-sigma e os custos da qualidade.

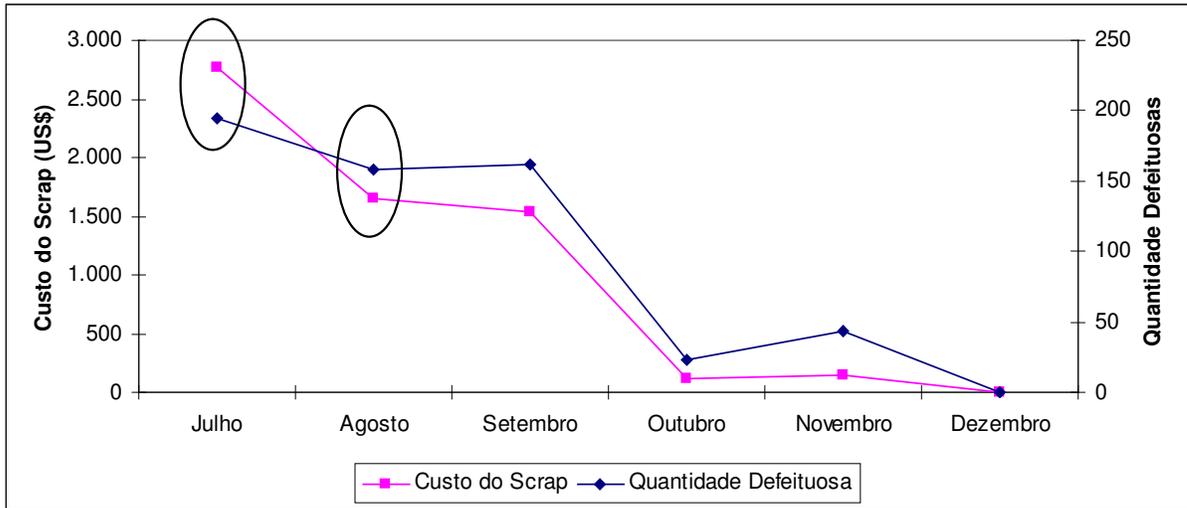


Gráfico 3 – Projeto 1: Comparação da quantidade defeituosa com o custo do scrap.

Por que os custos de avaliação no mês de julho são maiores em relação aos outros meses?

A explicação do Supervisor Geral da Qualidade para esse custo em julho ter sido tão alto, quando comparado aos outros meses, se dá principalmente devido a dois fatores:

- foi computado nesse mês o valor da auditoria externa de manutenção do Sistema da Qualidade (fator de baixa influência);
- e, principalmente, pelo volume de produção ter sido menor que nos outros meses. O custo de avaliação, dependendo da variação de volume, é relativamente constante. Por exemplo: um equipamento de teste pode testar até 100 peças por dia. O valor total da sua depreciação é o mesmo se ele testar 1 ou 100 peças, porém o valor da depreciação alocado na peça será maior quanto menor for a quantidade testada (ver gráfico 4).

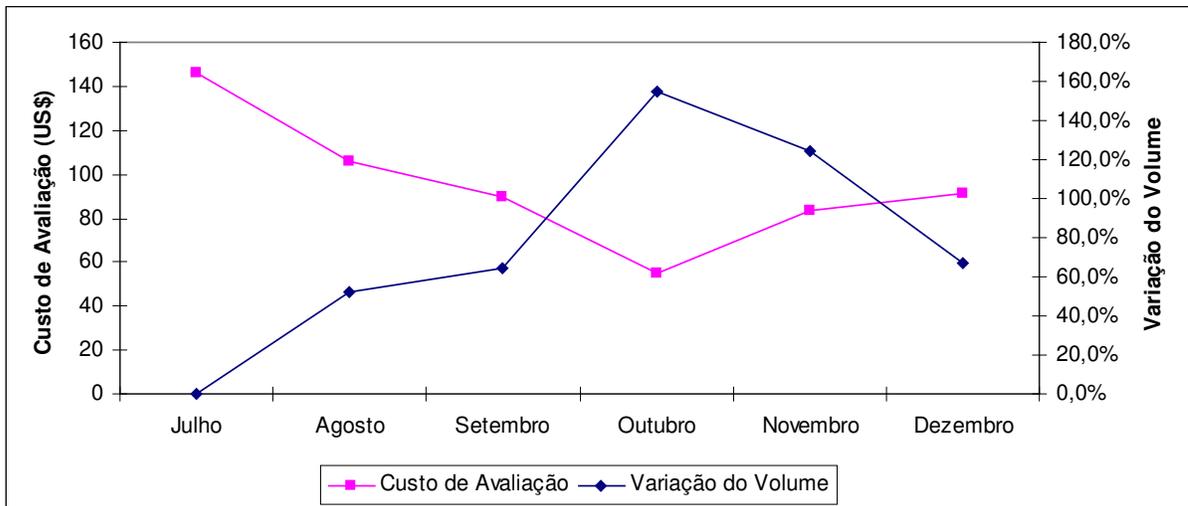


Gráfico 4 – Projeto 1: Comparação do Custo de Avaliação com a Variação do Volume.

Por que os custos de prevenção no mês de julho são maiores em relação aos outros meses?

A explicação para esse fato é análoga à explicação dada para os custos de avaliação: o volume de produção do mês de julho foi bastante inferior aos outros meses e, dependendo da variação de volume, o custo de prevenção deve se manter relativamente constante. Tal fato faz com que, ao se dividir esse custo pelo montante produzido, possa se obter um valor superior.

A semelhança dos gráficos 4 e 5 reforçam a explanação dada.

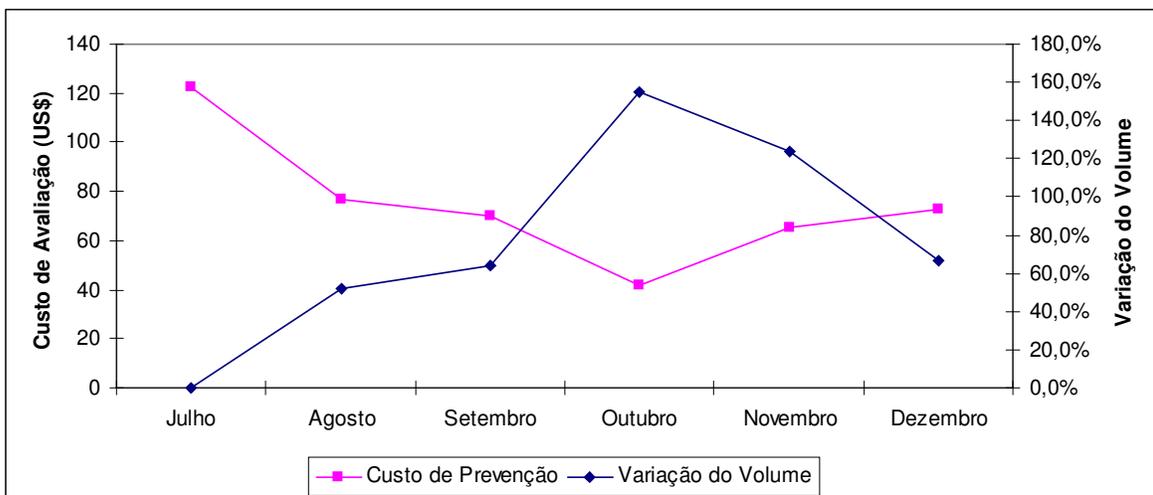


Gráfico 5 – Projeto 1: Comparação do Custo de Prevenção com a Variação do Volume.

Uma vez discutido o valor atípico do mês de julho, será iniciada agora a análise da relação entre os custos da qualidade com o nível-sigma do processo.

Inicialmente, compara-se os custos de avaliação com o nível σ do processo (gráfico 6). Este gráfico considera o custo de avaliação por volume produzido.

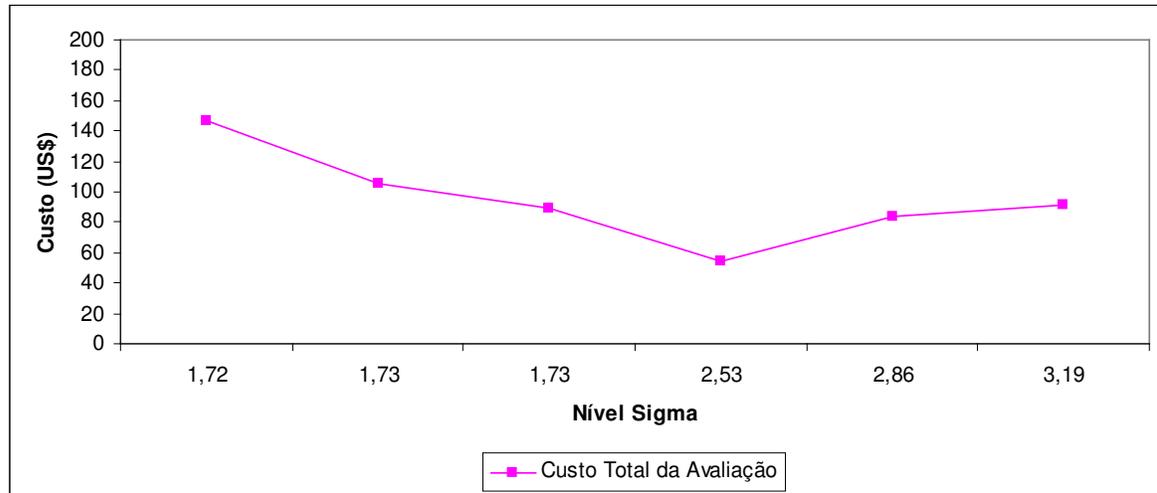


Gráfico 6 – Projeto 1: Comparação do Custo de Avaliação com o Nível-Sigma.

Uma análise preliminar no gráfico 6 sugere que o custo da avaliação diminui até o nível de $2,53\sigma$ passando a partir desse ponto a aumentar com a melhoria do processo.

Este perfil do gráfico, no entanto, como já foi explicado, deve-se ao fato de se estar considerando os custos por volume produzido, ou seja, para um mesmo custo, quando se varia a produção, o “valor unitário” também varia.

Isso pode ser também observado no gráfico 7, onde se manteve os valores coletados sem considerar a variação de volume. Nesse gráfico pode-se observar e concluir que o custo da avaliação não apresenta nenhuma tendência de crescimento ou diminuição dos valores (permanece constante).

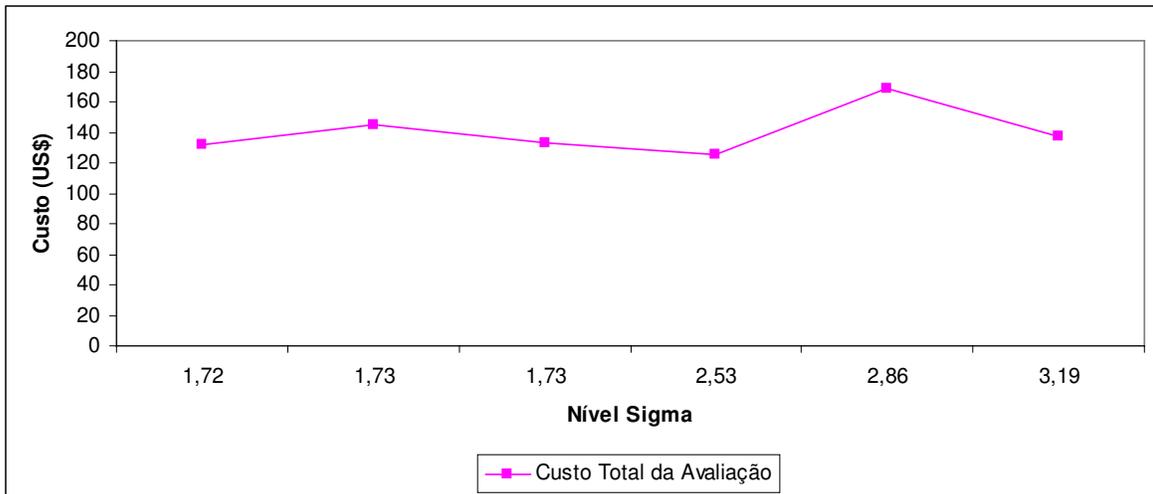


Gráfico 7 – Projeto 1: Comparação do Custo de Avaliação com o Nível-Sigma.
(Gráfico gerado sem considerar a variação de volume).

Quanto ao custo de prevenção, de maneira análoga ao de avaliação, uma análise preliminar no gráfico 8 sugere que o mesmo diminui até o nível de $2,53\sigma$ passando a partir desse ponto a aumentar com a melhoria do processo.

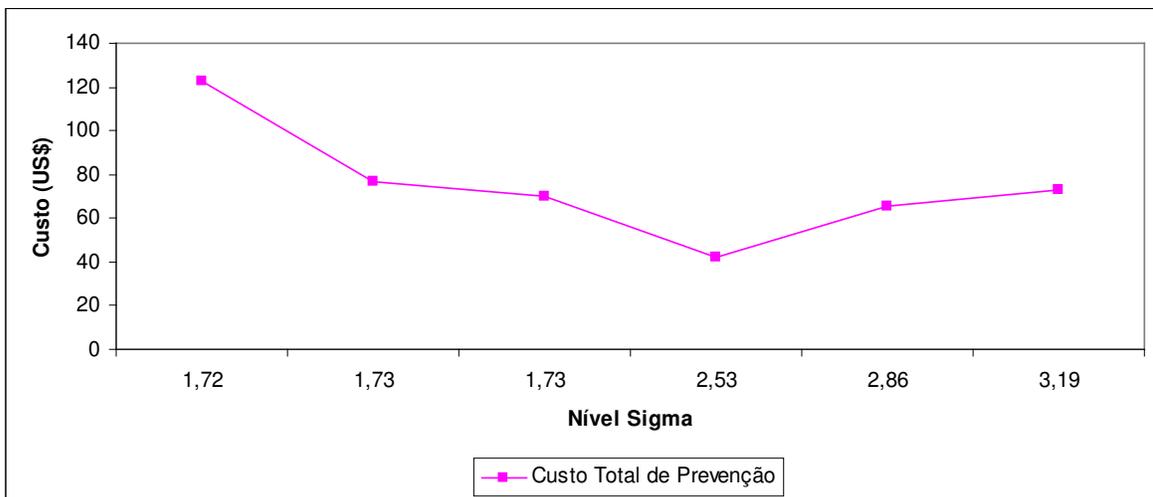
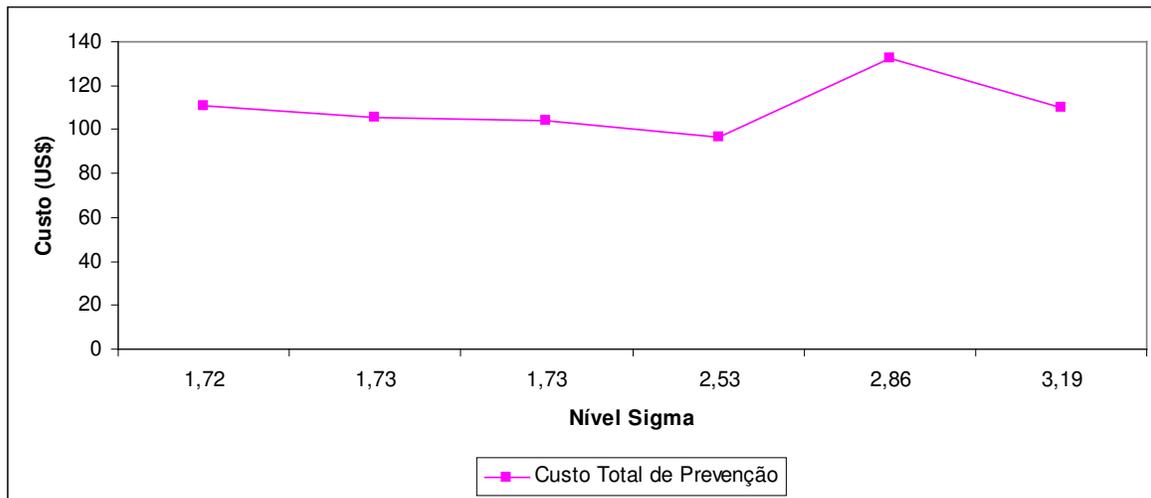


Gráfico 8 – Projeto 1: Comparação do Custo de Prevenção com o Nível-Sigma.

Mais uma vez, este perfil do gráfico, deve-se ao fato de se estar considerando os custos por volume produzido, o que faz com que o seu “valor unitário” varie. Se forem mantidos os valores sem considerar a variação de volume (gráfico 9) pode-se observar que o custo da prevenção também apresenta variações pequenas em relação ao nível-sigma, que

permite concluir não haver nenhuma tendência de crescimento ou diminuição do mesmo, ou seja, permanece constante.



**Gráfico 9 – Projeto 1: Comparação do Custo de Prevenção com o Nível-Sigma.
(Gráfico gerado sem considerar a variação de volume).**

É importante ressaltar que a empresa não considera o valor investido no treinamento para os *Black Belts* e *Green Belts*. O que poderia alterar os dados mas não sua tendência, pois assim como a depreciação, a amortização teria um valor constante.

Os custos de treinamento são alocados nos próprios projetos, abatendo assim do seu resultado. Isso é feito pois os projetos Seis-Sigma deveriam pagar a si próprios. Também a equipe que trabalha nos projetos, não tem suas horas registradas no custo da qualidade, e sim, no projeto em si.

Para o custo da falha, verifica-se que os mesmos diminuem com o aumento do nível de qualidade do processo (gráfico 10), apesar do projeto Seis-Sigma não ter alcançado ainda o nível de desempenho Seis-Sigma. Vale destacar que no projeto analisado inicialmente a maior parcela dos custos da qualidade são os custos de falha.

O gráfico do custo da falha sem a influência do volume de produção não foi exposto por ser seu comportamento semelhante ao gráfico 10.

Esta evidência confirma as citações dos autores, observadas no decorrer deste trabalho, onde, o desenvolvimento de Projetos Seis-Sigma implicou em reduções consideráveis nos custos de falha. O gráfico 10 evidencia essa análise.

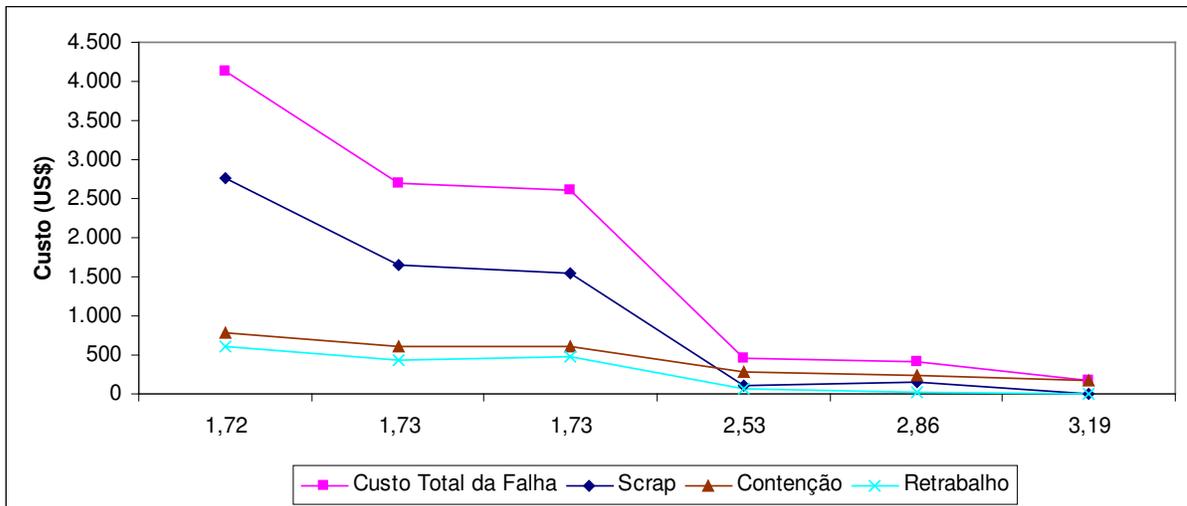


Gráfico 10 – Projeto 1: Comparação do Custo da Falha com o Nível-Sigma.

4.6 PROJETO 2 – MELHORIA DA ÁREA DE CORTE DE CABOS GROSSOS E PRENSAS MANUAIS PARA APLICAÇÃO DE TERMINAIS

Esse projeto Seis-Sigma envolveu várias áreas. Para esse trabalho em questão, selecionaram-se as atividades realizadas nas áreas que utilizam máquinas de corte para cabos grossos e prensas manuais para aplicação de terminais. Essa área possui as prensas para os serviços mais pesados.

Foi escolhida essa área pois, assim como no projeto anterior, a mesma permitiu analisar através de dados, a melhora de desempenho e o impacto que o mesmo causou no custo da qualidade.

O projeto foi realizado no período de junho à setembro de 2003, envolvendo 5 pessoas, sendo um *Black Belt* e quatro outros funcionários trabalhando em tempo parcial

Através de consulta aos documentos e registros do projeto Seis-Sigma e posterior análise crítica por parte do Supervisor Geral da Qualidade, descreve-se seu resumo:

Definição: através das análises dos dados de custo da qualidade, algumas áreas foram escolhidas para serem objetos de estudo para projetos Seis-Sigma. As não conformidades na aplicação dos terminais na área em questão representavam 8,5% dos custos de falhas. Após estratificação e aplicação do princípio de Pareto (poucos vitais), foram definidos os principais equipamentos / sub processos a serem trabalhados. Tratava-se de uma máquina para corte de

fios de bitola grossa e também de uma ferramenta para a aplicação de terminais em fios também de bitolas grossas.

Principais ferramentas usadas nessa fase: Pareto, SIPOC e PMAP

Medição: as medições feitas no processo, mostraram que o custo das falhas era composto, em mais de 60 %, pelas categorias de *scrap* e retrabalho. Isso fez com que a equipe se concentrasse nesses itens por todo o projeto.

Não houve necessidade de se fazer MSE para os subprocessos trabalhados.

Principais ferramentas usadas nessa fase: Gráficos de Controle e Paretos.

Análise: o PMAP continuou a ser construído, seguindo os processos para os piores componentes de cada um dos problemas e avaliando as variações dos principais *inputs* dos mesmos.

As análises definem melhor o problema inicial, que seria a variação no posicionamento do terminal durante a sua crimpagem pela ferramenta de aplicação de terminais e a danificação, seja por corte ou apenas por marca, dos filamentos dos fios de bitolas grossas durante o corte na máquina de corte.

A equipe concluiu que a ferramenta de aplicação não possuía força suficiente para garantir o posicionamento do terminal durante a crimpagem do mesmo, fazendo com que a sua posição variasse durante o processo.

Com relação à máquina de corte, ficou clara a dificuldade dos operadores em definir o ajuste ideal do equipamento para o início do corte. Esse ajuste deveria ser redefinido, desde a regulagem dos equipamentos pré-alimentadores até a definição adequada das lâminas de corte a serem usadas para cada tipo de cabo, independentemente do diâmetro do fio (bitola).

Principais ferramentas usadas nessa fase: FMEA, PMAP e Pareto

Melhoria: as ações tomadas foram de fácil implementação. A ferramenta de aplicação de terminais teve seu pistão alimentador substituído por um de maior força, enquanto a máquina de corte recebeu nova folha de processo e novo procedimento operacional, além dos treinamentos necessários aos operadores.

Controle: mais uma vez, na fase de controle, a equipe verificou a implementação das ações, sua eficácia, e institucionalizou o novo processo.

Baseado no PMAP e nas ações tomadas, a equipe revisou o FMEA e os Planos de Controle.

4.6.1 ANÁLISE DOS DADOS

Assim como no primeiro projeto, os custos da qualidade foram indexados ao mesmo fator desconhecido para se manter o sigilo das informações, também para manter maior fidelidade aos fatos, os valores de custos foram indexados ao volume de produção.

O nível-sigma mais uma vez foi calculado em função dos produtos não conformes apontados pelo indicador de “Qualidade da Primeira Vez” e os custos estão representados em dólares.

Manteve-se o mesmo padrão de análise do estudo anterior, e por isso o custo de falhas foi detalhado em três categorias, *scrap*, retrabalho e contenção. Nesse caso, não houve nenhuma contenção imposta ao processo (algumas atividades de seleção de lote foram incluídas nas horas gastas com o retrabalho).

As outras categorias dentro do custo de falhas não foram computadas pela equipe durante o acompanhamento do trabalho por se considerar que não estão sendo influenciadas pelas atividades do projeto.

Como o interesse desta dissertação é analisar a relação entre o nível-sigma e os custos da qualidade, estes se limitaram ao montante dos custos de avaliação e prevenção..

A variação de volume é relativa ao mês de junho, por isso, na tabela 5, esse mês tem variação de volume igual a zero. (mês de referência)

Os dados podem ser vistos na tabela 5

Meses	CUSTOS (US\$)								Nível σ	Variação do Volume
	Falha (Interna e Externa)				Avaliação	Prevenção	Geral			
	Scrap	Contenção	Retrabalho	Total	Total	Total	Total			
Junho	273	0	527	800	1.227	505	2.531		3,37	0%
Julho	131	0	294	425	942	546	1.913		3,46	30%
Agosto	11	0	38	49	872	298	1.219		4,04	27%
Setembro	60	0	35	95	834	248	1.177		4,06	25%

Tabela 5 – Projeto 2: Custos da Qualidade, Nível-Sigma e Variação de Volume.

Fonte: Relatórios de Custo da Qualidade da empresa (2003).

Através do acompanhamento mensal, pode-se ver no gráfico 11 que o custo de qualidade total foi decrescendo à medida que o projeto foi se desenvolvendo.

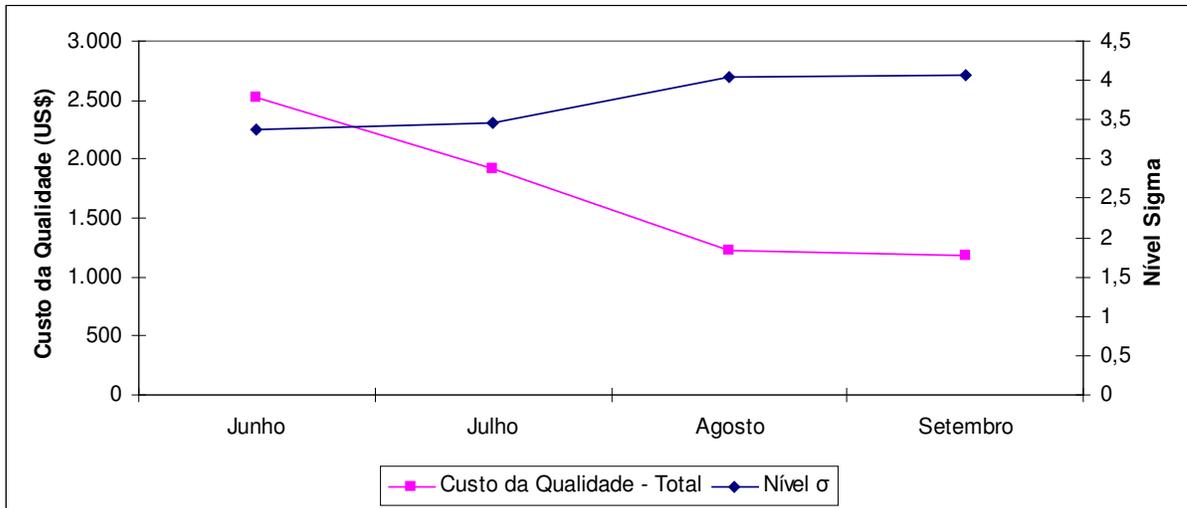


Gráfico 11 – Projeto 2: Acompanhamento mensal dos Custos da Qualidade e Nível-Sigma.

Ao se analisar o custo de avaliação para esse projeto, com o auxílio do gráfico 12, conclui-se que o mesmo permanece constante, apesar da ligeira tendência de melhora conforme o processo tem aumentado seu nível-sigma.

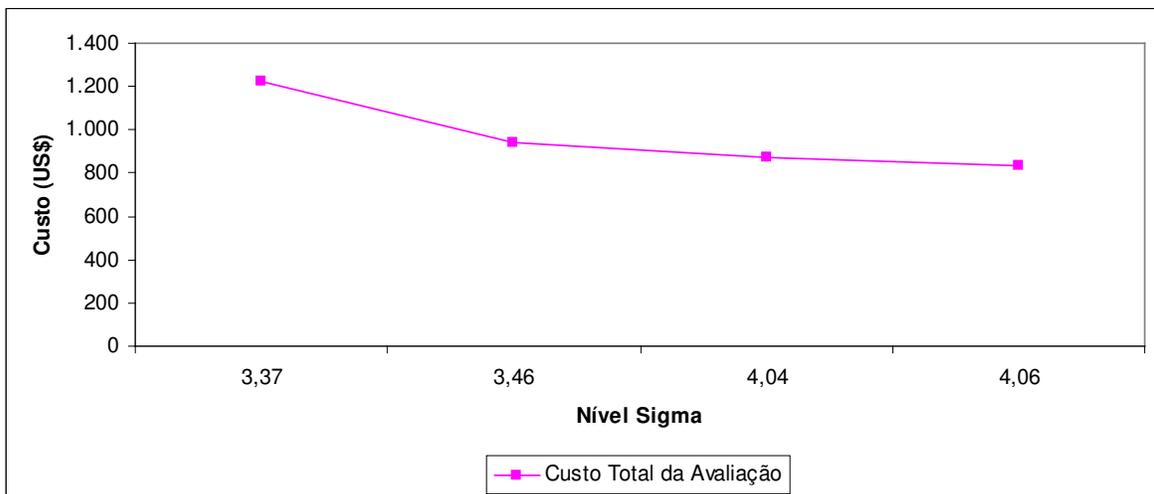


Gráfico 12 – Projeto 2: Comparação do Custo de Avaliação com o Nível-Sigma.

A conclusão de que o custo da avaliação permanece constante pode ser reforçada ao se analisar o gráfico 13, onde os dados são exibidos sem a influência do volume.

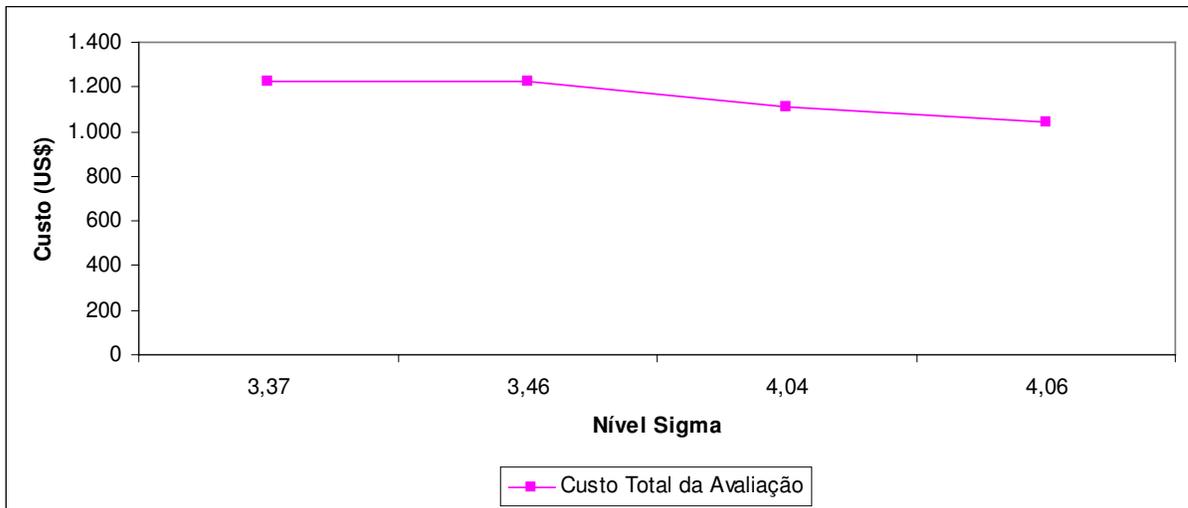


Gráfico 13 – Projeto 2: Comparação do Custo de Avaliação com o Nível-Sigma.
(Gráfico gerado sem considerar a variação de volume).

Já o custo de prevenção, segundo o gráfico 14, se comporta com tendência decrescente, com o aumento do nível-sigma (melhoria do processo).

O aumento do custo para o nível σ 3,46 quando comparado com o nível σ 3,37 deve ser desprezado pois é bastante clara a tendência de diminuição deste custo. Aqui também não foram considerados os valores gastos com treinamentos para os *Black Belts* e *Green Belts*.

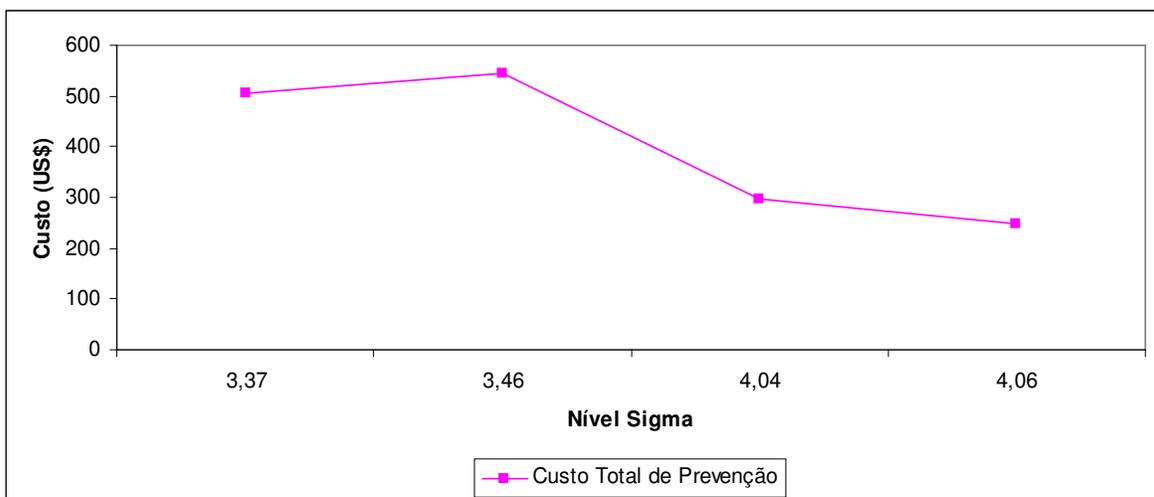


Gráfico 14 – Projeto 2: Comparação do Custo de Prevenção com o Nível-Sigma.

Mais uma vez, pode usar também os dados do custo de prevenção sem que se considere a variação do volume, conforme gráfico 15. A conclusão continua sendo a mesma, de que essa categoria de custo se comporta com tendência decrescente com o aumento do nível-sigma.

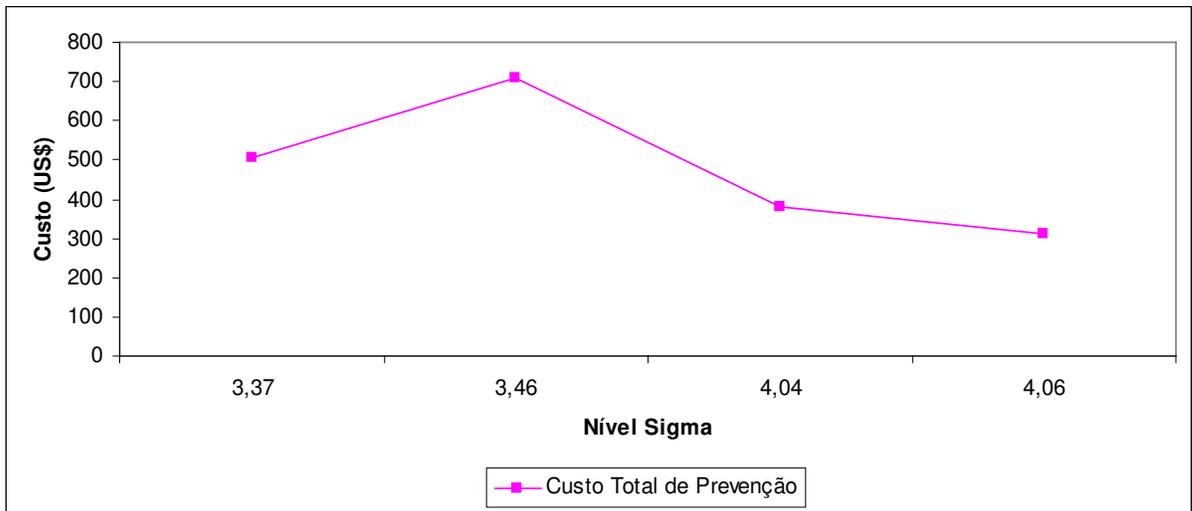


Gráfico 15 – Projeto 2: Comparação do Custo de Prevenção com o Nível-Sigma.
(Gráfico gerado sem considerar a variação de volume).

Utilizando-se o gráfico 16, pode-se verificar que o custo de falha se comporta de maneira similar ao da prevenção, ou seja, nota-se a diminuição desses custos à medida que se aumenta o nível-sigma do processo. Sem a influência da variação do volume, o gráfico se comporta de maneira semelhante, por isso o mesmo não foi exposto.

Há, aqui, um pequeno acréscimo no custo de falha após o nível de qualidade ultrapassar 4,04 sigma. Não há dados porém, para se concluir que esses custos irão continuar nessa tendência de crescimento. Assim, dadas as informações disponíveis, é possível afirmar que a melhoria do nível-sigma implicou na redução dos custos de falha.

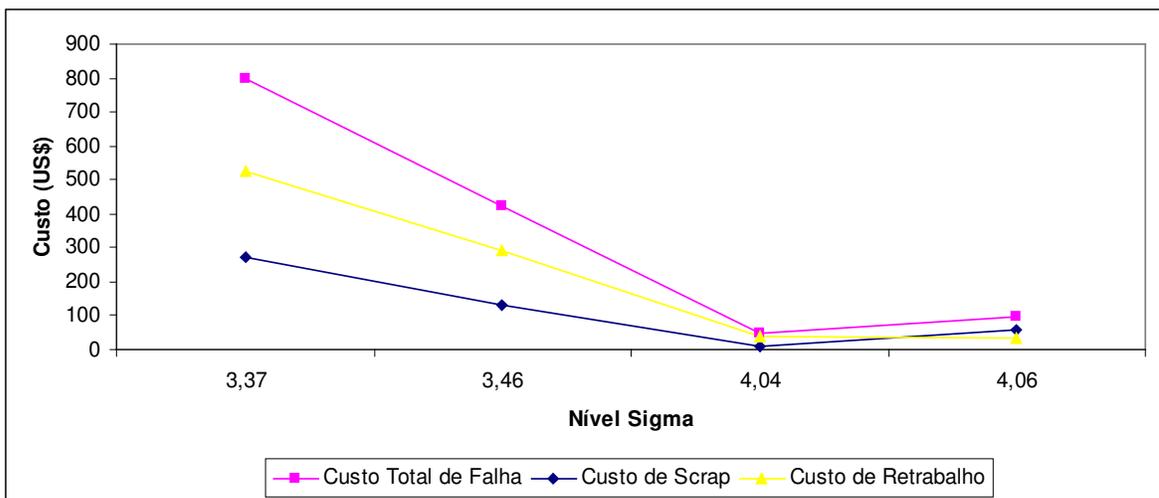


Gráfico 16 – Projeto 2: Comparação do Custo de Falha com o Nível-Sigma.

4.7 ANÁLISE DOS DADOS PARA AMBOS OS PROJETOS

A seguir, faz-se uma breve análise de ambos os projetos com o intuito de permitir uma melhor visualização das conclusões à que o trabalho levou.

Inicialmente, pode se ver pelo gráfico XXX que o aumento do nível-sigma implicou na queda do custo total da qualidade, em ambos os projetos do estudo de caso.

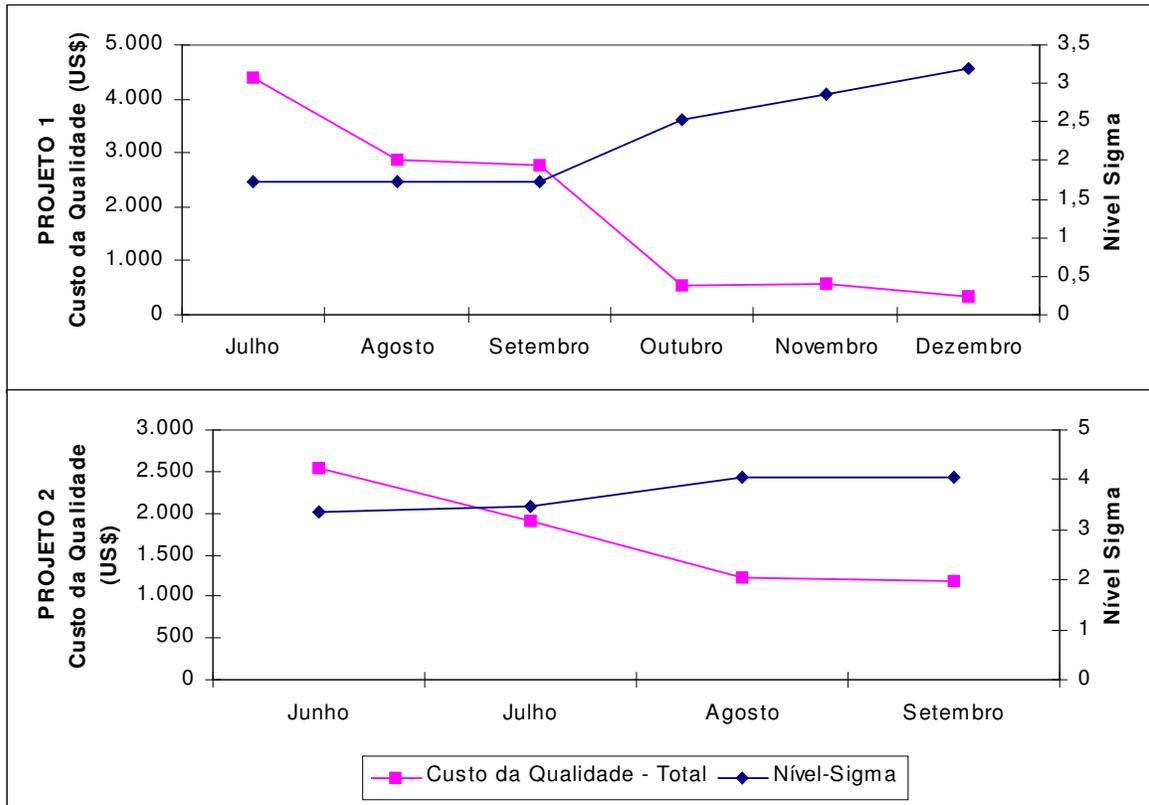


Gráfico 17 – Projetos 1 e 2: Acompanhamento dos Custos da Qualidade e Nível-Sigma.

Para o custo de avaliação, duas análises se fazem necessárias: a primeira, considerando a variação de volume (gráfico 18), e a segunda, sem essa variável (gráfico 19).

Pelo que foi exposto anteriormente, baseado na segunda análise, onde a variação de volume é desprezada, pode se concluir que o aumento do nível-sigma implicou em custos de avaliação constantes.

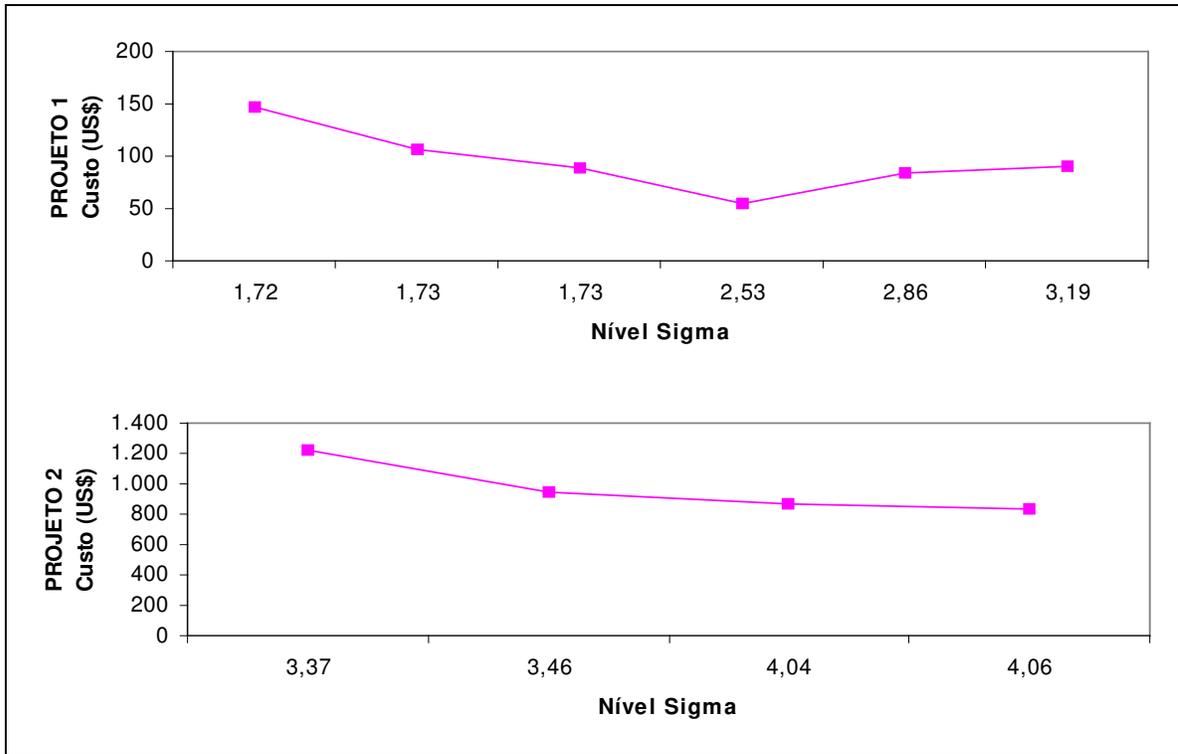


Gráfico 18 – Projetos 1 e 2: Comparação do Custo de Avaliação com o Nível-Sigma (Gráfico gerado considerando a variação de volume).

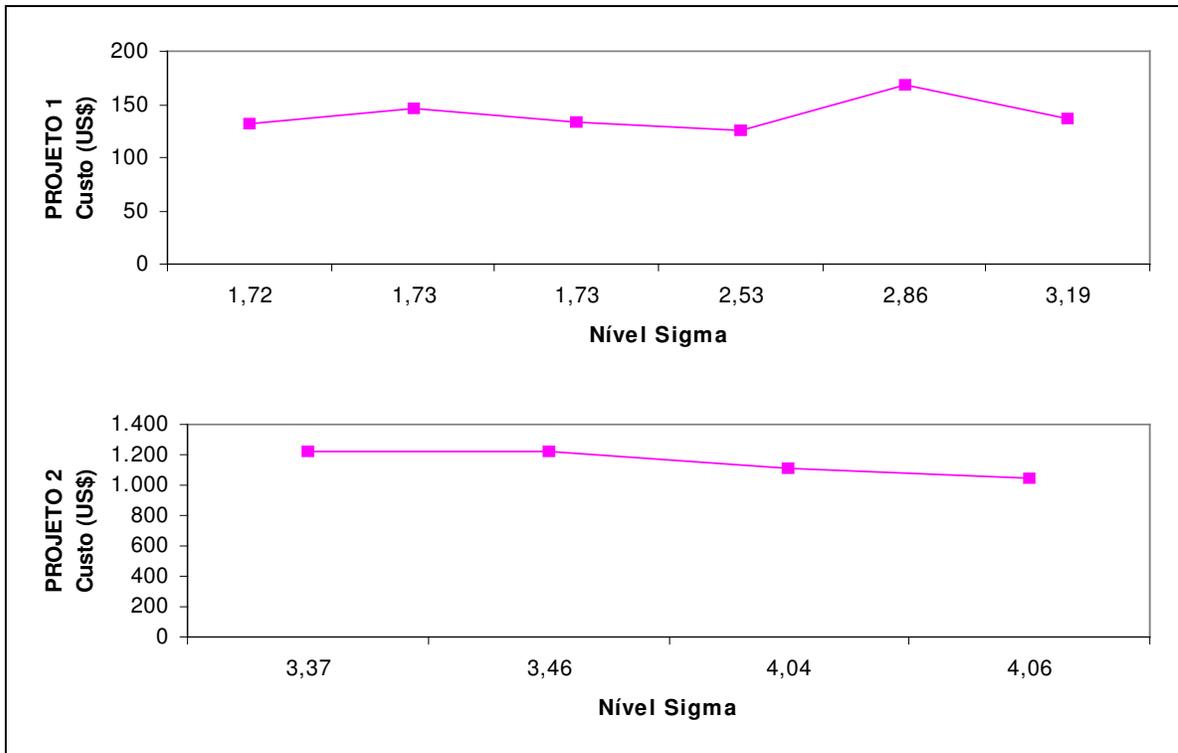


Gráfico 19 – Projetos 1 e 2: Comparação do Custo de Avaliação com o Nível-Sigma (Gráfico gerado sem considerar a variação de volume).

O custo de prevenção também necessita das análises dos gráficos considerando a variação de volume (gráfico 20), e desprezando essa variação (gráfico 21).

A conclusão é que houve uma tendência de ligeira queda nos custos de prevenção à medida que o nível-sigma aumentou.

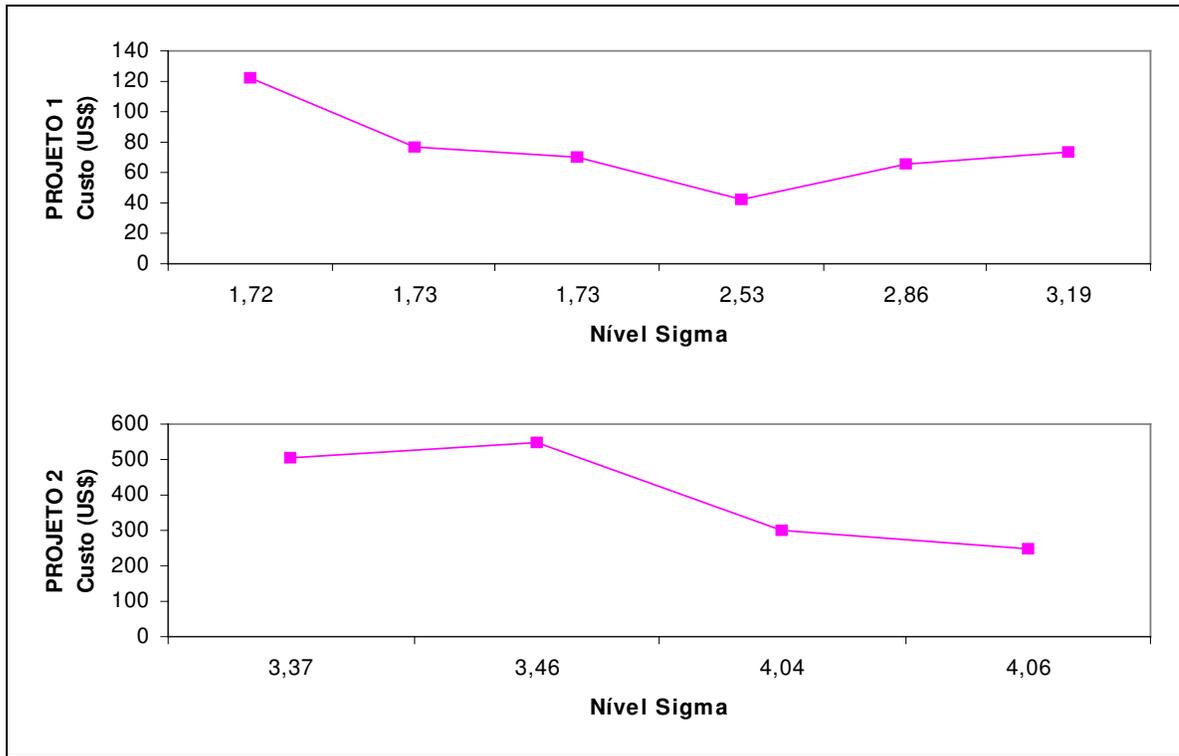


Gráfico 20 – Projetos 1 e 2: Comparação do Custo de Prevenção com o Nível-Sigma. (Gráfico gerado considerando a variação de volume).

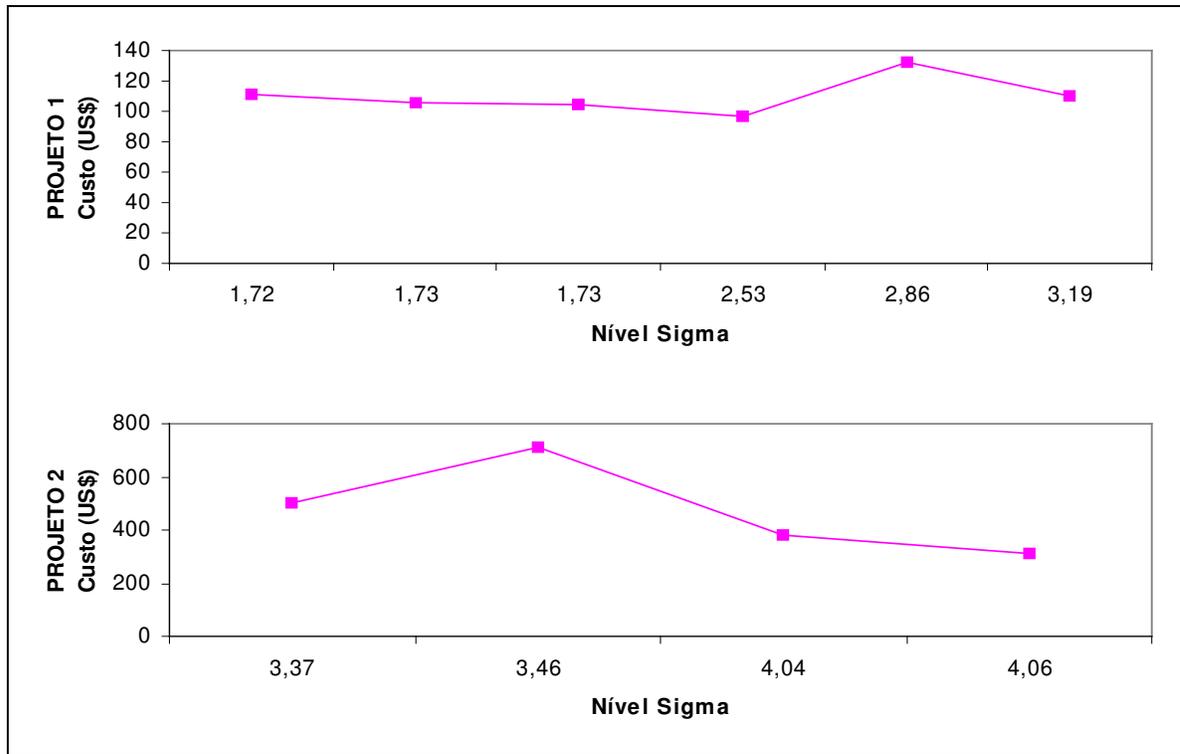


Gráfico 21 – Projetos 1 e 2: Comparação do Custo de Prevenção com o Nível-Sigma (Gráfico gerado sem considerar a variação de volume).

Por último, analisa-se o custo da falha. Para essa análise utiliza-se apenas o gráfico que considera a variação de volume (gráfico 22), uma vez que o mesmo possui perfil idêntico ao gráfico sem essa variação.

A conclusão que se chega é que o aumento do nível-sigma implicou na redução dos custos da falha.

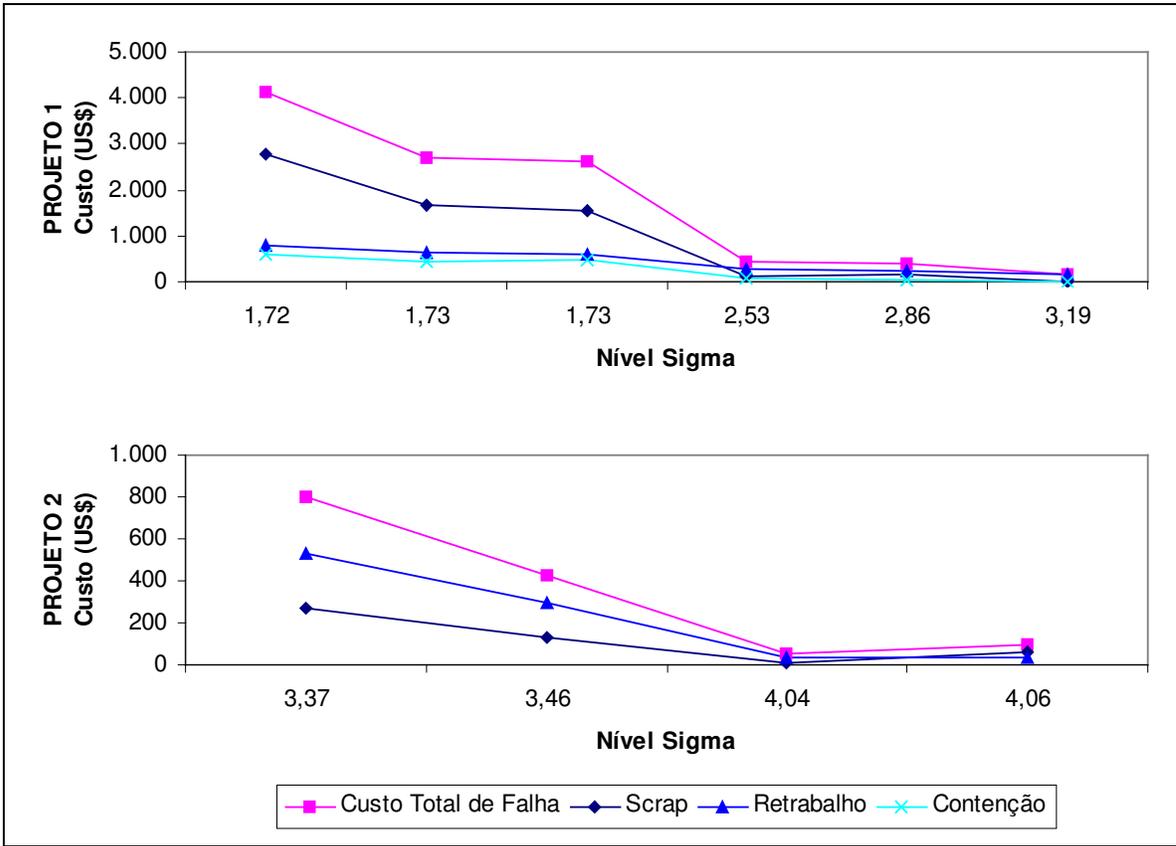


Gráfico 22 – Projetos 1 e 2: Comparação do Custo da Falha com o Nível-Sigma (Gráfico gerado sem considerar a variação de volume).

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES PARA A EMPRESA E PARA FUTUROS TRABALHOS

5.1 CONCLUSÕES

Apesar de se trabalhar com dois projetos distintos, em processos similares, desenvolvidos em unidades diferentes, da empresa objeto de estudo, pode se observar resultados similares e coerentes entre o nível-sigma e os custos da qualidade (quadro 5).

Pergunta de pesquisa	Projeto 1	Projeto 2
Qual a relação entre o nível-sigma e os custos de avaliação?	O custo de avaliação permanece constante	O custo de avaliação permanece constante.
Qual a relação entre o nível-sigma e os custos de prevenção?	O custo de prevenção se mantém constante para os diferentes níveis sigma.	O custo de prevenção se comporta com tendência de diminuição à medida que o nível-sigma cresce.
Qual a relação entre o nível-sigma e os custos de falhas?	Há uma clara tendência de diminuição dos custos da falha à medida que o nível-sigma melhora (aumenta).	Os custos da falha diminuem com o aumento do nível-sigma do processo.

Quadro 5 – Perguntas de pesquisa e evidências identificadas nos projetos 1 e 2.

O objetivo geral do trabalho é analisar a relação que existe entre as medidas de desempenho: nível-sigma e custos da qualidade, que se desdobra em objetivos específicos.

Assim, destacam-se abaixo os objetivos específicos:

Vale ressaltar que as conclusões limitam-se aos projetos analisados, ou seja, não podem ser generalizadas.

Objetivo 1: Identificar como os investimentos realizados nos projetos Seis-Sigma estão sendo absorvidos pelos custos da qualidade.

A empresa não aloca nos custos da qualidade todos os custos relativos aos projetos Seis-Sigma, como por exemplo o treinamento aos *Black Belts* ou a compra de equipamentos. Esses são tratados separadamente em uma planilha financeira, o que permite avaliar melhor a viabilidade dos mesmos.

Alguns custos específicos oriundos dos projetos como o treinamento aos operadores devido à mudança do processo, são mensurados nos custos da qualidade.

Objetivo 2: Analisar a relação entre o nível-sigma e os custos de prevenção e avaliação.

Como se pode ver no quadro 5, os custos de avaliação não variam, enquanto os de prevenção, se mantêm constantes a níveis-sigma inferiores, com tendência de diminuição para os níveis-sigma maiores.

Isso não invalida o modelo de Juran e Gryna (1988) (vide figura 4), pois com o aumento do número de projetos existentes, os custos da avaliação e prevenção começam a receber influências benéficas de outros projetos o que faz com que os mesmos não aumentem, obrigatoriamente, com a diminuição da ocorrência de falhas.

Objetivo 3: Analisar a relação entre o nível-sigma e os custos de falhas internas e externas.

Para os custos da falha, o quadro 5 mostra a diminuição dos mesmos com o aumento do nível-sigma.

Objetivo 4: Analisar a integração entre o sistema de custos da qualidade e a metodologia Seis-Sigma.

O sistema de custo da qualidade pode ser usado como medida do desempenho dos projetos Seis-Sigma. Os projetos analisados mostram que essa é uma medida de real valor e descreve os verdadeiros ganhos obtidos no processo, sem objetivo de fazer algum tipo de propaganda de sucesso.

Permitem assim mensurar o impacto da metodologia Seis-Sigma.

Uma outra relação entre o sistema de custos da qualidade e a metodologia Seis-Sigma é que o primeiro pode ser usado como um selecionador de projetos a serem desenvolvidos. Isso pode ser visto claramente no projeto 2, onde os custos da qualidade foram utilizados na determinação do mesmo.

Como conclusão final, verificou - se para os projetos analisados, que o aumento do nível-sigma implicou em redução dos custos da qualidade, principalmente na parcela referente aos custos das falhas.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA A EMPRESA

Analisar a sistemática de alocação dos gastos incorridos nos projetos Seis-Sigma aos custos da qualidade.

5.3 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Algumas oportunidades para futuros trabalhos foram verificadas durante o estudo:

- analisar se a existência de custos da qualidade dentro da empresa facilita a implantação de projetos Seis-Sigma;
- propor uma sistemática para seleção de projetos Seis-Sigma que considere também os custos da qualidade;
- analisar a hipótese de que o modelo para os custos da qualidade ideais são influenciados pela quantidade de projetos Seis-Sigma existentes, e não pelo tempo decorrido;
- avaliar o impacto do DFSS nos custos da qualidade.
- avaliar a influência dos custos da qualidade no nível-sigma em processos administrativos; e
- desenvolver estudos comparando o impacto de outras metodologias, além do Seis-Sigma, (*Shainin, Kaizen, etc.*) no custo da qualidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONY, Jiju, BANUELAS, Ricardo. **Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program.** Measuring Business Excellence. 6, 4, p.20-27. 2002
- BAÑUELAS, R. ; ANTONY, J. **Going from Six Sigma to Design for Six Sigma: an Exploratory Study Using Analytic Hierarchy.** The TQM Magazine, v.15, n.5 , p. 334-344, 2003
- BÉRGAMO FILHO, Valentino. **Gerência Econômica da Qualidade Através do TQC: Controle Total da Qualidade.** São Paulo, Makron; Mc Graw Hill, 1991
- BERTELS, Thomas, PATTERSON, George. **Select Six Sigma projects that matter.** American Society for Quality Six Sigma Forum Magazine.v.3, n.1, p.13, 2003
- BLAKESLEE JR. Jerome A. **Implementando a Solução do Seis-Sigma.** Revista Banas Qualidade. Jan./2000.
- BOTTORFF, Dean L. **A Forma Certa de Controlar os Custos da Qualidade.** Tradução de Simone Martins. Controle da Qualidade, n.60, Maio 1997.
- BYRNE John A. **Jack Definitivo – Segredos do executivo do século.** Trad. Afonso Celso da Cunha Serra. Editora Campus, 2001.
- CALEGARE. Álvaro J. de A. **Técnicas de garantia da qualidade.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1985.
- CAMPANELLA, Jack. **Principles of Quality Costs.** 2.ed., Milwaukee, ASQC Quality Press,1990.
- CHOWDHURY, Subir. **The Power of Six Sigma.** Editora Dearborn Trade, USA, 2001
- CORAL, Eliza. **Avaliação e gerenciamento dos custos da não qualidade.** Dissertação (Mestrado) – UFSC, Florianópolis, 1996.
- CORONADO, R. B.; ANTONY, J. **Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations.** The TQM Magazine, v.14 n.2 , p. 92-99, 2002.
- CROSBY, Phillip B. **Qualidade é investimento.** 6.ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1994
- ECO, Umberto. **Como se faz uma tese.** São Paulo: Perspectiva, 1985.
- FEIGENBAUM, Armand V. **Total Quality Control.** Ed. Mc Graw Hill, 1991
- FERREIRA, Ivanildo A. **Custos da Qualidade. Seminário Internacional Qualidade e Produtividade – Avaliação e Custeio.** FIERGS, Porto Alegre, Set. 1993

- FRACISCHINI, Andresa S. N.; FRACISCHINI, Paulino G. **Análise comparativa dos programas TQC e Seis-Sigma**. ENEGEP 2001
- FUNDIN, Anders P., CRONEMYR, Peter. **Use customer feedback to choose Six Sigma Projects**. American Society for Quality Six Sigma Forum Magazine.v.3, n.1, p.17, 2003
- GARVIN, David A. **Gerenciando a qualidade: a versão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.
- GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1991.
- HARRINGTON, James. **Gerenciamento total da melhoria contínua**. Editora Makron Books. São Paulo. 1997
- HARRY, M. and SCHROEDER, R. **Six Sigma the breakthrough management strategy revolutionizing the word's top corporations**. Currency Publisher. 2000
- HARRY, Mikel J. **Six-Sigma: A Breakthrough Strategy for Profitability**. Revista Quality Progress, Maio 1998, ASQ Press
- HENDERSON, Kim M. , e EVANS, James R. **Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company**. Benchmarking: An International Journal, v.7 n.4, p.260-281, 2000
- JONES, Del. **Feds may unleash Six Sigma on Terrorism**. USA Today. 30/Outubro/2002
- JURAN, J. M., e GRZYNA, Frank M. **Controle da Qualidade: Conceitos , Políticas, Filosofia da Qualidade**. Tradução Maria Cláudia de Oliveira Santos. São Paulo, Makron Books, 1988. v.1.
- KLIEMANN NETO, Francisco J.; ANTUNES JUNIOR, José A.V. **Proposta de um Sistema de Custeio para Sistemas Just-in-Time de Produção**. Seminário Internacional Qualidade e Produtividade – Avaliação e Custeio. FIERGS, Porto Alegre, Set. 1993
- KUMPERA, Vitezlav. **Estratégia Gerencial Seis-Sigma - 6σ**. Revista BQ – Qualidade, Outubro de 1999 pág. 66/69.
- LASZLO, George P. **The role of quality Cost in TQM**. The TQM Magazine v.9, p.410-413, 1997
- LEÓN, Maria E., e AMATO NETO, João. **Inovação Tecnológicas de Pequenas e Médias Empresas do Setor de Telecomunicações: Principais obstáculos**. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – ENEGEP, Rio de Janeiro, 1999
- MARASH, S. A. **Six Sigma: Business Results Through Innovation**. ASQ's 54th Annual Quality Congress Proceeding, p.627-630, 2000.

- MERGULHÃO, Ricardo C. **Análise da implementação do Seis-Sigma em empresas de manufatura no Brasil.** Dissertação de Mestrado, UNIFEI, Itajubá, 2003.
- MITCHELL, B. **The Six Sigma Appeal.** Engineering Management Journal, p.41-47, 1992.
- MOTTA, Sandro de A. **Uma Contribuição para o Estudo da Integração dos Sistemas de Custos da Qualidade e do Custeio Baseado em Atividades.** Itajubá, 1997. Dissertação (Mestrado) – PPG, EFEI.
- MOURA, Eduardo C. **As Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade – implementando a melhoria contínua com maior eficácia.** São Paulo, Makron Books, 1994
- NEWBOLD, P. **Statistics for business and economics.** 4.ed. New Jersey, USA. Prentice Hall. 1994.
- PANDE, Peter S.; NEUMAN, Robert P.; CAVANAGH, Roland R. **Estratégia Seis-Sigma.** Trad. Bazón Tecnologia e linguística. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2001
- PYZDEK, Thomas. Uma ferramenta em busca do zero defeito. HSM Management. v.3 n.38, p.65-70, Maio-Junho, 2003
- REID, Dan R. **Purchaser and Supplier Quality – Going beyond ISO 9001, QS 9000 and TS 16949.** Revista Quality Progress, v. 35, n.8, p. 81-86, agosto, 2002
- ROBLES JR., Antônio. **Custos da Qualidade: uma estratégia para a competição global.** São Paulo, Atlas, 1994.
- ROTONDARO, R.G. et. Ali. **Seis-Sigma: Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços.** ed Atlas, 2002
- SAKURAI, Michiaru. **Gerenciamento integrado de custos.** São Paulo: Atlas, 1997.
- SANDERS, D., HILD, C. R. **Common Myths About Six Sigma.** Quality. Engineering., v.13 n.2, p.269-276, 2000.
- SCHNEIDERMAN, Arthur M. **Optimum Quality Costs and Zero Defects: Are They Contradictory Concepts?** Quality Progress, Novembro, 1986
- SILVA, Edna L.; MENEZES, Estera M.; **Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação.** Florianópolis, s.ed., 2000
- SILVA, Elizabete Ribeiro Sanches da. **O uso do abc no gerenciamento de custos: pesquisa-ação em uma agência bancária.** Florianópolis, 2000. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina
- TYSON, Thomas N. **Quality and Profitability: have controllers made the connection.** Management Accounting, p.38 – 42, Nov., 1987

WILSON, Mário Perez. **Seis-Sigma compreendendo o conceito, as implantações e os desafios**. Ed. Qualitymark, 2000

YIN, Robert K **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Trad. Daniel Grassi, 2.ed., Bookman, 2001