

METODOLOGIA SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DE CUSTOS:  
ESTUDO DE CASO SOBRE A REDUÇÃO DE CONSUMO DE ÓLEO SINTÉTICO NA  
OPERAÇÃO DE USINAGEM

Thiago Gomes Figueiredo

MONOGRAFIA SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DE CURSO DE ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PRODUÇÃO.

Aprovada por:

---

Prof. Marcos Martins Borges, D.Sc.

---

Prof. Paulo André Lobo, M.Sc.

---

Prof. Carlos Frederico Corrêa Ferreira, B.Sc.

JUIZ DE FORA, MG - BRASIL  
DEZEMBRO DE 2006

FIGUEIREDO, THIAGO GOMES

Metodologia Seis Sigma como Estratégia  
para Redução de Custos [Juiz de Fora] 2007

XIII, 40 p. 29,7 cm (Faculdade de  
de Engenharia/UFJF, B.Sc. Engenharia de  
Produção, 2007)

Monografia - Universidade Federal de  
Juiz de Fora, UFJF

1. Seis Sigma

I. UFJF II. Título ( série )

*Agradeço aos professores do departamento de Engenharia de Produção da UFJF pelo comprometimento e entusiasmo durante os ensinamentos acadêmicos, à BD, principalmente à Rosa, ao Bicalho e toda a Fábrica de Cânulas, pela oportunidade de aplicar os conceitos Seis Sigma num projeto real, aos meus pais pelo amor e carinho e à Taiga pelas brincadeiras.*

Resumo da monografia apresentada à Coordenação de Curso de Engenharia de Produção como parte dos requisitos necessários para a graduação em Engenharia Produção.

METODOLOGIA SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DE CUSTOS  
ESTUDO DE CASO SOBRE A REDUÇÃO DE CONSUMO DE ÓLEO SINTÉTICO NA  
OPERAÇÃO DE USINAGEM

Thiago Gomes Figueiredo

Dezembro/2006

Orientador: Marcos Martins Borges

Curso: Engenharia de Produção

Este trabalho tem como objetivo apresentar o estudo de caso de um projeto Seis Sigma realizado na empresa Becton Dickinson Indústrias Cirúrgicas Ltda, em Juiz de Fora - MG, demonstrando os recursos e as dificuldades inerentes a cada etapa do projeto que foi realizado durante quatro meses, envolveu uma grande equipe e propiciou um vultoso retorno financeiro nos meses seguintes à conclusão do projeto. O projeto foi realizado num setor de suporte à manufatura, ou seja, não havia interferência direta na qualidade do produto final, mas seu desempenho era primordial no sistema de gestão pela qualidade total, além de proporcionar redução acentuada nos custos de produção. Essa análise será realizada através da utilização da metodologia Seis Sigma (Six Sigma), demonstrando que é possível para qualquer empresa, independente do tamanho ou ramo de atuação, ser capaz de auferir resultados extremamente significativos, tanto do ponto de vista do aumento da qualidade e confiabilidade do produto/processo quanto da redução de custos e tempo de entrega, proporcionando vantagens competitivas estratégicas no respectivo ramo de atuação, capacitando a empresa a consolidar sua posição momentânea e, ao mesmo tempo, vislumbrar novos cenários extremamente atraentes.

Abstract of Thesis presented to UFJF as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Bachelor of Science (B.Sc.)

SIX SIGMA METHODOLOGY AS STRATEGY FOR COSTS REDUCTION  
CASE STUDY ABOUT THE REDUCTION OF THE SYNTHETIC OIL CONSUMPTION IN  
THE GRINDING OPERATION

Thiago Gomes Figueiredo

December/2006

Advisor: Marcos Martins Borges

Department: Production Engineering

This work has as purpose to show the case study of a project Six Sigma carried through in the company Becton Dickinson, in Juiz De Fora - MG, have been showing the resources and difficulties to each stage of the project that was carried through during four months, involved a great team and created a big financial return in the following months to the conclusion of the project. The project was carried through in a sector of support to the manufacturing, that is, it didn't have direct interference in the final product quality, but its performance was major in the system management for the total quality, beyond to created accented reduction in the production costs. This analysis will happen through the use of the Six Sigma methodology, showing that it's possible for any company, independent of the size or business performance, to be capable to gain resulted extremely significant, as much of the point of view of the increase of the quality and trustworthiness of the product/process how much of the costs reduction and delivery time, providing a strategical competitive advantages in the respective business performance, enabling the company to consolidate its current position and, at the same time, to glimpse new extremely attractive scenes.

## Índice do Texto

### Preliminares

Folha de Rosto .....	i
Ficha Catalográfica.....	ii
Agradecimentos .....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Índice do Texto .....	vi
Índice de Figuras .....	viii

### 1 – Introdução

1.1 – Considerações Iniciais.....	9
1.2 – Objetivos .....	9
1.3 – Justificativas .....	9
1.4 – Escopo do Trabalho.....	10
1.5 – Metodologia.....	10

### 2 – Fundamentação Teórica

2.1 – Histórico .....	11
2.2 – Seis Sigma .....	12
2.3 – Introdução à Metodologia Seis Sigma .....	15
2.4 – Seis Sigma x Abordagem Tradicional da Qualidade .....	17
2.5 – Por que Implementar a Metodologia Seis Sigma? .....	18
2.6 – Seis Sigma e Recursos Humanos: Formação de Equipes Eficazes.....	19
2.6.1 – <i>Classificação dos Integrantes das Equipes Seis Sigma</i> .....	19
2.6.1.1 – <i>Champions</i> .....	19
2.6.1.2 – <i>Master Black Belts</i> .....	20
2.6.1.3 – <i>Black Belts</i> .....	20
2.6.1.4 – <i>Green Belts</i> .....	20
2.6.1.5 – <i>Yellow Belts</i> .....	20
2.6.1.6 – <i>White Belts</i> .....	20
2.6.2 – <i>Seis Sigma e as Estratégias de Recursos Humanos nas Empresas</i> .....	20
2.7 – Seis Sigma e os Mitos Mais Comuns.....	21
2.7.1 – <i>Necessidade de Black Belts e Green Belts</i> .....	21
2.7.2 – <i>Duração dos Treinamentos</i> .....	21
2.7.3 – <i>Estabelecimento de Metas</i> .....	22
2.7.4 – <i>Aplicação nas Pequenas e Médias Empresas</i> .....	22

2.8 – Passos para a Implementação do Seis Sigma.....	23
2.9 – Metodologia Seis Sigma.....	24
2.9.1 – <i>Etapas</i> .....	24
2.9.2 – <i>Seleção de Projetos</i> .....	26
2.10 – Fatores Críticos de Sucesso.....	28
<b>3 – Estudo de Caso</b>	
3.1 – Descrição da Empresa .....	29
3.2 – Descrição do Projeto .....	29
3.2.1 – <i>Fase Definir</i> .....	30
3.2.2 – <i>Fase Medir</i> .....	32
3.2.3 – <i>Fase Analisar</i> .....	35
3.2.4 – <i>Fase Melhorar</i> .....	37
3.2.5 – <i>Fase Controlar</i> .....	40
3.2.6 – <i>Conclusões Finais</i> .....	43
<b>4 – Considerações Finais</b> .....	45
<b>5 – Bibliografia</b> .....	46
<b>Anexo: Design For Six Sigma</b> .....	47

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> <i>Gráfico de distribuição de probabilidade da função normal.....</i>	14
<b>Figura 2:</b> <i>Relação entre nível sigma, defeitos e custo de falha .....</i>	14
<b>Figura 3:</b> <i>Relação entre nível sigma e defeitos por milhão de oportunidades.....</i>	18
<b>Figura 4:</b> <i>Cadeia de geração de valor.....</i>	27
<b>Figura 5:</b> <i>Diagrama de causa e efeito para a perda do óleo X.....</i>	31
<b>Figura 6:</b> <i>Análise do sistema de medição da concentração de óleo na solução – Análise Gage R&amp;R.....</i>	33
<b>Figura 7:</b> <i>Análise do sistema de medição da concentração de óleo na solução – ANOVA .....</i>	34
<b>Figura 8:</b> <i>Análise da capacidade do sistema de medição da concentração de óleo na solução.....</i>	34
<b>Figura 9:</b> <i>Gráfico de Pareto demonstrando que o problema principal representava 84% do consumo de óleo.....</i>	36
<b>Figura 10:</b> <i>Boxplots para a identificação do período ideal entre as limpezas do sistema de filtração.....</i>	37
<b>Figura 11:</b> <i>Teste ANOVA para comparação de média – análise para reforçar as conclusões obtidas com os boxplots acima.....</i>	37
<b>Figura 12:</b> <i>Gráfico do efeito principal de cada variável analisada sobre a produtividade durante o experimento.....</i>	38
<b>Figura 13:</b> <i>Gráfico da interação entre os efeitos de cada variável analisada sobre a produtividade durante o experimento .....</i>	39
<b>Figura 14:</b> <i>Interval Plot para definição do período ideal entre as limpezas do sistema de filtração.....</i>	40
<b>Figura 15:</b> <i>Teste ANOVA para comparação de média de decantação – definição do período ideal entre as limpezas do sistema de filtração.....</i>	40
<b>Figura 16:</b> <i>Análise do sistema de medição da concentração de óleo na solução, após as melhorias no processo – Análise Gage R&amp;R.....</i>	41
<b>Figura 17:</b> <i>Análise do sistema de medição da concentração de óleo na solução, após as melhorias no processo – ANOVA .....</i>	42
<b>Figura 18:</b> <i>Análise da capacidade do sistema de medição da concentração de óleo na solução, após as melhorias no processo.....</i>	42
<b>Figura 19:</b> <i>Variação do consumo do óleo X – antes e após a conclusão do projeto seis sigma .....</i>	43
<b>Figura 20:</b> <i>Redução de custos no setor após a realização deste projeto seis sigma e de mais dois outros projetos que se suscederam .....</i>	44

## **Capítulo I**

### **INTRODUÇÃO**

#### **1.1) CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Quando se depara com o grande desafio de gerenciamento de um projeto audacioso (com uma grande equipe, prazos reduzidos, pouca disponibilidade de recursos e grande expectativa por parte dos clientes), numa área crítica para a produção de bens manufaturados, não se espera encontrar uma metodologia tão bem estruturada e eficaz, robusta e de fácil implementação.

Metodologia robusta, o Seis Sigma é uma prática usual nas grandes empresas, pois traz inúmeras vantagens a qualquer organização. Sejam vantagens econômicas, de processo, ambientais, de qualidade, confiabilidade, dentre tantas outras, permite à organização ostentar resultados significativos na conquista por mercados. Isto é extremamente importante no contexto atual de alta competitividade, que em determinados momentos chega a ser desleal.

#### **1.2) OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso sobre a aplicação da metodologia Seis Sigma, demonstrando como esta abordagem pode ser extremamente eficaz para proporcionar vantagem competitiva à organização que a executa. Durante a apresentação deste estudo será argumentado que, seja pela melhoria da qualidade ou pelas reduções de custo, esta metodologia, apesar de ser robusta e necessitar de disciplina para sua implementação, é capaz de proporcionar inúmeras outras vantagens competitivas.

#### **1.3) JUSTIFICATIVAS**

A partir da experiência acumulada durante a execução de um projeto Seis Sigma, concluído com muito sucesso, desenvolver-se-a este trabalho. O projeto concluído foi capaz de proporcionar vultuosos retornos financeiros à organização, capacitar outras pessoas, expandir as oportunidades de desenvolvimento de novos projetos, melhorar indicadores e a qualidade, além de outros benefícios indiretos. A metodologia Seis Sigma, por ser robusta, proporciona excelentes resultados.

A proximidade com as equipes que conduziam outros projetos similares, dentro da rotina de trabalho na empresa, também forneceu um forte embasamento para os assuntos que serão argumentados neste trabalho, pois pode-se observar tanto práticas bem sucedidas quanto erros durante a execução das etapas da metodologia Seis Sigma.

#### **1.4) ESCOPO DO TRABALHO**

Este estudo analisará o projeto Seis Sigma, intitulado Redução de Consumo do Óleo X, desenvolvido na empresa Becton Dickinson Indústrias Cirúrgicas Ltda, localizada em Juiz de Fora - MG, entre os meses de setembro e dezembro de 2005, no qual participaram a equipe de manutenção da fábrica, líderes e supervisores da área que utiliza o referido produto, além das áreas de suporte (engenharia, compras, materiais, almoxarifado, dentre outros). O objetivo do projeto era proporcionar 20% de redução de consumo do produto X, gerar maior confiabilidade ao processo (através da eliminação dos “ruídos” neste sistema) e reduzir a emissão de resíduos (decorrentes do sistema de filtração empregado).

Durante o desenvolvimento do projeto foi possível compreender a finalidade de cada etapa, entendendo como o todo é muito maior que a contribuição individual de cada etapa concluída.

Seguindo recomendação da empresa Becton Dickinson, todos os valores reais de consumo e monetários foram omitidos ao longo deste trabalho, bem como nas figuras inseridas no corpo deste. Entretanto, o contexto deste trabalho permite a transferência de informação sem perda de qualidade do assunto abordado.

#### **1.5) METODOLOGIA**

Após a definição do tema a ser abordado (metodologia Seis Sigma), com base no projeto realizado na empresa Becton Dickinson, elaborou-se um documento de qualificação deste estudo, abordando os objetivos deste tema e as justificativas para tal desenvolvimento. Somente após a aprovação deste documento, por parte da CTCC (Comissão de Trabalho de Conclusão de Curso), é que iniciou-se as pesquisas bibliográficas.

Realizou-se pesquisas bibliográficas em vários meios diferentes, como livros, revistas, boletins, informativos de empresas, sites, monografias e manuais de cursos Seis Sigma, permitindo extrair muitas informações sobre a referida metodologia, enriquecendo o corpo principal deste trabalho.

A terceira etapa da elaboração deste trabalho iniciou-se com o encadeamento dos dados reais do estudo de caso com a pesquisa bibliográfica relacionada ao tema abordado, levantando-se o “estado da arte” (“última palavra”) sobre gerenciamento de projetos, metodologia Seis Sigma e estratégia competitiva. Em seguida, estruturou-se estes temas dentro da dinâmica do projeto realizado, demonstrando as atividades intrínsecas e extrínsecas envolvidas. Posteriormente fez-se a concatenação destes conhecimentos para sistematizar/descrever as ações do projeto, melhorando a abordagem didática deste trabalho. As revisões, tanto bibliográficas quanto deste próprio trabalho, foram constantes e criteriosas.

## Capítulo II

### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 2.1) HISTÓRICO

A metodologia Seis Sigma é uma estratégia empresarial disciplinada e altamente quantitativa com foco no aumento da lucratividade e na melhoria dos resultados. Os fragmentos abaixo, da entrevista à HSM Management no artigo “*Seis Sigma: memórias do pioneiro*”, (www.minitab.com.br, 2006), trazem o depoimento de Robert W. Galvin, presidente do conselho de administração da Motorola, sobre a metodologia Seis Sigma, a qual ajudou a criar, explicando sua visão sobre a metodologia e os primeiros passos desta.

*“Muito antes de pensarmos no Seis Sigma, fizemos uma reunião de executivos. Nessa ocasião Art Sundry, diretor da área de rádios bidirecionais, declarou: ‘Nossa qualidade é nojenta’. Tínhamos 85% do market share mundial e estávamos conseguindo um crescimento de dois dígitos. A despeito disso, todos nós diretores levamos Sundry a sério. Rapidamente percebemos que, se conseguíssemos controlar a variação na produção, poderíamos fazer funcionar todas as peças e processos e alcançar um resultado final de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, ou seja, um nível Seis Sigma. Nosso pessoal cunhou o termo e ele ‘pegou’. Era prático, pois as pessoas entendiam que, quando se consegue controlar a variação, é possível obter resultados notáveis.”*

*“Nossos clientes não gostavam de nossos produtos. Decidimos agradecer-lhes. Aumentamos nossa capacidade de ouvir e levamos os clientes muito a sério. Deixamos nossa arrogância de lado. Nosso pessoal sabia que podia me dizer o que quisesse. Acredito que havíamos criado um clima que permitia às pessoas falar e influenciar a empresa.”*

*“Seis Sigma, de início, parece complicado, mas é um método que pode ser explicado a qualquer pessoa. Se conseguirmos tornar todas as peças idênticas, seremos capazes de fazer coisas de modo muito melhor. Na linha de produção, temos pessoas para quem tudo funciona, desde que consigam manter seu trabalho dentro da escala de qualidade. Elas dizem: ‘Ora, vejamos, consigo entender os dados estatísticos!’”*

Como pode-se observar, a origem do padrão Seis Sigma está num trabalho de benchmarking conduzido pela Motorola na década de 80, quando procurou-se um crescimento substancial das vendas e um grande aumento da qualidade dos produtos vendidos. Pesquisou-se empresas conhecidas pelos altos padrões de qualidade e níveis elevados de satisfação do cliente (conhecidas como “*best-in-class*”) e as comparou-se com as empresas médias. Os resultados das melhores empresas, as tais “*best-in-class*”, foram

próximos a 3,4 falhas por milhão, que é equivalente ao nível de seis sigma. A partir desta constatação, a Motorola estabeleceu como meta de qualidade a obtenção do Seis Sigma em 1993.

Em 1991, anos depois da Motorola ter recebido o prêmio nacional de qualidade Malcolm Baldrige, Robert W. Galvin escreveu o seguinte texto, que chamou de "*As heresias bem-vindas da qualidade*", do qual podemos destacar as seguintes "mensagens":

- *"Velho Testamento (VT): O controle da qualidade é uma responsabilidade do departamento de qualidade.*
- *Nova Verdade (NV): A melhoria da qualidade não é uma simples tarefa institucional, mas uma prioridade pessoal diária e uma obrigação de todos.*
- *VT: A melhor qualidade custa mais.*
- *NV: Se você aumenta a qualidade, os custos não têm por que aumentar.*
- *VT: Errar é humano.*
- *NV: A perfeição é a regra: total satisfação do cliente.*
- *VT: Os defeitos de qualidade devem ser divididos em categorias maiores e menores.*
- *NV: Só existe uma categoria de defeitos: intolerável!*
- *VT: Fazer bem as coisas exige tempo extra.*
- *NV: A qualidade não gasta mais tempo; economiza-o.*
- *VT: Não roubarás.*
- *NV: Roubarás idéias (não patenteadas) descaradamente."*

## **2.2 ) SEIS SIGMA**

A letra grega sigma (18ª letra do alfabeto grego) é também um símbolo matemático que representa uma medida de variação: a distribuição em torno da meta de qualquer processo ou procedimento. O termo Seis Sigma define uma medição da qualidade: 3.4 defeitos por milhão de eventos ou 99,99966% de perfeição. Um defeito é qualquer coisa que cause a insatisfação do cliente, tal como um produto que não atenda às especificações do cliente, serviço deficiente ou uma etiqueta com preço muito alto. Se uma organização puder reduzir a média de desvio de seus produtos, uma menor quantidade deles terá defeitos e haverá uma economia de custo.

Os resultados obtidos pelas empresas que adotaram a metodologia Seis Sigma foram maiores, melhores e muito mais significativos. Uma das grandes "mensagens" emanadas por esta metodologia é que a variabilidade do processo precisa ser entendida e controlada, e a maneira mais eficiente de se fazer esta análise é através da estatística. Tal conclusão também é afirmada por MARI (1997):

*“obtenha os dados de seu processo, transforme em dados estatísticos, resolva o problema estatisticamente, transforme os resultados em dados de seu processo.”*

Seis Sigma é uma estratégia gerencial de mudanças para acelerar o aprimoramento em processos, produtos e serviços. Baseando-se em uma série de filosofias, ferramentas e técnicas coordenadas adequadamente, consegue-se obter de forma rápida e eficiente benefícios para as indústrias, através da redução do desperdício, aumento da satisfação do cliente e melhoria de processos, com um enfoque em resultados financeiramente mensuráveis.

*“A maioria das empresas brasileiras opera em um nível três ou quatro Sigma, que significa que a cada um milhão de oportunidades, espera-se que o processo falhe 66.807 vezes e 6.210 vezes, respectivamente. As empresas que buscam o nível Seis Sigma procuram na verdade um nível de operação perto da perfeição - 3,4 defeitos por milhão de oportunidades”. (www.minitabbrasil.com.br, 2006).*

Embora muitas pessoas chamem a metodologia Seis Sigma de “estratégia inovadora” após conhecê-la pela primeira vez, trata-se de uma releitura das já conhecidas e eficazes idéias de W. E. Deming, ou seja, enxergar todo trabalho executado como sendo um processo, sempre sujeito à variação, que deve ser combatida para a obtenção de sua melhoria.

Em termos estatísticos, sigma (desvio padrão) é uma medida que quantifica a variação existente entre os resultados (produtos) de qualquer processo ou procedimento. Quanto menor o valor do desvio padrão, melhor o processo. A escala sigma é utilizada para medir o nível de qualidade associado a um processo. Quanto maior o valor alcançado na escala sigma, melhor. Quando se tem um processo seis sigma, não se espera obter mais do que 3,4 produtos defeituosos por milhão de unidades produzidas. As figuras 1 e 2 ilustram estas informações.

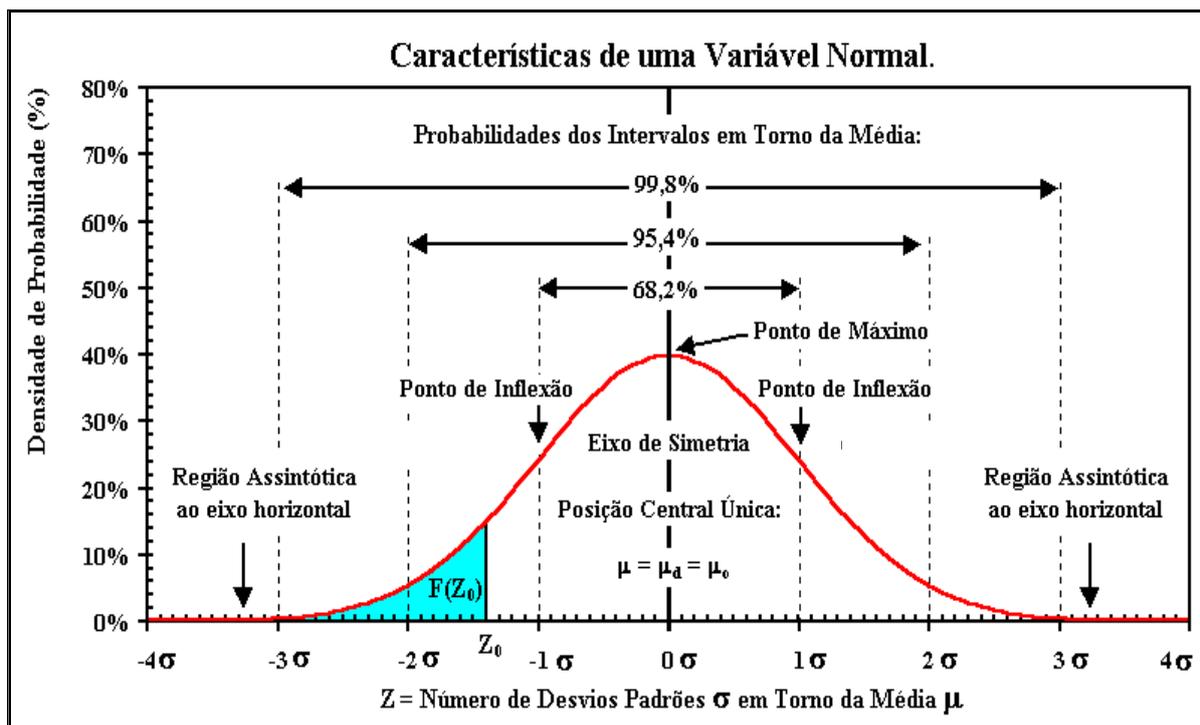


Figura 1: Gráfico de distribuição de probabilidade da função normal (Fonte: [www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br))

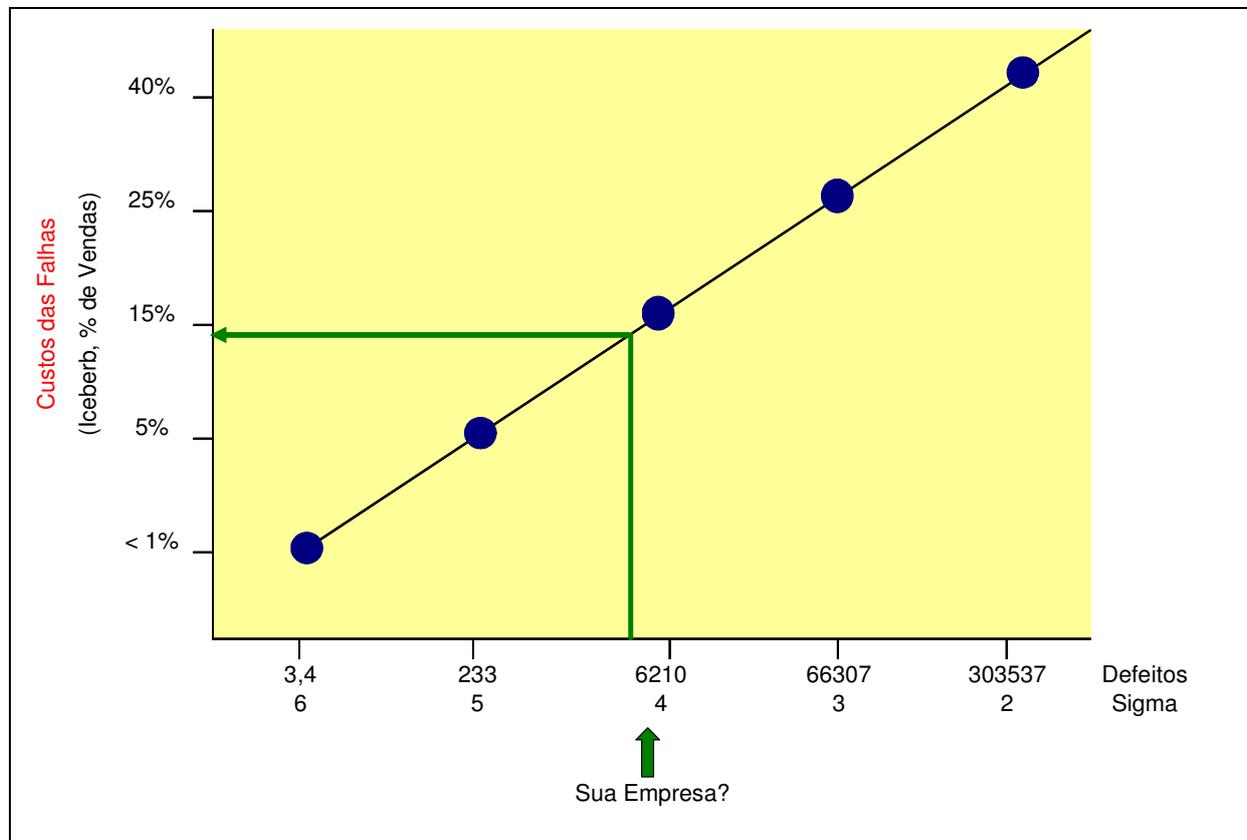


Figura 2: Relação entre nível sigma, defeitos e custo de falha (Fonte: Adaptado de MI Domenech)

### 2.3) INTRODUÇÃO À METODOLOGIA SEIS SIGMA

Atualmente, muitos clientes têm demandado, além de qualidade, a redução drástica de custos, uma maior flexibilidade na entrega de produtos e a diminuição do tempo de desenvolvimento de produtos, apenas para citar alguns. Estas exigências são uma nova realidade, representando maiores dificuldades para as empresas, que precisam rever suas vantagens competitivas para sustentar suas vendas e lucros. Por isso, surge a necessidade da implantação de uma metodologia robusta, conforme a opinião de SENGE et al. (1994):

*“as práticas inovadoras crescem por um certo tempo e depois param de crescer. Talvez elas cessem de vez. Talvez a iniciativa persista timidamente, como a religião de um pequeno grupo de fanáticos.”*

A definição de HARRY et al. (1998) sintetiza todo este contexto, adaptando-o à nossa realidade atual:

*“Seis Sigma é um processo de negócio que permite às organizações incrementar seus lucros por meio da otimização das operações, melhoria da qualidade e eliminação de defeitos, falhas e erros. A meta dos Seis Sigmas não é alcançar os Seis Sigmas de qualidade. Seis Sigma está relacionado à melhoria da lucratividade. Organizações que implementam Seis Sigma, fazem isso com a meta de melhorar seus lucros.”*

A metodologia Seis Sigma, em sua essência, consiste na adoção de um conjunto de técnicas comprovadas e na capacitação de um quadro de líderes da empresa, conhecidos como Black Belts, para que cheguem a um alto nível de eficiência na aplicação dessas técnicas. Empresas com sólidos programas Seis Sigma conseguem fazer produtos e serviços melhores, mais baratos e de forma mais rápida, uma vez que a metodologia contribui para prevenir defeitos, encurtar o ciclo de operações e reduzir custos.

Assim, o Seis Sigma deve ser baseado nos conhecimentos dos clientes e nos principais indicadores de desempenho de processo que preencham esses requisitos, pois alinha as necessidades da empresa e do cliente com as necessidades do indivíduo, levando a resultados que beneficiam todos. Identificar a característica crítica de qualidade que afeta o cliente é a base para o sucesso de qualquer iniciativa Seis Sigma. A ligação entre o Seis Sigma e o modo de operar do processo geralmente determina a distância e a profundidade das melhorias do desempenho. Tanto a melhoria do processo do negócio quanto o Seis Sigma pretendem desenvolver soluções focadas em eliminar as causas-raiz dos problemas de desempenho do negócio, sem mudar radicalmente os processos já existentes ou a estrutura organizacional. Operar em um nível mais alto de qualidade não só resulta em clientes mais contentes, mas também economiza dinheiro, reduzindo o desperdício e o retrabalho.

A metodologia Seis Sigma pode ser aplicada de maneira eficaz em todas as atividades de uma empresa, pois incorporou muitos conceitos de gerenciamento de processos, controle estatístico de processos (CEP), manufatura enxuta, simulação, benchmarking e planejamento de experimentos, podendo ser aplicada nas mais diversas áreas. O Seis Sigma também é responsável por uma verdadeira mudança de cultura nas organizações, pois por meio do treinamento da alta administração, há a consolidação das hierarquias internas e garante eficácia e eficiência em todas as etapas dos processos. É uma ferramenta essencial para as empresas, pois se destina a corrigir causas (e não efeitos), origem dos problemas (e não os seus sintomas) e processos (e não produtos ou atividades isoladas), o que torna as melhorias proporcionadas muito mais duradouras.

Existem muitas razões que levam as empresas de todo o mundo a adotar esta metodologia. Vejamos algumas delas, segundo HARRY et al. (1998):

*“- a gigante Allied Signal, que tem faturamento superior a US\$ 14 bilhões e estava há alguns anos à beira da falência, iniciou em 1994 a implementação do Seis Sigma e, de lá para cá, reduziu seus custos em US\$ 2 bilhões e teve um crescimento, em 1998, de 12% e, no primeiro trimestre de 1999, de 14,1%;*

*- o presidente da General Electric, Jack Welch, descreve o programa Seis Sigma como “a mais importante iniciativa que a GE já empreendeu”. Só em 1999, a GE economizou mais de US\$ 1,5 bilhão por causa do programa;*

*- somente em uma única planta da Asea Brown Boveri (ABB), nos Estados Unidos, tem sido gerada uma economia de cerca de US\$ 770 mil por ano com a aplicação dos Seis Sigma;*

*- na Polaroid, a estratégia Seis Sigma tem sido utilizada para a companhia concentrar seu foco nos processos que afetam tanto a qualidade quanto suas margens de lucro, conseguindo com isso adicionar anualmente 6% a sua lucratividade;*

*- a Motorola estima que, em pouco mais de 10 anos, conseguiu economizar mais de US\$ 11 bilhões.”*

Como é possível observar, existem muitos motivos associados ao dinâmico relacionamento de diversos fatores nos ambientes de negócio que impulsionam o desenvolvimento de projetos Seis Sigma. Segundo MENEZES (2003), os principais fatores que provocam projetos nas organizações são:

*“parcerias, crise do Estado, iniciativa privada, distribuição de renda, desintermediação, desverticalização, preservação ambiental, competitividade e globalização.”*

Os projetos Seis Sigma, como vantagem competitiva através da redução de custo, são fatores-chave para o sucesso das organizações. É possível identificar cinco vantagens

competitivas básicas que as empresas alcançam com a conclusão de projetos desta natureza, segundo MENEZES (2003):

*“a qualidade como vantagem competitiva demonstra que a organização é capaz de fazer as coisas certas no tempo adequado, evitando perdas e retrabalho. A velocidade como vantagem competitiva permite à empresa produzir mais rapidamente seu produto/serviço. A vantagem competitiva da confiabilidade gera a fidelização de clientes. A vantagem competitiva da flexibilidade permite alterações rápidas e eficazes, mantendo seus padrões de qualidade e prazo. A vantagem competitiva do custo traduz a capacidade que a empresa possui de tornar as coisas mais baratas.”*

#### **2.4) SEIS SIGMA X ABORDAGEM TRADICIONAL DE QUALIDADE**

Embora muitos digam que qualidade é uma moda ultrapassada, movimentos recentes mostraram que ainda há um longo caminho a percorrer e, conseqüentemente, muito por fazer em termos de qualidade. Talvez a melhor maneira para determinar futuras tendências seja entender o que vem ocorrendo ao longo do tempo e, também, verificar tendências recentes em outros países para, a partir daí, elaborar cenários sobre as perspectivas mais promissoras.

Na década de 90, observou-se no Brasil uma forte corrida às certificações de Sistemas da Qualidade (SQ), normalmente à ISO 9000. O advento da revisão desta norma no ano de 2000 causou uma certa surpresa: nem todas as empresas anteriormente certificadas migraram para a nova versão. Estima-se que apenas cerca de 70% das empresas tenham convertido seus sistemas para esta nova versão que, sem dúvida, é muito mais avançada do que a anterior, que datava de 1994.

Com o advento da metodologia Seis Sigma, criou-se uma nova abordagem, pois esta não se ocupa da qualidade no sentido tradicional (conformidade com as normas e requisitos internos), mas sim na redefinição da qualidade como o valor agregado por um esforço produtivo e busca que a empresa alcance seus objetivos estratégicos. O Seis Sigma possui um escopo maior, sendo uma evolução dos movimentos anteriores da qualidade, porém busca corrigir certas deficiências existentes.

A meta do Seis Sigma é chegar muito próximo de zero defeito, erro ou falha. Por exemplo, nas indústrias de aviação, os processos têm um nível de qualidade superior a seis sigma, com menos de 1,5 falha por milhão de oportunidades. A figura 3 ilustra e compara o índice de defeitos para cada nível sigma.

Nível Sigma	Defeito por Milhão	Custo da Qualidade
2	308.537 (empresas não-competitivas)	Não se aplica
3	66.807	25 a 40% das vendas
4	6.210 (média da indústria)	15 a 25% das vendas
5	233	5 a 15% das vendas
6	3,4 (empresas "classe mundial")	< 1% das vendas

Figura 3: Relação entre nível sigma e defeitos por milhão de oportunidades (Fonte: HARRY (2000))

Tendências futuras podem surgir com outros nomes, idealizadores e ferramentas, mas sempre com enfoque de sistema, ou seja, o entendimento de que uma empresa é um conjunto de partes que se relacionam entre si. O nome Seis Sigma provavelmente desaparecerá com o tempo e será substituído por algum novo movimento da qualidade. Entretanto, todas as características citadas anteriormente nunca deixarão de ser moda, ou seja, elas são uma necessidade real de qualquer empresa moderna que deseje manter seus mercados ou, então, conquistar uma fatia maior deste. Como uma evolução dos movimentos anteriores da qualidade, o Seis Sigma veio para ficar e ampliar mais os horizontes dos profissionais das empresas.

## 2.5) POR QUÊ IMPLEMENTAR A METODOLOGIA SEIS SIGMA?

Podemos destacar que os principais objetivos do Seis Sigma, segundo experiências próprias e com base em ROTONDARO (2002) são:

- Reduzir a variabilidade dos processos, principalmente daqueles mais críticos;
- Reduzir os custos por meio da eliminação de atividades que não agregam valor ao processo;
- Maximizar a qualidade de saída, buscando obter lucros em níveis ótimos;
- Eliminar as principais fontes de "variação" para minimização de "defeitos" nas operações diárias dos processos priorizados de uma empresa;
- Meta "Intrínseca": eliminar o "Custo da Má Qualidade" (Cost of Poor Quality) que se encontra presente em todos os aspectos de um negócio.

Com isto, as principais vantagens que o Seis Sigma pode gerar para as empresas são:

- Maior rapidez e probabilidade de sucesso na implementação das iniciativas de aumento de produtividade;
- Expectativa de mudanças e ganhos substanciais;
- Habilidade para alavancar a quantidade de iniciativas;
- Mudanças e otimizações radicais e inovadoras;

- Promover mudança de cultura;
- Força de trabalho mais motivada e capacitada;
- Mapeamento dos processos e atividades existentes;
- Maior satisfação dos clientes;
- Ganhos expressivos também com fornecedores;
- Menor custo de transações (menor necessidade de conferências e reparos);
- Ganhos financeiros bem determinados.

## **2.6) SEIS SIGMA E RECURSOS HUMANOS: FORMAÇÃO DE EQUIPES EFICAZES**

A metodologia Seis Sigma geralmente consiste no estudo e seleção de projetos, mapeamento de processos, análise de sistemas de medição, análise de capacidade, ferramentas da qualidade, análise do modo e efeito de falha (FMEA), ferramentas estatísticas, planejamento de experimentos (DOE), manufatura enxuta (Lean Manufacturing), benchmarking, simulação e padronização de processos, sistema a prova de falhas (Poka Yoke), gráficos de controle, entre outros.

Como pode-se observar, as atividades são muitas e as responsabilidades são enormes, principalmente quando os recursos são escassos e o tempo curto: condições extremamente normais nos dias de hoje. Sendo assim, a formação da equipe que trabalhará com projetos Seis Sigma deve ser extremamente meticulosa, pois ela atuará também como agente de mudanças, requerendo muito treinamento e perseverança.

Estas equipes trabalharão em projetos com grande retorno financeiro, pela redução de falhas mediante o uso de métodos estatísticos. Para isso, várias empresas de consultoria e treinamento formam verdadeiros guerreiros, divididos em categorias ou faixas.

### 2.6.1) Classificação dos Integrantes das Equipes Seis Sigma:

#### 2.6.1.1) *Champion* (Patrocinador/Líder):

Responsável pela implantação do Seis Sigma na empresa. A principal responsabilidade é fazer com que equipes multifuncionais se empenhem no desenvolvimento de projetos específicos de melhoria e de redução de custos e também devem ser capazes de pavimentar o caminho para as mudanças necessárias e para a integração de resultados. São os "*Champions*" que definem as pessoas que irão disseminar os conhecimentos sobre o Seis Sigma por toda a empresa e irão coordenar uma determinada quantidade de projetos.

#### 2.6.1.2) *Master Black Belts (Líderes do Cinturão Preto)*:

Normalmente presentes em grandes empresas, os "*Master Black Belts*" assessoram os "*Champions*" na identificação de projetos de melhoria, além de coordenar todo o trabalho dos demais "*Black Belts*". O objetivo de longo prazo de qualquer organização que deseje implementar com sucesso o programa Seis Sigma é treinar todos os seus funcionários, de tal forma que eles apliquem integralmente a metodologia Seis Sigma na melhoria de tudo o que fazem.

#### 2.6.1.3) *Black Belt (Cinturão Preto)*:

São os "homens de confiança" do Seis Sigma. Ficam dedicados, em período integral, ao programa. Organizam a revisão mensal do planejamento estratégico, definem metas e determinam prováveis novos membros da equipe de *Black Belts*. Seu treinamento é voltado para Gerentes, Engenheiros, Estatísticos, Administradores de Empresa, enfim, profissionais responsáveis pela implantação e apoio na metodologia Seis Sigma.

#### 2.6.1.4) *Green Belt (Cinturão Verde)*:

Ao contrário dos faixa-preta, não ficam integralmente dedicados à resolução de problemas da empresa. São designados para uma ou mais equipes, de acordo com o conhecimento que têm do assunto. O curso para a formação de um *Green Belt* dura um terço do de um *Black Belt*. Curso superior não é pré-requisito.

#### 2.6.1.5) *Yellow Belt (Cinturão Amarelo)*:

Muitas empresas usam o *Yellow Belt* como um curso ministrado aos principais executivos da empresa, que não vão se envolver diretamente nos processos, mas precisam de um conhecimento básico sobre o Seis Sigma. Não desenvolvem projetos práticos.

#### 2.6.1.6) *White Belt (Cinturão Branco)*:

Os *White Belts* são treinados nos fundamentos do Seis Sigma por meio de cursos de curta duração. Estes treinamentos abordam a utilização das ferramentas básicas que se aplicam às várias fases da estratégia, permitindo que eles tenham uma compreensão mais forte de todo o processo e a necessária preparação para que auxiliem os *Green Belts* e os *Black Belts* na implementação de seus projetos.

#### 2.6.2) Seis Sigma e as Estratégias de Recursos Humanos nas Empresas:

O que faz com que o Seis Sigma seja importante para a função de Recursos Humanos (RH) é, obviamente, que profissionais de RH devem assumir um papel-chave em qualquer organização que adote esse processo. Ele é uma peça-chave no entendimento do

Seis Sigma e no trabalho com a gerência para encontrar as pessoas certas para construir e manter uma massa crítica de talentos. Mais do que nunca, administradores de RH devem evitar se tornarem irrelevantes nesse processo, fazendo com que seus melhores profissionais façam o Seis Sigma funcionar. Ele é a passagem para a cultura sem fronteiras que abre seu caminho para um foco comum cujo objetivo é a perfeição.

O processo do Seis Sigma, na verdade, transforma uma cultura dentro e fora da organização, motivando as pessoas a trabalharem juntas para atingir níveis altos de eficiência e produtividade. O potencial humano - capital intelectual - é a força que move todos os tipos de organizações para níveis mais altos de qualidade e o Seis Sigma depende do forte comprometimento de todos. A experiência mostra que é um desperdício de recursos humanos valiosos se um executivo-chefe não expressa a sua visão, não passa entusiasmo e não encoraja seus colaboradores.

O Seis Sigma desenvolve a camaradagem entre os empregados e novos níveis de confiança, orgulho e profissionalismo. Uma liderança Seis Sigma bem-sucedida requer mais do que dedicação: requer a existência de um alinhamento preciso e um balanço da escolha feita por parte da organização, das pessoas e seus processos. Colaboradores, uma vez envolvidos no Seis Sigma, se transformam no seu maior realizador.

O elemento humano, mais do que nunca, está finalmente se beneficiando da era do desenvolvimento tecnológico para criar uma disciplina baseada no fato de que níveis mais altos de qualidade com custos mais baixos são necessidades urgentes para se competir numa economia global dura e desafiante. O Seis Sigma, na verdade, é um mapa para o caminho da sobrevivência.

## **2.7) SEIS SIGMA E OS MITOS MAIS COMUNS**

### **2.7.1) Necessidade de *Black Belts* e *Green Belts*:**

Embora seja exigido para as grandes corporações, não há essa necessidade para as pequenas empresas. As ferramentas do Seis Sigma não são completamente novas: elas remontam técnicas bem conhecidas de gerenciamento total da qualidade da década de 80 e de ferramentas de controle estatístico do processo criadas nos anos 30 e 40. Portanto, com estudo e dedicação é possível tornar-se, na prática, um *Green Belt* ou até mesmo *Black Belt*.

### **2.7.2) Duração dos Treinamentos:**

Também não é necessariamente verdade que todos devam assistir a semanas de treinamento em Seis Sigma antes da implementação. Se o programa estiver apropriadamente estruturado, as empresas menores podem tirar vantagem na aplicação do

Seis Sigma. Os cursos podem ser específicos para cada caso, pois as ferramentas são aplicadas de acordo com as necessidades encontradas e não de acordo com um roteiro rígido. Assim, os cursos podem ser menores, embora realmente haja necessidade de um número considerável de horas para uma boa capacitação dos treinandos.

#### 2.7.3) Estabelecimento de Metas:

A necessidade de estabelecimento de grandes metas pode impedir o sucesso do programa. As empresas menores são bem equipadas para estabelecer seus esforços de Seis Sigma claramente dentro da estrutura de um processo de negócio, o que as permite alcançar metas agressivas. Embora seja verdade que a resolução de problemas leve tempo, a aplicação do Seis Sigma não leva mais tempo do que elas podem pagar. Afinal, se não houver tempo para descobrir como realizar um processo corretamente da primeira vez, será impossível encontrar tempo para realizá-lo outras vezes.

#### 2.7.4) Aplicação nas Pequenas e Médias Empresas:

O receio de que a metodologia Seis Sigma é algo distante para as empresas de pequeno e médio porte é errônea, simplesmente porquê o modelo de processo de negócio por trás do Seis Sigma representa uma grande oportunidade para economizar custos. Além disso, devido a seu tamanho gerenciável, um ambiente menor de negócios é, de maneira geral, mais propício a novas idéias de processo do negócio do que o grande setor corporativo.

As companhias de pequeno e médio porte, que implementaram o Seis Sigma com sucesso, começaram por identificar os principais processos - aqueles que agregam valor ao cliente e que tendem a ser multifuncionais por natureza. É essencial compreender que, para qualquer esforço de melhoria, o trabalho deve passar por vários departamentos para gerar valor ao cliente. Depois de identificar os principais processos, a organização deve identificar o escopo necessário da melhoria para garantir que os processos entreguem, de maneira consistente, os comprometerimentos estratégicos.

*“Muitas empresas de pequeno e médio porte operam seus processos em um nível sigma de 2 a 3 e, por isso, uma melhoria de apenas um sigma representa um passo enorme em direção à satisfação do cliente e à redução de custos”*  
(www.minitab.com.br, 2006).

Por meio de uma melhor compreensão de seus processos, as empresas de menor porte podem realizar melhorias significativas rapidamente. Por exemplo, se um negócio que tem um processo de execução de pedidos operando em 3 sigma (ou 66.000 defeitos por milhão de oportunidades) puder melhorar seu desempenho para o nível 4 de sigma (ou 6.210 defeitos por milhão de oportunidades), ele ganhará dez vezes mais em desempenho.

Além disso, os negócios menores costumam confiar em métodos de gerenciamento que são mais espontâneos do que controlados. Essas empresas poderiam se beneficiar com a metodologia do Seis Sigma, que é estruturada e direcionada por dados para eliminar defeitos, desperdício ou problemas da qualidade cujas causas são desconhecidas. Tais fatores podem ser desafiadores para as empresas menores cuja liderança é susceptível à constante mudança das prioridades. Ainda assim, as recompensas possíveis são significativas. O poder do Seis Sigma é otimizado quando aplicado a problemas internos que não desafiam a estrutura do processo existente, ou seja, pode-se afirmar que, se compararmos às corporações maiores, as empresas menores têm ainda mais probabilidade de se beneficiar da aplicação dos métodos de Seis Sigma, já que muitos de seus problemas são orientados pela execução e difíceis de encontrar. Ao contrário, as empresas maiores cuidam freqüentemente de problemas fundamentais na elaboração de um processo ou na estrutura organizacional.

## **2.8) PASSOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO SEIS SIGMA**

Para se implementar o programa com sucesso, todas as facetas de uma organização, do departamento de administração até o de finanças, são examinadas para a busca de oportunidades de otimização dos resultados e melhoria da performance. Um requisito para o sucesso é a habilidade da organização em levar eficazmente informações sobre as metas da companhia para seus empregados. O envolvimento da alta gerência e a preparação da liderança da companhia são fatores críticos.

O desdobramento bem-sucedido do Seis Sigma consiste em focalizar um pequeno número de itens de alta alavancagem. Para isto, os seis passos necessários para implementar o Seis Sigma com sucesso são:

### **- 1º Passo:**

A melhoria do desempenho deve iniciar-se pela alta administração, que tem que receber treinamento sobre os princípios e ferramentas necessárias para preparar a organização para o sucesso, disponibilizar infra-estrutura gerencial para apoiar o programa Seis Sigma e cultivar um ambiente propício à inovação e à criatividade: redução dos níveis hierárquicos, eliminação de procedimentos que barram a experimentação e a mudança, etc.

### **- 2º Passo:**

São desenvolvidos sistemas para estabelecer uma comunicação mais próxima com clientes, funcionários e fornecedores, para identificar eventuais obstáculos políticos, culturais e organizacionais ao sucesso. Isso inclui o desenvolvimento de métodos rigorosos para obtenção e avaliação de informações.

- 3º Passo :

As necessidades de treinamento são avaliadas com rigor. O ensino para preencher quaisquer lacunas educacionais será ministrado para garantir que os níveis adequados de conhecimento verbal e numérico atinjam todos os funcionários.

- 4º Passo:

É desenvolvida uma estrutura para melhoria contínua de processos, junto com um sistema de indicadores para monitorar os benefícios do programa. As métricas do Seis Sigma focalizam metas estratégicas, propulsores de negócios e principais processos.

- 5º Passo:

Os processos industriais que devem ser melhorados são escolhidos pela gerência e por pessoas com grande conhecimento técnico da área. Os projetos Seis Sigma são conduzidos para melhorar o desempenho empresarial ligado a resultados financeiros mensuráveis e imensuráveis.

- 6º Passo:

Os projetos Seis Sigma são conduzidos individualmente por funcionários da empresa. As equipes são lideradas por Black Belts e/ou Green Belts.

## **2.9) METODOLOGIA SEIS SIGMA**

### **2.9.1) Etapas:**

A metodologia Seis Sigma incorpora cinco processos críticos (conhecidos pela sigla DMAIC, ou *Define, Measure, Analyze, Improve e Control* – Definir, Mensurar, Analisar, Melhorar e Controlar).

- Definir:

Definição do escopo do projeto. As metas serão os objetivos estratégicos da organização, tais como maior participação no mercado, retornos sobre investimentos mais elevados, redução do nível de defeitos, aumento de produção, melhoria da qualidade, aumento do giro de estoque, melhor previsão de demanda, dentre outros.

Neste momento é muito importante a correta formação da equipe de trabalho, bem como da clareza das informações sobre as metas individuais e do projeto final. Pode-se utilizar, já nesta fase, mapeamentos de processo e brainstorming para uma melhor compreensão do processo a ser analisado.

- Medir:

As informações sobre a situação atual são reunidas para obter os dados-base do desempenho atual do processo e identificar as áreas com problemas. Faz-se necessário o mapeamento do processo a ser analisado, pois este facilitará as futuras discussões sobre o projeto e englobará todas as atividades importantes desta dinâmica. Destaca-se também a realização do MSA (Análise do Sistema de Medição) que indicará se os dados são confiáveis ou não e como podemos torna-los confiáveis.

São estabelecidas métricas válidas e confiáveis para ajudar a monitorar o processo rumo às metas definidas. Utiliza-se a análise de dados exploratória e descritiva para ajudar a entender os dados. Um planejamento é desenvolvido para esboçar a estratégia a ser usada para tirar o processo de seu estado atual e levá-lo a um controle estatístico, de acordo com as metas Seis Sigma da empresa. Faz-se uma análise preliminar das principais variáveis (entrada e saída) do processo, além de outras ferramentas como a matriz FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falha) e análise da capacidade de processo (cpk).

- Analisar:

Determina as causas de cada problema prioritário. Analisa o sistema para identificar formas de eliminar a lacuna entre o desempenho atual do sistema ou processo e a meta desejada. Os dados relacionados ao processo são coletados a partir de várias fontes, incluindo relatórios de sucatas e defeitos, gráficos de lucros, devolução de produtos, etc. Os dados são então categorizados e estudados em relação às suas tendências. As fontes potenciais de variação são identificadas usando ferramentas como gráficos de Pareto, diagramas de causa e efeito, regressão, análise de variância (ANOVA), testes de hipóteses, etc.

- Melhorar:

Propõe, avalia e implementa soluções para cada problema prioritário. Usa o gerenciamento de projetos e outras ferramentas de planejamento e gerenciamento para implementar a nova abordagem. Emprega métodos estatísticos para validar a melhoria. A avaliação estatística dos dados identifica áreas chave para focar os esforços de melhoria do processo. Causas especiais de variação também podem ser documentadas nesta fase. Técnicas avançadas de solução de problemas e ferramentas, tais como: Planejamento de Experimentos (DOE) e Análise de Regressão são usadas para melhorar o processo.

- Controlar:

Uma vez que as causas potenciais de variação são identificadas, um plano de ação deve ser selecionado e implementado para trazer o processo para uma situação sob

controle. Este passo normalmente envolve uma análise de custo/benefício da ação planejada. As cartas de controle podem ser usadas para mostrar a sustentabilidade do processo. Os limites de controle são determinados e a estabilidade do processo é monitorada. Um plano de controle do processo é desenvolvido de forma que sumarie todos os elementos usados para controlar a variação dentro do processo. Uma vez que o processo é considerado estável, um estudo de análise de capacidade (Cpk) é realizado para determinar a capacidade do processo.

### 2.9.2) Seleção de Projetos

Este tópico é tão importante que será analisado fora da etapa Definir, da metodologia Seis Sigma, onde normalmente ocorre.

Na aplicação da metodologia Seis Sigma, a seleção de projetos talvez seja o aspecto mais importante do processo, pois projetos bem selecionados e definidos, com uma aplicação adequada da metodologia, significam obtenção de resultados mais rápidos e consistentes, isto é, resultados financeiros palpáveis. Cada vez mais os projetos tendem a ser escolhidos de forma a gerar maior retorno para as organizações. Logo o vínculo estratégico e o retorno sobre o investimento passam a ser peças chave.

O conceito da cadeia de geração de valor econômico proporciona uma visão ímpar para a escolha adequada de projetos Seis Sigma e na quantificação dos ganhos. Pela análise da cadeia de geração valor, vemos de forma muito clara os itens críticos para o negócio (receitas, despesas, ativo fixo e capital) aos quais podemos direcionar a escolha dos projetos Seis Sigma, conforme figura 4. De forma geral, é muito visível o impacto de projetos de melhoria Seis Sigma quando o foco é nas despesas, por exemplo: redução de sucata, redução de retrabalho, simplificação de atividades. Usualmente, as maiores oportunidades estão nesta área, porém aumento de receita, utilização de ativos e emprego de capital também tem boas oportunidades. No caso de receita, há projetos que aumentam a efetividade das vendas ou que reduzem o lead time. No caso de ativos, projetos visando redução de downtime de equipamentos e redução de tempo de set-up. Por último, no item capital, projetos de redução da quantidade de estoque, redução de itens de estoque e redução de inadimplência. Existem grandes oportunidades de aprimoramentos em todas as organizações, porém sem foco adequado poderemos sub-utilizar uma ferramenta muito poderosa que está transformando as organizações.

*“As oportunidades que surgem quando se aplica a análise do conceito de cadeia de geração de Valor Econômico são muitas e a maximização do valor se dá de diferentes formas: (1) Eliminando atividades que não adicionam valor ao cliente, (2) Simplificando as atividades que não adicionam valor ao cliente, mas que são necessárias ao negócio: complexidade aumenta custo, reduz a qualidade e torna*

os processos mais lentos, (3) Aumentando a velocidade, (4) Diferenciando-se em relação aos competidores, (5) Eliminando falhas, defeitos, atrasos e retrabalho, pois custam muito caro, (6) Transmitindo senso de urgência, (7) Mensurando corretamente os processos, (8) Utilizando métodos adequados.” TOYODA, K. (2000).

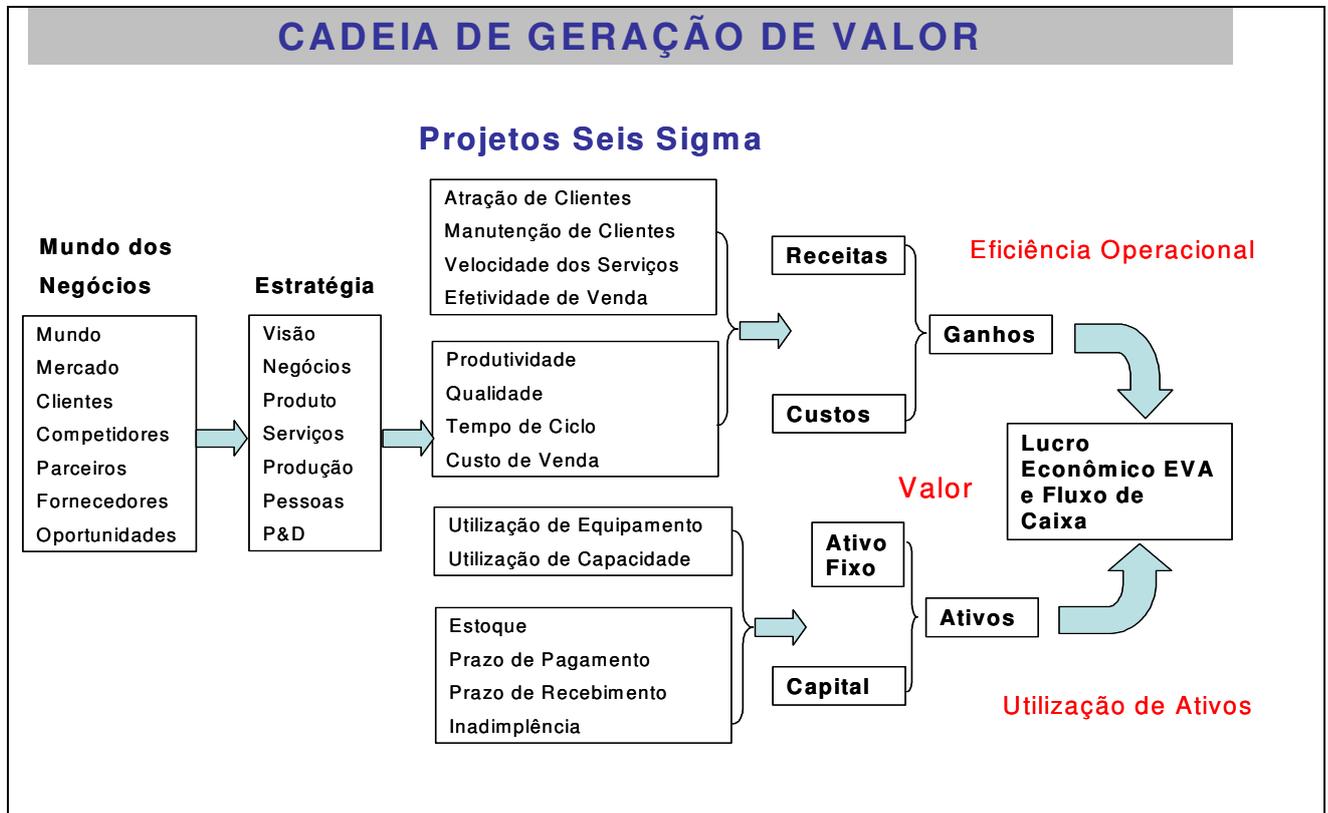


Figura 4: Cadeia de geração de valor (Fonte: Adaptado do Boletim da Siqueira Campos - nº 15, 2004)

Os projetos também são selecionados de forma que auxiliem no plano global da companhia. O tamanho do projeto deve ser avaliado cuidadosamente para fornecer benefícios significativos para a empresa, enquanto também permanece limitado para um tamanho manejável e um período de tempo razoável. O enfoque está normalmente ligado a uma performance organizacional tangível, tal como a redução no número de defeitos. Os recursos e ferramentas necessários para alcançar a meta devem ser fornecidos. Estes incluem força de trabalho, treinamento e supervisão de um membro da gerência. Uma vez que um processo é selecionado como candidato para melhoria, um relato do problema é desenvolvido e o objetivo ou resultado desejado é definido. As medidas do progresso são estabelecidas e uma análise de custo/benefício é então realizada.

## 2.10) FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO

Embora existam diferenças acentuadas entre estilos de gerenciamento e prioridades de empresa para empresa, uma coisa é clara: as organizações que focarem, continuamente, em medir e direcionar condutas gerenciais, alinhando iniciativas e prioridades, alcançaram um retorno muito maior e melhor em seus programas. Estas discussões variam muito em profundidade, mas normalmente incluem uma variedade de conteúdo em compromisso executivo, envolvimento de gerenciamento, comunicações, recursos, projetos, disciplina e conseqüências, que são responsáveis pelo sucesso da metodologia Seis Sigma.

Normalmente, as questões críticas para o sucesso dos projetos Seis Sigma, com base na bibliografia utilizada neste trabalho e nas experiências de projetos desenvolvidas na empresa Becton Dickinson Ltda, são:

- o envolvimento da liderança (Patrocinadores e Champions) no acompanhamento dos projetos e provisão dos recursos;
- a disponibilidade de tempo dos Belts;
- ações não embasadas na agregação de valor para o mercado, ou seja, uma visão de que ao possibilitar ao cliente ganhar dinheiro, isto não será revertido em lucros para a companhia;
- sair da incerteza e do "achismo" para tomar decisões mais precisas e com maior velocidade, aumentando assim a capacidade da organização em assimilar e aumentar o nível de conhecimento do negócio;
- deve-se observar e estudar os processos principais com uma visão multifuncional voltada à melhoria;
- deve-se valorizar a criatividade, a velocidade e o conhecimento gerado na busca de antecipação às demandas presentes e futuras;
- devem cair as barreiras departamentais por meio do trabalho de equipes multidisciplinares com visão holística dos processos e uma capacidade sinérgica extraordinária de obtenção de resultados respaldada pela Alta Administração, que apóia e recebe reporte dos projetos em execução;
- a natureza humana de reverter para o modo antigo (o modo confortável) a forma de fazer coisas quando sob tensão.

## **Capítulo III**

### **ESTUDO DE CASO**

#### **3.1) DESCRIÇÃO DA EMPRESA**

Em 1897, Maxwell Becton e Fairleigh Dickinson, dois jovens vendedores norte-americanos se associaram e fundaram a Becton, Dickinson & Co., uma pequena indústria de termômetros clínicos com modestas instalações e apenas 20 empregados, sediada nas proximidades de Nova York. Graças ao esforço e dedicação dos dois jovens industriais, a empresa apresentou um grande desenvolvimento e, em 1907, transferiu-se para a cidade de Rutherford, no estado de New Jersey, EUA.

Em 1952, Fairleigh Dickinson Jr., filho de um dos fundadores, em uma viagem ao Brasil, conheceu um industrial brasileiro que operava uma fábrica de seringas de vidro em Juiz de Fora, MG. Conversas informais evoluíram para o que mais tarde foi a aquisição da fábrica que até hoje utiliza muitas das técnicas tradicionais para a fabricação de produtos especiais, alguns quase artesanais. Juiz de Fora produz atualmente termômetros, seringas de vidro, assepto/fístula, agulha gengival, catéter, agulhas reusáveis, microtubos, aparelhos para medição da pressão arterial, estetoscópio, insyte, agulhas para anestesia, tubos vacutainer, dentre outros.

Atualmente, a BD é composta por 14 divisões e cerca de 60 fábricas instaladas em várias cidades norte-americanas e em mais de 39 países, empregando mais de 25.000 pessoas, responsáveis por uma ampla e diversificada linha de produtos médicos, cirúrgicos e de utilização em hospitais e laboratórios de análises clínicas. A matriz está instalada na cidade de Franklin Lakes, Estado de New Jersey (EUA).

A fábrica de Curitiba, adquirida em 1986, fabrica a linha de produtos descartáveis da empresa, como seringas e agulhas. O escritório da Administração Geral da BD América Latina, situa-se na cidade de São Paulo (SP).

#### **3.2) DESCRIÇÃO DO PROJETO**

Este projeto teve como objetivo identificar as fontes de consumo do óleo X, permitindo a detecção dos ruídos presentes nesta operação, além de fornecer as devidas informações do sistema de filtração que interfere diretamente no consumo deste óleo e indiretamente nos padrões de qualidade, ou seja, este projeto surgiu após necessidades de redução de custo, atendimento às exigências ambientais e melhoria dos processos envolvidos.

Antes da escolha deste projeto, verificou-se que os “retornos” a serem alcançados após a conclusão do mesmo seriam capazes de justificar os investimentos necessários ao

controle dos ruídos do processo e da melhoria da qualidade. Também definiu-se a forma como os resultados seriam mensurados financeiramente.

### 3.2.1) Fase Definir

A primeira etapa da metodologia consistiu em definir qual ruído (evento que faz a saída de um processo ser diferente daquela proposta quando as entradas estão devidamente controladas) deveria ser eliminado, sempre analisando as características para a qualidade, dentro do contexto dos clientes, internos ou externos. Neste momento, lembrou-se que havia sido feito um benchmarking com outras unidades que também produziam dispositivos médico-hospitalares, confirmando que o consumo do referido óleo realmente estava acima dos padrões. De maneira simples e subjetiva surgiram as primeiras idéias de melhorias, os motivos do baixo desempenho, as necessidades de padronização, dentre outros, que foram essenciais para a formação da equipe multidisciplinar, dos objetivos, metas e datas estipuladas. Este foi o primeiro passo, e o último arbitrário, de muitos que seriam realizados, mas a partir de então com muito embasamento técnico e estatístico.

Assim, logo definiu-se que os próximos passos deste projeto seriam rigorosamente seguidos pela metodologia DMAIC e definiu-se o problema da seguinte forma: *“o custo decorrente da utilização do óleo X está elevado e requer, portanto, ações capazes de identificar as origens desta demanda, na BD-Juiz de Fora.”* A missão do projeto foi repassada à equipe (até então formada apenas parcialmente, apenas com as pessoas chave): *“identificar os motivos da perda de óleo X e reduzir, até 31 de dezembro de 2005, o consumo deste em 20%, o número de horas-extras e os demais recursos necessários à limpeza do sistema em 66% e 50%, respectivamente”.*

Após esta definição, concluiu-se sobre qual a melhor forma para se realizar a estimativa dos retornos financeiros (COPQ) e a validação dos ganhos reais após a conclusão do projeto. Neste momento, solicitou-se ao departamento financeiro da empresa uma estimativa dos ganhos a serem obtidos com a conclusão do projeto, com base nas metas definidas pela equipe Seis Sigma. A principal contribuição desses ganhos ficou relacionada com a redução de consumo do óleo X, pois os demais ganhos tinham outros interesses (estratégicos e organizacionais). Pode parecer algo simples, mas quando se trabalha em projetos estratégicos, transacionais ou comportamentais, as bases para este cálculo são variáveis ao longo do tempo, podendo mascarar vultuosos retornos financeiros. Sempre que possível, os retornos financeiros devem ser extraídos do consumo de produtos/insumos, de forma direta, ou seja, eliminando a correlação com outras variáveis de processo.

Com o objetivo de nivelar o conhecimento de toda a equipe envolvida (manutenção, líderes de qualidade, líderes de produção, engenharia, compras, materiais e almoxarifado) sobre o funcionamento do sistema a ser estudado, fez-se um diagrama de causa e efeito sobre a perda de óleo, conforme figura 5. A partir destas informações foi possível distribuir as funções individuais e investigar cada tópico citado no diagrama.

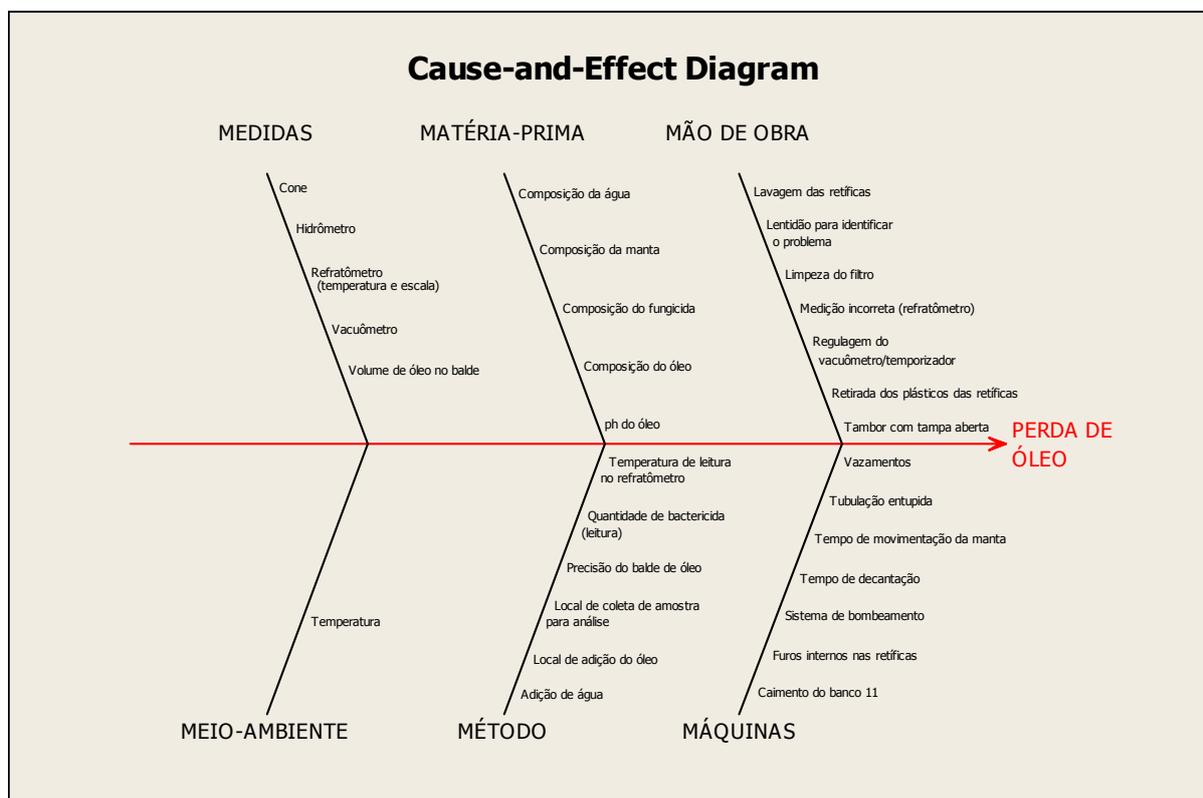


Figura 5: Diagrama de causa e efeito para a perda do óleo X (Fonte: Becton Dickinson, 2005)

Sem a preocupação de ponderar quais variáveis eram mais críticas/severas para a ocorrência do consumo excessivo de óleo, fez-se este diagrama considerando-se todas as possíveis influências teóricas. Estas 31 variáveis citadas foram analisadas criteriosamente na fase Analisar, pois uma a uma, elas foram avaliadas quanto ao consumo de óleo. Muitas seriam descartadas, pois a equipe citou todas as possíveis variáveis que poderiam interferir no problema analisado.

Após a análise destas informações e dos cenários projetados, verificou-se que o desempenho eficaz do projeto dependeria das descobertas e da atração de indivíduos que tivessem a capacidade e a motivação para um desempenho eficaz. Em outros termos, boa parte da eficácia do projeto dependeria diretamente da eficácia da equipe como um todo e de cada pessoa que a constituiria em particular.

A escolha das pessoas que constituiriam a equipe de trabalho foi uma responsabilidade pessoal e intransferível que o líder de projetos teve que tomar. O gerente de projetos não deve ficar à margem da procura, nem ficar passivo aguardando resultados. O processo de seleção de pessoal é importante demais para a vida futura de cada novo elemento e não deve ser ignorado ou transferido totalmente a terceiros. Quanto mais o gerente participar da seleção de seus futuros subordinados, tanto melhores os resultados serão.

### 3.2.2) Fase Medir

A segunda fase deste projeto seis sigma iniciou com a elaboração de um croqui do sistema de filtração, possibilitando o acompanhamento visual do fluxo de solução e uma melhor assimilação da função de cada equipamento deste sistema.

O sistema era limpo sempre aos finais de semana (um objetivo estratégico deste projeto foi eliminar estas horas-extras durante o final de semana) e, portanto, houve a necessidade de acompanharmos estas atividades para fazermos um mapeamento bastante detalhado do processo de limpeza. Cada observação, cada procedimento, cada variação observada foi anotada para posterior discussão com a equipe de trabalho.

Todas as anotações realizadas durante o acompanhamento da limpeza dos filtros foram apresentadas em formato de fluxograma, respeitando a seqüência cronológica de cada operação. Aproveitou-se o mapeamento do processo para montar a base da matriz FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falhas). Tanto o mapeamento quanto a matriz FMEA foram revisados pelo grupo, o que direcionou as ações futuras da equipe.

Após esta reunião da equipe foi possível definir quais eram as variáveis chaves de entrada do processo (KPIV's) e as variáveis chave de saída do processo (KPOV's), bem como quais formulários deveriam ser revisados ou implantados e quais seriam os pontos de controle para a análise do sistema de medição (MSA).

Definiu-se que duas análises eram críticas para o sistema: a concentração de óleo na solução e o volume de decantação (sujidades). A partir desta definição elaborou-se a análise do sistema de medição: definiu-se que dez pessoas seriam avaliadas e que esse número era suficiente para garantir que em qualquer circunstância haveria uma dessas pessoas para interferir no sistema de filtração e ninguém mais.

Essas dez pessoas realizaram análises da concentração de óleo em dez amostras diferentes, com réplica para cada analista, de forma aleatória e a garantir que essas amostras representam 80% da variação real dos limites de especificação durante o dia de trabalho do processo analisado. Os analistas fizeram as leituras, nas condições citadas acima, tanto para a concentração de óleo quanto para o volume de decantação (sujidades no sistema).

A leitura das sujidades (decantação) foi feita no dispositivo chamado de Cone de Imhoff, graduado volumetricamente. Este dispositivo foi calibrado antes das leituras. A leitura da concentração de óleo na solução foi realizada através de um refratômetro de mão, que é aferido sempre antes de cada leitura. Verificou-se que o refratômetro não era o instrumento mais adequado para aquele tipo de leitura, mas o equipamento ideal era muito caro e pouco prático, pois necessitava de duas horas para informar a concentração de óleo enquanto o refratômetro de mão disponibiliza esta informação em alguns segundos. Com base nestas informações, coletou-se os dados destas leituras de forma imparcial e de acordo com o sistema SWIPE. Em seguida, fez-se as análises estatísticas para a validação do sistema de medição.

As análises estatísticas demonstraram que os sistemas de medição atendiam os pré-requisitos, mas que a concentração de óleo estava próxima à margem inferior de segurança, indicando a necessidade de melhor treinamento para os analistas. Como o sistema de verificação de decantação (sujidades) apresentou excelente desempenho, as figuras desta análise não serão demonstradas. As figuras 6 e 7 demonstram a análise para o sistema de medição da concentração de óleo na solução:

<b>Gage R&amp;R</b>		
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,09200	8,46
Repeatability	0,01120	1,03
Reproducibility	0,08080	7,43
Por Operador	0,03942	3,63
Por Operador*Por Amostra	0,04138	3,81
Part-To-Part	0,99542	91,54
Total Variation	1,08742	100,00

Number of Distinct Categories = 4

*Figura 6: Análise do sistema de medição da concentração de óleo na solução – Análise Gage R&R (Fonte: Becton Dickinson, 2005)*

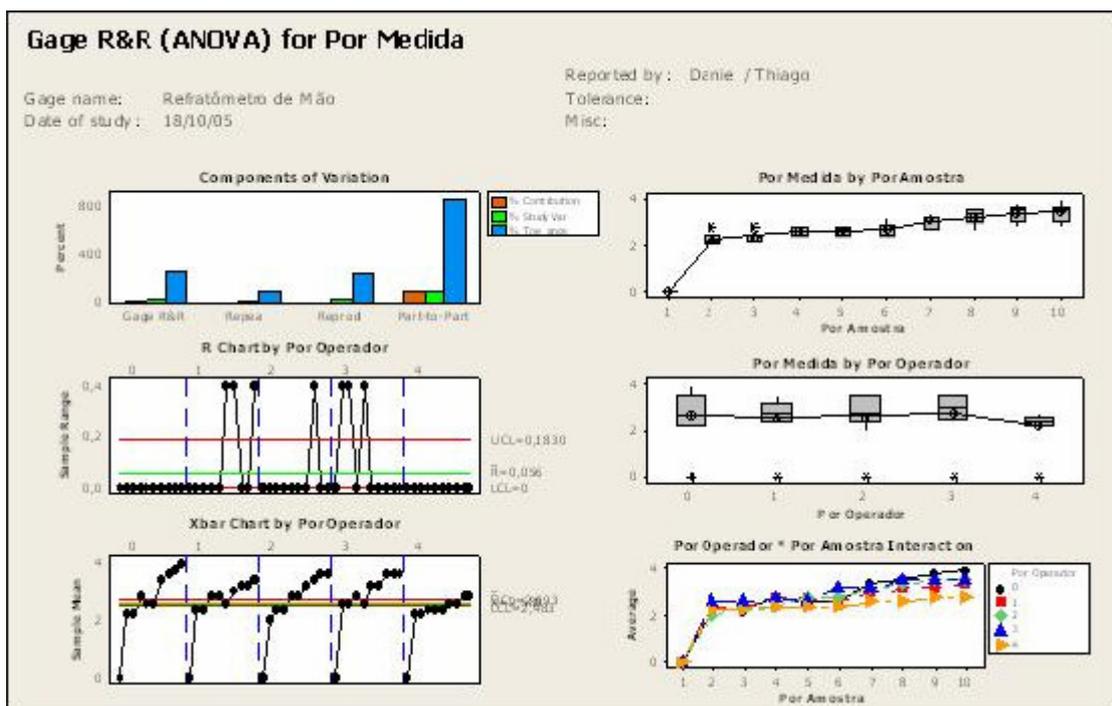


Figura 7: Análise do sistema de medição da concentração de óleo na solução – ANOVA (Fonte: Becton Dickinson, 2005)

A análise da capacidade do processo (cpk) forneceu um índice igual a 0,27, o que demonstrou que o processo não estava devidamente controlado, conforme figura 8. Entretanto, antes de se fazer a análise destes dados, verificou-se que estes não eram normais e que não poderiam ser transformados em dados normais por nenhum tipo de transformação. Como para as demais análises parte-se do pressuposto que os dados são normais, a equipe deste projeto decidiu assumir os riscos ao considerar que as futuras análises seriam feitas considerando a normalidade dos dados. Entretanto, as variâncias demonstraram ser iguais.

Potential (Within) Capability	
C <sub>p</sub>	0,31
C <sub>PL</sub>	0,35
C <sub>PU</sub>	0,27
C <sub>pk</sub>	0,27
C <sub>Cpk</sub>	0,31

Figura 8: Análise da capacidade do sistema de medição da concentração de óleo na solução (Fonte: Becton Dickinson, 2005)

Análises mais detalhadas demonstraram que havia 36% de chance do processo ultrapassar os seus limites de especificação, o que confirma as conclusões observadas pela análise do  $c_{pk}=0,27$ .

Após estas análises, algumas dúvidas ficaram sem respostas, aguardando a próxima etapa para elucidá-las. Foram elas:

- quais são os KPIV's mais importantes?
- qual a concentração de óleo ideal?
- qual o período ideal entre as limpezas dos filtros?
- por quê o consumo de óleo é alto?

### 3.2.3) Fase Analisar

Conforme dito anteriormente, a fase analisar iniciou-se com o objetivo de se responder as perguntas criadas na seção anterior, mas através de dados e informações reais, concretas e exatas para fundamentar as conclusões.

A primeira etapa desenvolvida foi a análise do diagrama de causa-e-efeito, que foi transformado numa espécie de diagrama de efeito em teoria. Das trinta e uma causas levantadas para explicar o consumo excessivo de óleo, todas foram exaustivamente pesquisadas e analisadas criteriosamente. Uma a uma, conseguiu-se estabelecer relações mais fortes ou mais fracas com o consumo de óleo e outras foram descartadas.

Para priorizar as causas que tinham relações mais fortes com o consumo excessivo de óleo, montou-se uma matriz FDM (Matriz do Desenvolvimento Funcional), onde os "pesos" para cada variável foram atribuídos de forma subjetiva, mas respeitando a diferença de proporcionalidade para as causas com relações mais fracas em relação ao consumo excessivo de óleo.

Com base na experiência da equipe e no resultado encontrado na matriz FDM, optou-se por intensificar os esforços em quatro variáveis. Montou-se modelos do tipo  $y=f(x)$ , baseado nos dados reais de consumo mensal dos insumos do processo, tanto para avaliar a concentração de óleo na solução quanto para verificar o poder de decantação dos filtros.

Embora fosse cedo para avaliar a necessidade de realização de um experimento, seguindo os conceitos de DOE (Design of Experiments), verificou-se que as variáveis selecionadas como as mais importantes nesta fase (Analisar) não possuíam interação, pois estavam associadas ou ao sistema de filtração ou à área de produção. Assim, e também devido à vasta experiência da equipe deste projeto, verificou-se que não seria necessário realizar um DOE.

O modelo criado para avaliar a decantação no sistema de filtração, índice que determina o período entre as limpezas dos filtros, demonstrou que muitas variáveis eram consequência da demanda dos clientes e, portanto, oscilavam sem que ações controladoras

pudessem ser implementadas. Assim, verificou-se que a principal ação a ser tomada seria avaliar o grau de decantação entre as semanas e verificar como o meio filtrante poderia ser mais efetivo na remoção de sujidades.

No modelo criado para avaliar o consumo de óleo, verificou-se que as perdas de solução por vazamentos e durante a limpeza dos filtros eram as principais fontes de consumo, conforme figura 9. Outras análises também foram feitas para aumentar o grau de compreensão e comprovar que as conclusões obtidas anteriormente eram corretas.

Essas análises complementares permitiram identificar qual era o turno e em qual horário de cada turno havia um maior consumo e também permitiu identificar, com base no consumo desproporcional de óleo, em quais momentos do dia em que eram mais freqüentes os vazamentos.

Através dos testes estatísticos de comparação de média, verificou-se que a estabilidade do sistema de filtração se mantinha por período de tempo superior a duas semanas, conforme figuras 10 e 11. Entretanto, para um período de tempo superior a três semanas, o sistema dava indícios de uma saturação mais rápida, o que poderia comprometer a qualidade da operação de retífica. Mas ainda havia necessidade de se avaliar, de forma mais criteriosa, o comportamento do sistema de filtração na quarta semana de operação.

Quanto à investigação do consumo excessivo de óleo, optou-se pela criação de um plano de ação preliminar para eliminar as principais origens do problema (vazamentos) a fim de agilizar o projeto.

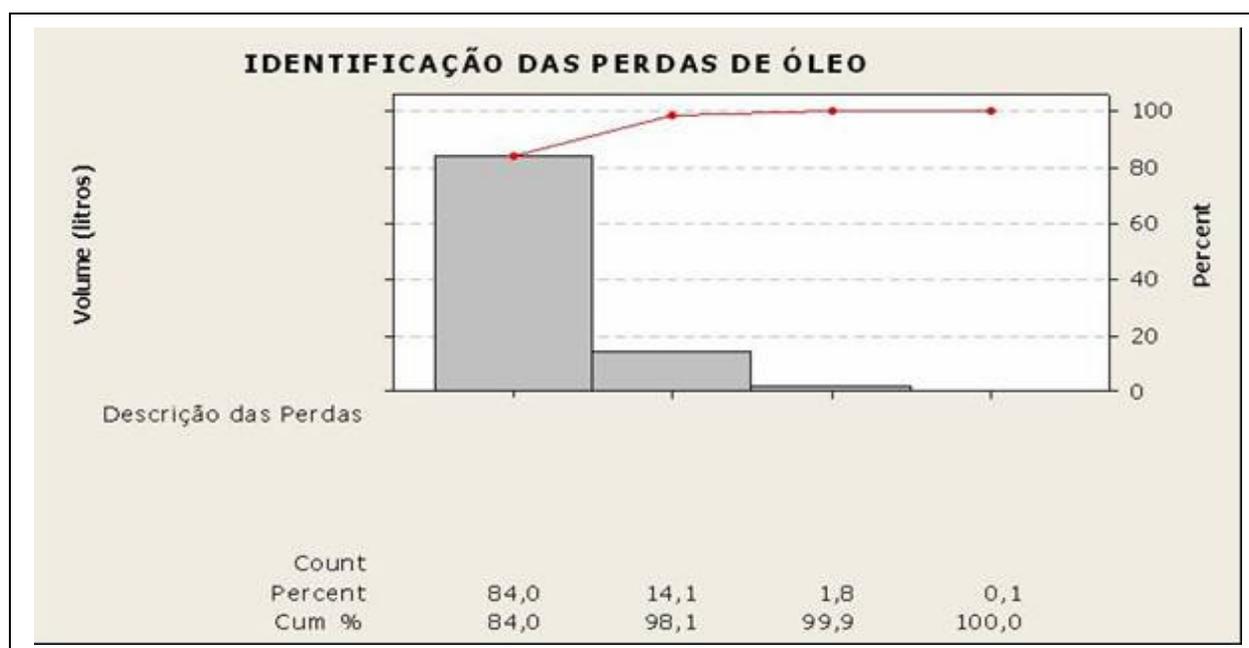


Figura 9: Gráfico de Pareto demonstrando que o problema principal representava 84% do consumo de óleo (Fonte: Becton Dickinson, 2005)

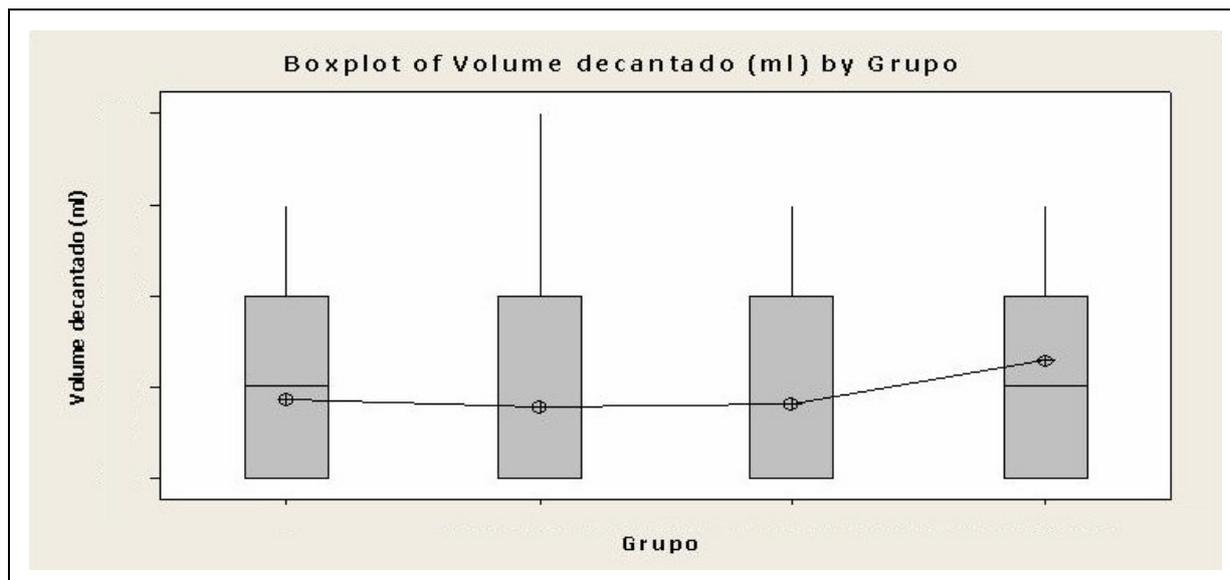


Figura 10: Boxplots para a identificação do período ideal entre as limpezas do sistema de filtração (Fonte: Becton Dickinson, 2005)

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
2	15	0,0990		(-----*-----)
3	14	0,1251		(-----*-----)
4	17	0,1131		(-----*-----)
5	7	0,1113		(-----*-----)

Figura 11: Teste ANOVA para comparação de média – análise para reforçar as conclusões obtidas com os boxplots acima (Fonte: Becton Dickinson, 2005)

### 3.2.4) Fase Melhorar

O experimento que marcou o início da fase Melhorar buscou identificar qual a concentração de óleo ideal na solução, pois se ficasse comprovado que a solução poderia ser preparada com uma concentração menor, o objetivo do projeto de reduzir o consumo de óleo ficaria muito mais simples. Também estipulou-se a meta da criação de um modelo preditivo, do tipo  $y = f(x)$ .

Durante dias, coletou-se dados para gerar as análises estatísticas e fornecer as conclusões sobre o experimento, que foi realizado de forma isolada em relação ao sistema de filtração. As diferentes concentrações de óleo foram testadas nos mais diversos produtos para garantir uma boa representatividade do sistema. Durante o experimento monitorou-se a produtividade, as perdas, a qualidade e a decantação da solução.

Com os dados oriundos deste experimento pôde-se avaliar as análises de regressão para cada variável avaliada, os efeitos principais de cada variável, conforme figura 12 e os gráficos de interação de variáveis, conforme figura 13. O experimento permitiu concluir que a concentração de óleo poderia ser reduzida numa escala considerável, possibilitando ao projeto ganhos superiores ao orçado inicialmente. Na semana seguinte a este experimento, a concentração de óleo na solução já havia sido alterada.

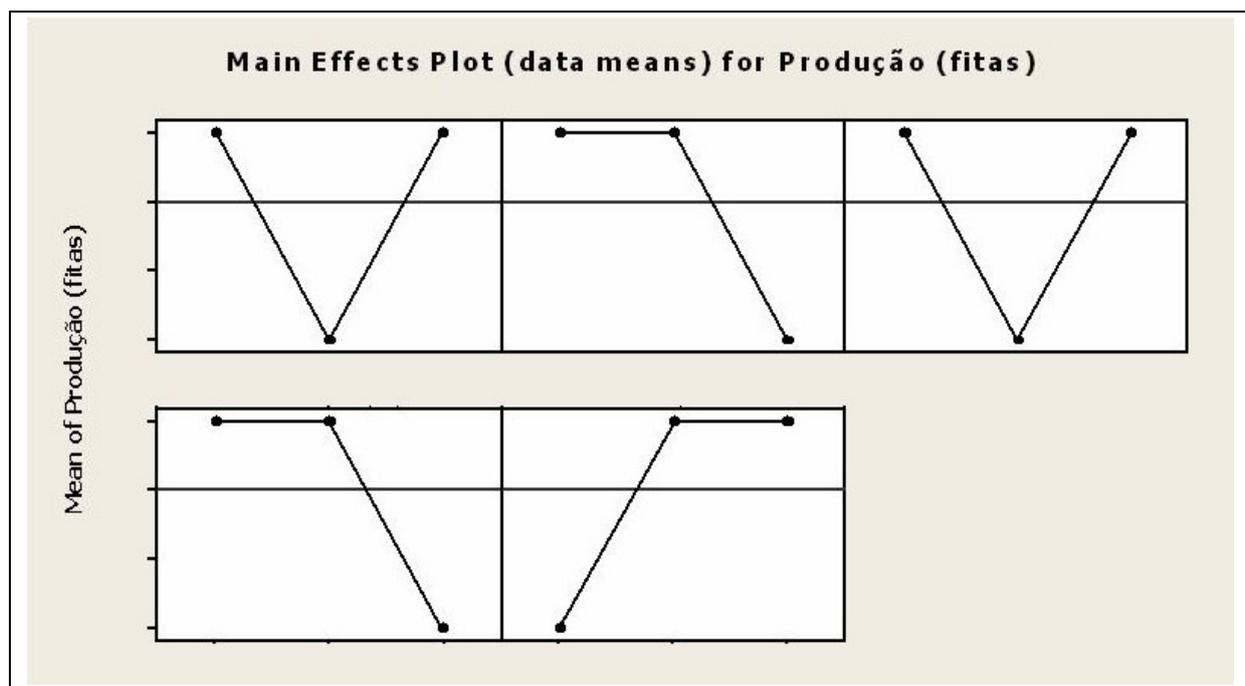


Figura 12: Gráfico do efeito principal de cada variável analisada sobre a produtividade durante o experimento (Fonte: Becton Dickinson, 2005)

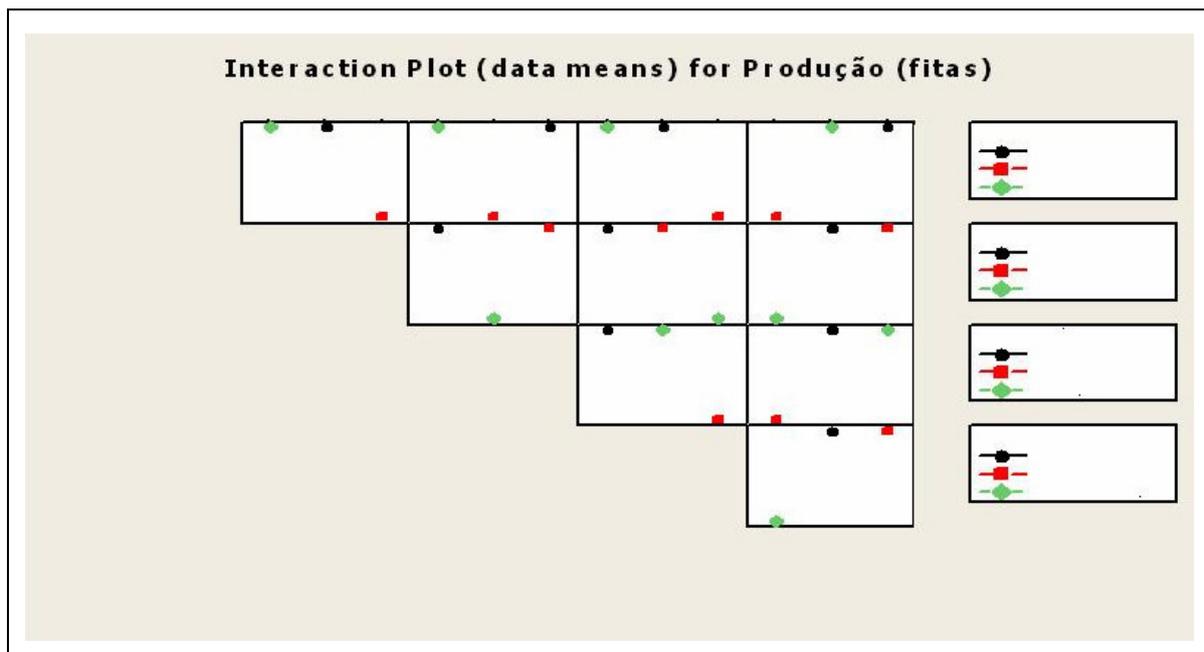


Figura 13: Gráfico da interação entre os efeitos de cada variável analisada sobre a produtividade durante o experimento (Fonte: Becton Dickinson, 2005)

O segundo experimento realizado na fase melhorar buscou identificar exatamente qual o período máximo entre duas limpezas consecutivas do sistema de filtração, sem comprometer as variáveis chave (produtividade, perda, qualidade e custos). Durante vários dias coletou-se dados para diferentes combinações do sistema de filtração, verificando a decantação do mesmo (índice de sujidades) de forma rigorosa e confiável. Neste instante voltou-se a analisar os dois objetivos secundários deste projeto: reduzir o número de horas extras nos finais de semana e os gastos com a coleta dos resíduos de limpeza pelo órgão municipal.

Ao final da segunda semana de funcionamento do sistema de filtração verificou-se que a limpeza poderia ser prorrogada por mais uma semana. Os testes continuaram do resultado citado anteriormente e novamente verificou-se que a limpeza poderia ser adiada, mas neste instante constatou-se que o sistema corria sérios riscos de desestabilização. Os dados abaixo, figuras 14 e 15, confirmam a variação na estabilidade do sistema e a definição da equipe de trabalho de que a periodicidade de três semanas era a mais recomendada pelo estudo, por garantir maior segurança ao sistema.

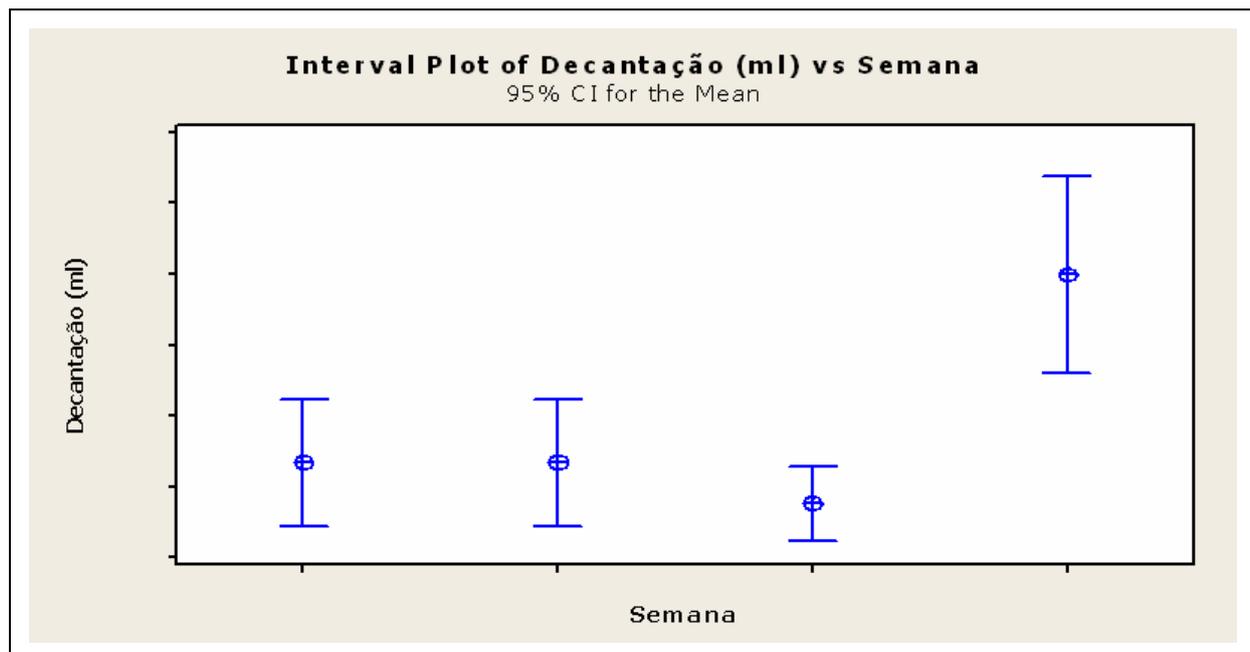


Figura 14: Interval Plot para definição do período ideal entre as limpezas do sistema de filtração (Fonte: Becton Dickinson, 2005)

Individual 95% CIs For Mean Based on			
Pooled StDev			
Level	N	Mean	StDev
1	15	0,08165	(-----*-----)
2	15	0,08165	(-----*-----)
3	16	0,05000	(-----*-----)
4	15	0,12536	(-----*-----)

Figura 15: Teste ANOVA para comparação de média de decantação – definição do período ideal entre as limpezas do sistema de filtração (Fonte: Becton Dickinson, 2005)

### 3.2.5) Fase Controlar

A última fase deste projeto iniciou com o consentimento de toda a equipe envolvida que as conclusões e os ganhos oriundos destas observações deveriam estar englobados nos planos de controle para garantir a sua continuidade no dia-a-dia, pois todos sabiam e reconheciam que havia uma tendência, inerente a qualquer ser humano, em violar novas regras. Este foi o principal problema enfrentado por este projeto, após a equipe dispersar-se para novos desafios.

Imediatamente após a conclusão dos experimentos, criou-se um plano de controle extremamente minucioso e amplo, envolvendo todas as atividades e todos os responsáveis

por estas para garantir que tudo fosse devidamente controlado. Objetivou-se controlar tanto o produto e o processo quanto o efeito colateral das ações a serem tomadas. Todos os envolvidos no plano de controle foram devidamente treinados e avaliados e, além disso, procurou-se deixar “bem claro” o que se esperava deles, como as as ações deveriam ser realizadas e quais habilidades eles deveriam demonstrar. Estas pessoas foram selecionadas para executar o plano de controle porque demonstravam fortes indícios de comprometimento com os interesses da empresa e com os deste projeto e, além disso, trabalhou-se considerando tanto as lideranças formais quanto as informais. Outros formulários de controle também foram criados, em locais mais específicos, para ajudar o plano de controle a ser eficaz.

Também fez-se a revisão da matriz FMEA para garantir que todas as etapas do processo e todos os potenciais efeitos de falha estavam monitorados e devidamente priorizados.

Fez-se também a reavaliação do sistema de medição após o nivelamento e o retreinamento de todas as pessoas envolvidas no processo. A análise do sistema de medição das sujidades (decantação) dos filtros, que já havia apresentado bons resultados, confirmou que este sistema é capaz e que melhorou após o treinamento de todos os envolvidos. Tal conclusão também pode ser aplicada à análise do sistema de medição da concentração de óleo na solução, através do refratômetro, pois após o treinamento o sistema mostrou-se ainda mais capaz do que na análise anterior, conforme figuras 16 e 17.

<b>Gage R&amp;R</b>		
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,006900	5,90
Repeatability	0,001600	1,37
Reproducibility	0,005300	4,53
Por Operador	0,000356	0,30
Por Operador*Por Amostra	0,004944	4,23
Part-To-Part	0,110122	94,10
Total Variation	0,117022	100,00
Number of Distinct Categories = 5		

*Figura 16: Análise do sistema de medição da concentração de óleo na solução, após as melhorias no processo – Análise Gage R&R (Fonte: Becton Dickinson, 2005)*

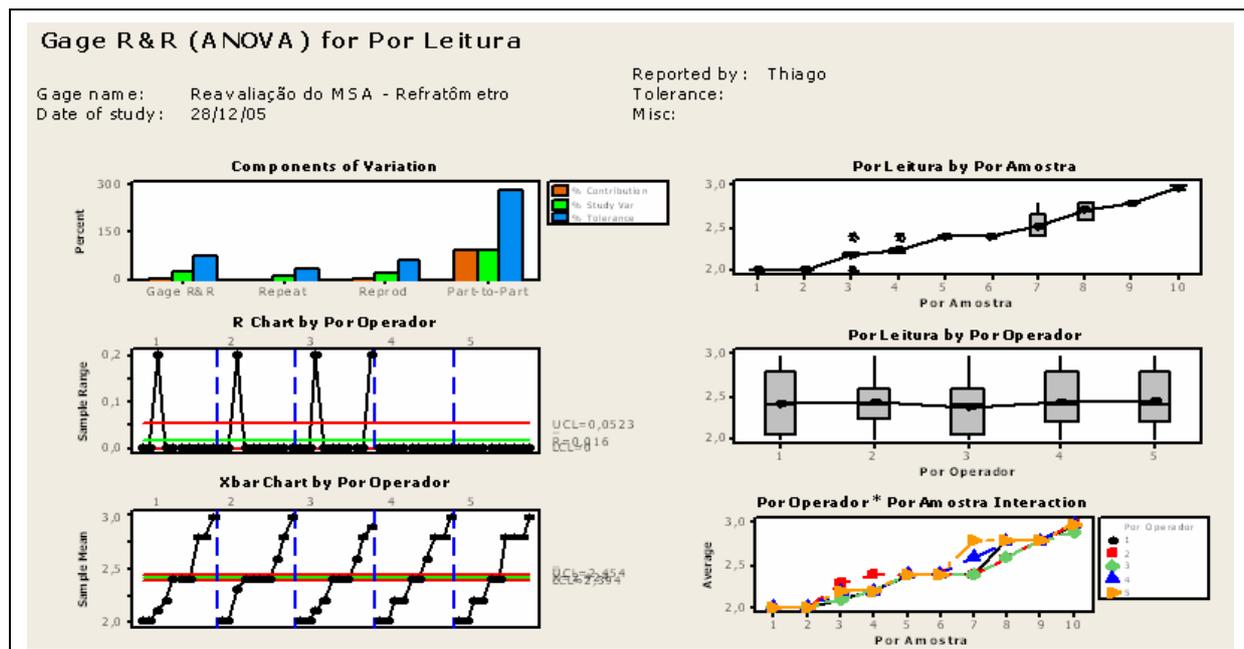


Figura 17: Análise do sistema de medição da concentração de óleo na solução, após as melhorias no processo – ANOVA (Fonte: Becton Dickinson, 2005)

Com o sistema sob controle, isento de causas especiais, sistemas de medição capazes, processos otimizados, pontos de controle definidos e todos os envolvidos devidamente treinados, mediu-se a nova capacidade do processo. A capacidade do processo de preparação de solução com o óleo X apresentou  $cpk=7,52$ , conforme figura 18, enquanto o processo de controle de sujidades apresentou  $cpk=0,99$ . Embora este último não esteja no parâmetro ideal, eventuais problemas neste processo serão detectados no plano de controle.

Potential (within) Capability	
$C_p$	14,66
$C_{pL}$	7,52
$C_{pU}$	21,81
$C_{pk}$	7,52
$CC_{pk}$	14,66

Figura 18: Análise da capacidade do sistema de medição da concentração de óleo na solução, após as melhorias no processo (Fonte: Becton Dickinson, 2005)

### 3.2.6) Conclusões Finais.

Como em todo projeto, houve momentos de incertezas e indefinições, aumentando as dificuldades até que as futuras ações ficassem claras para toda a equipe.

Houve vários problemas durante a realização deste projeto, mas, sem dúvida alguma, verificou-se que o maior desafio para a implementação da metodologia Seis Sigma não é a técnica, mas o comportamento das pessoas. A quebra dos paradigmas envolvendo mudanças na vida útil da solução e na concentração de óleo foram e serão nossos principais problemas, daí a necessidade do plano de controle.

Durante o período de testes com a concentração reduzida de óleo na solução, observou-se a ocorrência de um defeito de qualidade num alto índice. Entretanto, este defeito não estava relacionado à concentração de óleo, uma vez que foi um problema esporádico e que, neste caso, estava associado às variáveis de outra área.

A concentração de óleo, após 4 meses, precisou ser aumentada devido à oxidação nas retíficas. Embora hajam anti-oxidantes no mercado, a introdução de tais produtos não se realizou pois interferiria na leitura do refratômetro, apresentaria custo alto e não seria totalmente eficaz contra a oxidação.

Apesar de todos estes desafios, a equipe conseguiu concluir as ações no prazo, alcançando os objetivos, embora tenha ficado muito nítido que mudanças desta natureza requerem um tempo considerável para que as pessoas possam mudar suas concepções previamente estabelecidas.

As figuras 19 e 20 fornecem maiores informações para a verificação de quanto vultuoso foi o retorno financeiro mensurado pela companhia.

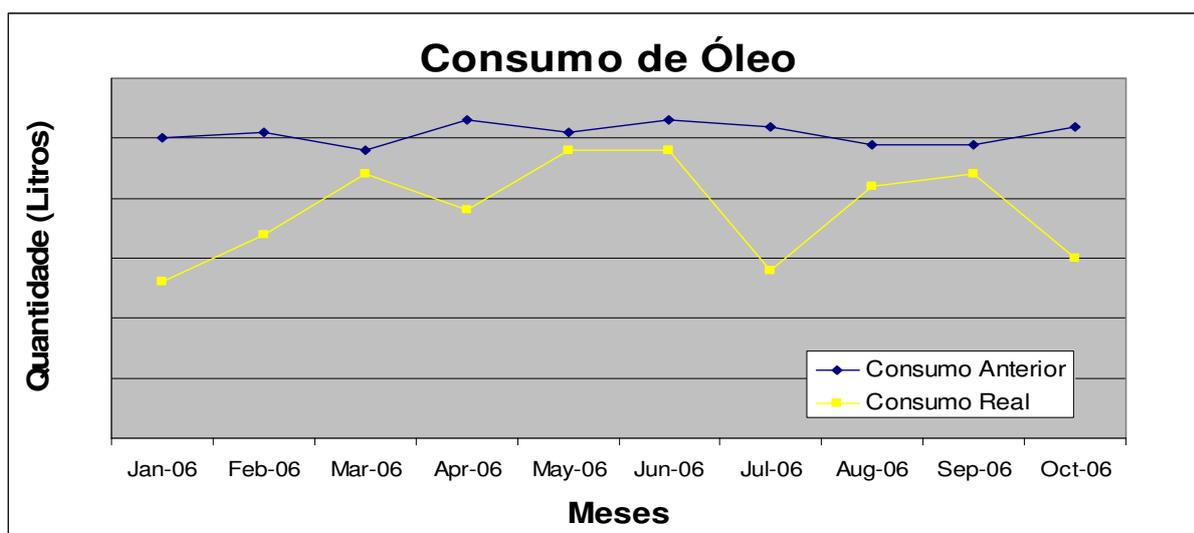


Figura 19: Variação do consumo do óleo X – antes e após a conclusão do projeto seis sigma (Fonte: Becton Dickinson, 2006)

A conclusão deste projeto também foi muito importante por gerar um vasto conhecimento que foi explorado por outros projetos neste mesmo setor, aumentando a redução de custos por parte da empresa. Seis meses após a conclusão do projeto de redução de consumo do óleo X, objeto de análise deste trabalho, concluiu-se o segundo projeto na mesma área da fábrica e o terceiro projeto foi concluído doze meses após a conclusão do primeiro. A redução de custos chegou a 70% do valor inicialmente gasto no setor.

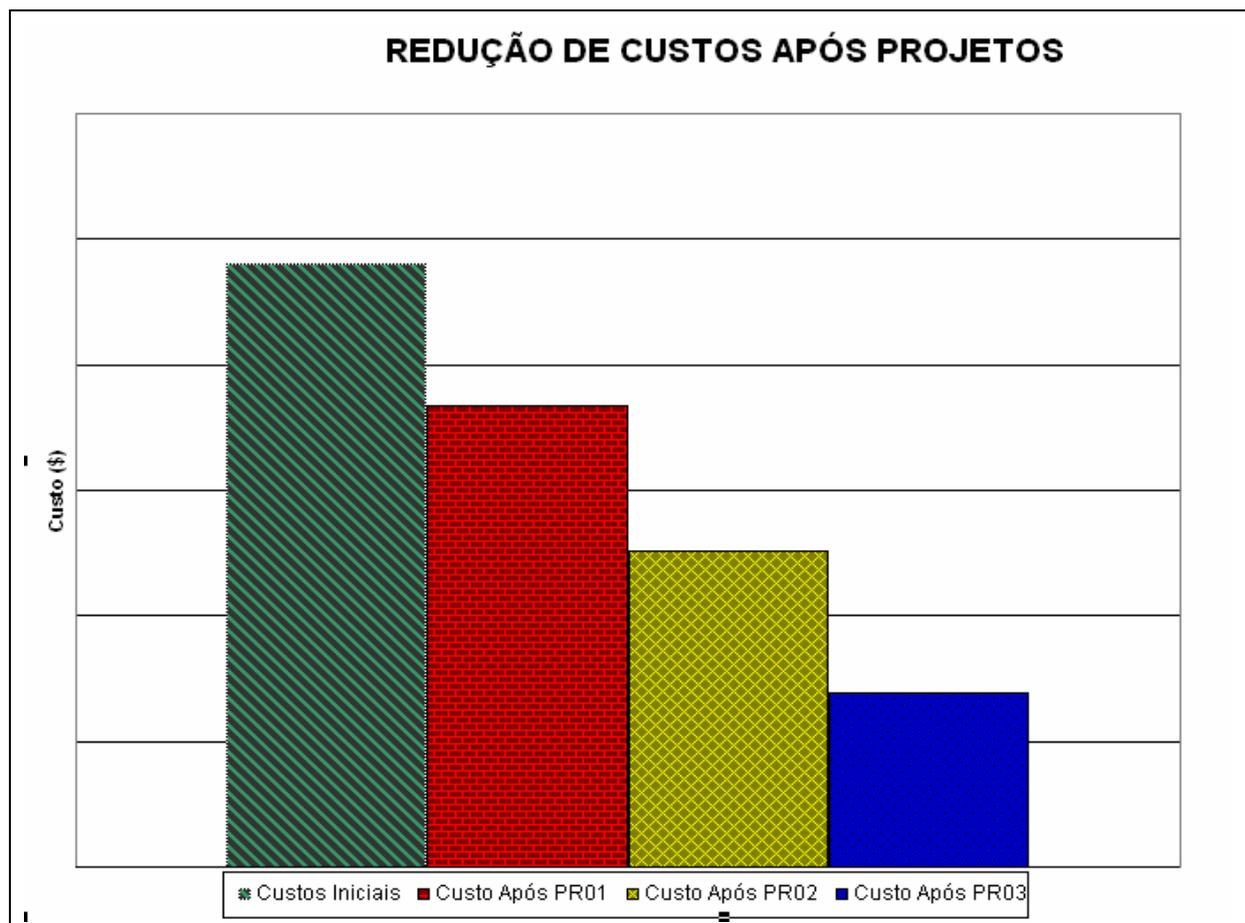


Figura 20: Redução de custos no setor após a realização deste projeto seis sigma e de mais dois outros projetos que se suscederam (Fonte: Becton Dickinson, 2006)

## **Capítulo IV**

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O ambiente atual de negócios exige uma dedicação ainda maior em relação à qualidade dos produtos e dos serviços. A combinação do Seis Sigma com as idéias do processo de negócio oferece às empresas uma oportunidade para se livrar da acomodação e continuar a competir em um mercado cada vez mais dirigido pela qualidade. Com a iniciativa Seis Sigma implementada com sucesso, as empresas podem esperar melhorias relacionadas à excelência de seu serviço e perceber significativas economias de custo.

A estimativa dos analistas de mercado americanos é de que, a curto prazo, as indústrias de transformação que não estiverem com um nível de qualidade Seis Sigma estarão sem capacidade competitiva. Trabalhar em Seis Sigma significa trabalhar em classe mundial. Dentro de grandes corporações, a popularidade do Seis Sigma, como meio de melhorar a qualidade e reduzir os custos, continua a crescer. Entretanto, o mesmo não pode ser dito de organizações de pequeno e médio porte que, em geral, têm mostrado menos entusiasmo em adotar o Seis Sigma.

O caminho para a perfeição exige tempo e comprometimento. Um programa Seis Sigma não mudará os negócios de forma imediata. De fato, é uma iniciativa que requer investimento a longo prazo de tempo e esforço da organização, particularmente da gerência.

As possibilidades do Seis Sigma resultar em melhorias de qualidade, economia de custos, satisfação do cliente, fidelidade e desenvolvimento dos colaboradores são grandes. Mas apenas se houver comprometimento do time, talento, dedicação, disciplina persistente e investimento de fundos por parte da empresa. Do contrário, o Seis Sigma não poderá alcançar seu verdadeiro potencial. Ele não é apenas mais um programa de qualidade e produtividade, mas um esforço centrado, penetrante, que demanda foco e trabalho em equipe.

A metodologia Seis Sigma é particularmente importante para o desenvolvimento do Brasil, onde os gestores são considerados pouco eficientes no uso que fazem na tecnologia nova e nas relações que mantêm com seus empregados, ou seja, são carecedores de espírito administrativo, de iniciativa, senso de responsabilidade, são centralizadores e pouco adestrados no uso da informática, quando avalia-se o padrão da gerência, a capacidade de tocar as empresas de modo lucrativo e responsável, a qualidade dos produtos e serviços prestados, a qualidade da administração empresarial e a eficiência das empresas.

## Capítulo V

### BIBLIOGRAFIA

- BUARQUE, C., 1984, *Avaliação econômica de projetos*. Rio de Janeiro, Campus.
- CÂNDIDO TOSTES, I. L., 2000, Recursos Humanos na Empresa.
- CARVALHO, M. M., 2001, "Qualidade em projetos". In: Amato Neto, João (Org). *Manufatura classe mundial*. São Paulo, Atlas.
- CARVALHO, M. M., 2006, "Programas de qualidade e sua eficácia", [www2.uol.com.br/canalexecutivo/artigose.htm](http://www2.uol.com.br/canalexecutivo/artigose.htm), (consulta: julho/2006).
- CUKIERMAN, Z. S., DINSMORE, P. C., 1985, *Administração de projetos: caracterização e problemática*. Rio de Janeiro, Guanabara.
- DEFEO, JOSEPH A., 2006, "Seis Sigma: O mapa para o caminho da sobrevivência", *Juran Institute*, [www.minitabbrasil.com.br](http://www.minitabbrasil.com.br), (consulta: julho/2006).
- DICKINSON, B., 2005, Material de treinamento na metodologia Seis Sigma.
- HAYES, B. J., 2006, "Fatores críticos de sucesso do Seis Sigma", [www.isixsigma.com](http://www.isixsigma.com), (consulta: julho/2006).
- LEWIS, I. R., 1993, *Como gerenciar projetos com eficácia*. Rio de Janeiro, Campus.
- MANAGEMENT, HSM, 2006, "Seis Sigma: Memórias do pioneiro", [www.minitabbrasil.com.br](http://www.minitabbrasil.com.br), (consulta: julho/2006).
- MAXIMIANO, A. C., 1997, *Administração de projetos: transformando idéias em resultados*. São Paulo, Atlas.
- MENEZES, L. C. M., 2003, *Gestão de projetos*. 2 ed. São Paulo, Atlas.
- MONTGOMERY, D. C., 2004, *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 4 ed. Rio de Janeiro, LTC.
- PORTER, M. E., 2004, *Estratégia competitiva – Técnicas para análise de indústrias e da concorrência*. 2 ed. Rio de Janeiro, Elsevier.
- RAMOS, A. W., RIBEIRO, C. O., MIYAKE, D. I., et all, 2002, *Seis Sigma – Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços*. 1 ed. São Paulo, Atlas.
- RUNGE, PETER R. F., DUARTE, GILSON N., 1989, *Lubrificantes nas Indústrias*. São Paulo, Triboconcept Edições Técnicas.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., et all, 1999, *Administração da Produção*. 1 ed. São Paulo, Atlas.
- VARGAS, R. V., 2000, *Gerenciamento de projeto*. São Paulo, Brasport.

## ANEXO

### **DESIGN FOR SIX SIGMA**

O objetivo deste trabalho foi abordar a metodologia Seis Sigma, mas durante a realização da pesquisa bibliográfica verificou-se a existência de uma abordagem derivada do Seis Sigma e com outro foco: desenvolvimento de novos produtos. Apenas para fins de complementação e também para ilustrar o “poder” da metodologia Seis Sigma, será apresentado o *Design For Six Sigma* (DFSS), de acordo com o site [www.minitab.com.br](http://www.minitab.com.br) (2006).

O *Design For Six Sigma* (DFSS) é uma extensão do Seis Sigma para o projeto de novos produtos e processos, que surgiu na General Electric (GE) no final da década de 90. Trata-se de uma abordagem completa para o desenvolvimento de novos produtos, interligando negócios e necessidades dos clientes. O programa integra uma série completa de métodos analíticos Seis Sigma, entre outros, como o desenvolvimento da função de qualidade (QFD), criação de metas, análise do efeito e modos de falhas (FMEA), simulações, funções de perda de qualidade etc.

Da mesma forma que o Seis Sigma, o DFSS utiliza um método estruturado (DMADV) para assegurar a repetição e melhoria contínua, traduzindo os requisitos qualitativos e quantitativos do cliente para as especificações do produto.

O DFSS é usado para projetar ou reprojetar um produto ou serviço desde o início do processo. O nível sigma esperado para um produto ou serviço DFSS é no mínimo 4,5, podendo chegar a 6 sigma ou mais, dependendo do produto. O DFSS sempre busca um equilíbrio entre custo, prazo e qualidade. O nível Seis Sigma nem sempre é o valor ótimo visado pelo projeto - freqüentemente, níveis inferiores ou superiores são mais adequados. Produzir um baixo nível de defeitos em um produto ou serviço significa que as necessidades e expectativas do cliente (CTQs) devem ser compreendidas antes do projeto ser finalizado e implementado.

Os principais objetivos do DFSS são:

- Identificar as necessidades do cliente;
- Desenvolver produtos e processos alinhados com a necessidade do cliente;
- Desenvolver os vários níveis dos processos de produção, cada um baseado nas necessidades do cliente;
- Modificar os processos de produção de forma que as divergências às necessidades do cliente sejam minimizadas;
- Estabelecer um plano para controle da produção;
- Lançar produtos em menor tempo;
- Aumentar a qualidade dos produtos;

- Desenvolver produtos que possam ser manufaturados com qualidade Seis Sigma;
- Definir tolerâncias realísticas.

A metodologia utilizada no *Design for Six Sigma (DFSS)* é chamada DMADV, que incorpora um novo conjunto de ferramentas para tornar o método adequado ao processo de projetar, reunindo as necessidades dos clientes à variabilidade das condições de uso do produto e à variabilidade dos componentes. As cinco fases do DMADV são definidas como: *Define, Measure, Analyse, Design e Verify*.

- *Define*: Definir claramente o novo produto ou processo a ser projetado, avaliando o potencial de mercado, viabilidade técnica e econômica e recursos necessários.
- *Measure*: Identificar as necessidades dos clientes/consumidores e traduzi-las em Características Críticas para a Qualidade (CTQs) - mensuráveis e priorizadas - do produto.
- *Analyse*: Selecionar o melhor conceito dentre as alternativas desenvolvidas, definindo as principais funções a serem projetadas.
- *Design*: Desenvolver o projeto detalhado (protótipo), realizar os testes necessários e preparar para a produção em pequena e larga escala.
- *Verify*: Testar e validar a viabilidade do projeto, lançar o novo produto no mercado e avaliar a performance do projeto.