

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA – UNIVEM
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANDERSON ABATTI LEAL

**REDUÇÃO DE CUSTO DE UM PRODUTO DO SEGMENTO
AUTOMOBILÍSTICO EM UMA EMPRESA DE PROCESSOS
PLÁSTICOS APLICANDO A METODOLOGIA SEIS SIGMA –
MODELO DMAIC**

MARÍLIA
2012

ANDERSON ABATTI LEAL

REDUÇÃO DE CUSTO DE UM PRODUTO DO SEGMENTO
AUTOMOBILÍSTICO EM UMA EMPRESA DE PROCESSOS PLÁSTICOS
APLICANDO A METODOLOGIA SEIS SIGMA – MODELO DMAIC

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Fundação Eurípides Soares da Rocha, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Flávio José dos Santos

MARÍLIA
2012

Leal, Anderson Abatti

Redução de custo de um produto do segmento automobilístico em uma empresa de processos plásticos aplicando a metodologia Seis Sigma – Modelo DMAIC / Anderson Abatti Leal; orientador: Flávio José dos Santos. Marília, SP: [s.n.], 2012.

70 f.

Trabalho de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Curso de Engenharia de Produção, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, Marília, 2012.

1. Manufatura. Engenharia. Seis Sigma

CDD: 670



FUNDAÇÃO DE ENSINO "EURÍPIDES SOARES DA ROCHA"
Mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM
Curso de Engenharia de Produção.


Anderson Abatti Leal - 42884-1

TÍTULO "REDUÇÃO DE CUSTO DE UM PRODUTO DO SEGMENTO
AUTOMOBILÍSTICO EM UMA EMPRESA DE PROCESSOS PLÁSTICOS APLICANDO
A METODOLOGIA SEIS SIGMA - MODELO DMAIC "

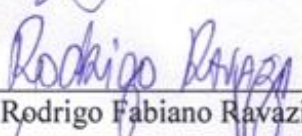
Banca examinadora do Trabalho de Curso apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia de Produção da UNIVEM, F.E.E.S.R, para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Nota: 10

ORIENTADOR: _____


Flavio Jose dos Santos

1º EXAMINADOR: _____


Rodrigo Fabiano Ravazi

2º EXAMINADOR: _____


Fabio Marciano Zafra

Marília. 14 de dezembro de 2012

“Dedico esta monografia aos meus pais e familiares, em especial para meu pai que não conseguiu ver a concretização desse trabalho e a realização deste sonho, mais que de alguma maneira me proporcionou motivação para poder chegar até aqui, dedico também aos amigos que me deram muita força nas horas difíceis, e à minha avó Philomena que é a minha vida, meu amor. Obrigado por tudo!”

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a DEUS, por ter me dado saúde, motivação e força, para concluir essa conquista em minha vida, pois sem ele não seria nada.

Agradeço a minha família, pela compreensão que tiveram comigo ao longo desses cinco anos de faculdade que por sinal não foram fáceis.

Agradeço ao Professor Flávio José dos Santos que entendeu as dificuldades e colaborou muito como professor orientador, também como amigo e que foi fundamental para conclusão deste trabalho.

Agradeço aos nossos amigos de turma, que foi uma turma especial e que foram grandes companheiros, em especial aos amigos Cesar Meneghello, Thiago Hidalgo, Jeferson Peres e Luiz Guilherme, todos deixaram saudades.

Agradeço novamente ao meu pai que para mim, foi a grande pessoa que proporcionou eu chegar aonde cheguei, me ajudou a focar no que realmente importa e que esta torcendo por mim aonde é que esteja, e minha querida avó Philomena que sempre esteve ao meu lado.

*Sou um só,
mas ainda assim
sou um. Não posso
fazer tudo, mas
posso fazer
alguma coisa.*

*E, por não
poder fazer tudo,
não me recusarei
a fazer o pouco
que posso.*

Edward Everett Hale

LEAL, Anderson Abatti. **Redução de custo de um produto do segmento automobilístico em uma empresa de processos plásticos aplicando a metodologia Seis Sigma – Modelo DMAIC.** 2012. 70 fls. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2012.

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de mostrar a eficiência da aplicação da metodologia Seis Sigma para a redução de custo de um produto de uma empresa de processos plástico, que é fornecido para a indústria automobilística, realizando um diagnóstico e estudo com a finalidade de definir as causas principais por meio da aplicação das etapas Define (definir), Measure (medir), Analyze (analisar), Improve (Melhorar) e Control (controlar) do método DMAIC. Hoje em dia o mercado global fica cada vez mais competitivo e a redução de custos e aumento de lucro vem se tornando palavra chave para a sobrevivência da organização, e a metodologia Seis Sigma vem se tornando não apenas uma ferramenta utilizada pela Qualidade, e sim uma estratégia da organização para se manter competitivo no mercado. Com base nestes princípios, este trabalho irá demonstrar os pontos centrais do desdobramento a serem atacados para a solução do problema selecionado e as considerações para a aplicabilidade da metodologia no contexto do estudo e o retorno que ela traz para a organização.

Palavras-chave: Seis Sigma. DMAIC. Estratégia Organizacional.

LEAL, Anderson Abatti. **Redução de custo de um produto do segmento automobilístico em uma empresa de processos plásticos aplicando a metodologia Seis Sigma – Modelo DMAIC.** 2012. 70 fls. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2012.

ABSTRACT

This paper aims to show the efficiency of the application of Six Sigma methodology to reduce the cost of a product from a company processes plastic, which is supplied to the automotive industry, making a diagnosis and study in order to define the main causes by applying the steps Sets, measure, analyze, Improve and control of the DMAIC method. Nowadays the global market is increasingly competitive and cost reduction and profit increase is becoming key word for the survival of the organization, and the Six Sigma methodology has become not just a tool used by quality, but a strategy organization to stay competitive in the market. Based on these principles, this paper will demonstrate the central points of the split to be attacked for the solution selected and considerations for the applicability of the methodology in the context of the study and the return it brings to the organization.

Keywords: Seis Sigma. DMAIC. Organizational Strategy

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – As bases do Seis Sigma	24
Figura 2 - Os níveis de defeitos para os devidos níveis sigma	26
Figura 3 – Curva em forma de sino segmentada	27
Figura 4 - Comparação entre processos de Curto e Longo Prazo	28
Figura 5 - Processo Seis Sigma de Longo Prazo.....	28
Figura 6 - Funções dentro do <i>Six Sigma</i>	32
Figura 7 - Fases de um Projeto <i>Six Sigma</i>	35
Figura 8 – Diagrama de Causa e Efeito.....	45
Figura 9 - Gráfico de Controle da Média X e Amplitude Móvel	46
Figura 10 - Tipos de Gage R&R	49
Figura 11 – SIPOC de Processo	52
Figura 12 – Mapa de Processo	53
Figura 13 – Cronograma de Projeto	54
Figura 14 – Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção.....	55
Figura 15 - Duto processo atual com dois isopores.....	56
Figura 16 – Bocal Maior do Duto de Ar empenado	57
Figura 17 – Pontos de medições bocal Maior	57
Figura 18 - Mapa de Processo do Duto de Ar	58
Figura 19 – Instrução Operacional Atualizada.....	67
Figura 20 - Usinagem e resfriamento com isopor no processo atual	67
Figura 21 – Plano de Controle.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM: Amplitude Móvel

BB's: *Black Belts*

Cp: Índice de Capacidade

Cpk: Índice de Capabilidade

DMAIC: *Define, Measure, Analyse, Improve, Control*

DPMO: Defeitos por Milhão de Oportunidades

FMEA: *Failure Modes and Effects Analysis*

GB's: *Green Belts*

LIE: Limite Inferior de Especificação

LSE: Limite Superior de Especificação

MBB's: *Master Black Belts*

PCP: Planejamento e Controle da Produção

PPM: Partes por Milhão

PP, PPK: Índices de Performance do Processo

R&R: Repetibilidade & Reprodutibilidade

SAP: *Systems, Applications and Products*

SIPOC: *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Histograma	43
Gráfico 2 – Gráfico de Pareto	44
Gráfico 3 – Gráfico Boxplot.....	49
Gráfico 4 -Capacidade do Processo	50
Gráfico 5 – Teste de Normalidade	51
Gráfico 6 – Dados Bocal Maior Caixa sem Isopor, ponto A	59
Gráfico 7 – Dados Bocal Maior Caixa sem Isopor, ponto B.....	60
Gráfico 8 – Dados Bocal Maior Caixa sem Isopor, ponto C.....	60
Gráfico 9 – Dados Bocal Maior Caixa com 1 isopor, ponto A	61
Gráfico 10 – Dados Bocal Maior Caixa com 1 isopor, ponto B.....	61
Gráfico 11 – Dados Bocal Maior Caixa com 1 isopor, ponto C.....	62
Gráfico 12 – Dados Bocal Maior Caixa com 2 isopores, ponto A.....	62
Gráfico 13 – Dados Bocal Maior Caixa com 2 isopores, ponto B	63
Gráfico 14 – Dados Bocal Maior Caixa com 2 isopores, ponto C	63
Gráfico 15 – Capabilidade Processo Caixa sem Isopor	64
Gráfico 16 – Capabilidade Processo caixa com 1 Isopor.....	65
Gráfico 17 – Capabilidade Processo caixa com 2 Isopores.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - DPMO de Processos de Curto e Longo Prazo	29
Tabela 2 - Comparação entre o padrão 4 Sigma e o 6 Sigma.....	30
Tabela 3 - Ferramentas Utilizadas no Seis Sigma.....	42
Tabela 4 – Levantamento de Custo Antes da Melhoria	69
Tabela 5 – Levantamento de Custo Produto Após implantação da Melhoria	70
Tabela 6 – Previsão de Vendas	70

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Considerações Iniciais.....	16
1.2 Declaração dos Objetivos.....	17
1.3 Justificativa	17
1.4 Histórico da Empresa	18
1.4 Estrutura do Trabalho.....	18
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 Histórico do Seis Sigma.....	20
2.2 Seis Sigma.....	22
2.3 Princípios da Metodologia Seis Sigma.....	30
2.4 Funções dentro do Seis Sigma	31
2.4.1 O Executivo líder ou sponsor	32
2.4.2 O Campeão.....	33
2.4.3 O <i>Master black belt</i>	33
2.4.4 O <i>Black Belt</i>	33
2.4.4 O <i>Green Belt</i>	34
2.4.6 O Time do Projeto.....	34
2.5 Definições modelo DMAIC	34
2.5.1 <i>Define</i>	36
2.5.2 <i>Measure</i>	37
2.5.3 <i>Analyze</i>	39
2.5.4 <i>Improve</i>	39
2.5.5 <i>Control</i>	40
2.6 Ferramentas dos projetos de Seis Sigma	41
2.6.1 Histograma	43
2.6.2 <i>Brainstorming</i>	43

2.6.3 Gráfico de Pareto.....	44
2.6.4 Diagrama de Causa e Efeito	45
2.6.5 Gráficos de Controle	46
2.6.6 Índices de Capacidade do Processo.....	47
2.6.7 FMEA.....	48
2.6.8 <i>BOX-PLOT</i>	48
2.6.9 Ferramenta R&R	49
2.6.10 Capabilidade de Processo.....	50
2.6.11 Teste de Normalidade.....	51
2.6.12 SIPOC	51
2.6.13 Mapa do Processo.....	52
2.6.14 Cronograma de Projeto.....	53
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	55
CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO ESTUDO DE CASO	56
4.1 Fase Definição.....	56
4.2 Fase Medir.....	59
4.3 Fase Analisar	64
4.4 Fase Melhoria.....	66
4.4.1 Lista Técnica	66
4.4.2 Instrução Operacional	66
4.4.3 Treinamento	68
4.5 Fase Controlar	68
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS	69
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES.....	71
REFERÊNCIAS	72

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Atualmente, em um ambiente cada vez mais competitivo e no atual cenário do mundo globalizado, as empresas estão procurando sempre uma maneira de se diferenciar frente à concorrência buscando sempre novas ideias, métodos e ferramentas. A capacidade de oferecer respostas rápidas, custos adequados e atendimento às necessidades de clientes são fatores primordiais para que seja determinado o sucesso ou insucesso de uma organização. Para isto, estão buscando soluções que aumentem a produtividade, garantam a qualidade e reduzam os custos nos seus processos produtivos.

O aumento da qualidade nos processos das empresas é primordial para que as mesmas possam se manter competitivas. Para Falconi (1992, p.2) “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente”.

A qualidade é um fator fundamental para a empresa ser competitiva no mercado. A empresa deve utilizar a gestão da qualidade para melhorar processos e alcançar melhores resultados.

No contexto pela busca por uma maior qualidade nas empresas, o modelo Seis Sigma vêm se mostrando uma ferramenta importante na condução de negócios, pois possui uma forma particular, uma metodologia própria de tornar uma empresa extremamente boa naquilo que faz, atingindo ótimos níveis de qualidade. (ROTONDARO, 2008).

A metodologia Seis sigma vai de encontro com as necessidades impostas pelo mercado. É uma metodologia focada na melhoria de processos existentes através de análises estatísticas e seu objetivo final é proporcionar ganhos financeiros para empresas, seja ele através de custos evitados ou do próprio aumento de eficiência produtiva.

As ferramentas adotadas pela metodologia são em sua maioria as mesmas que têm sido utilizadas pelos sistemas de qualidade, com a grande diferença que a estrutura de um projeto Seis Sigma consegue potencializar o resultado, uma vez que os objetivos do projeto de melhoria estão alinhados com as metas financeiras da empresa.

A correta aplicação da metodologia Seis Sigma gera retorno várias vezes maiores do que os investimentos necessários para implementá-la. Qualquer modalidade ou tamanho de

empresa que atua em qualquer mercado pode utilizar as eficazes ferramentas de gestão para aumentar a participação no mercado, reduzir custos e melhorar seus processos. É um processo que permite às organizações incrementar seus lucros através da otimização de operações, melhoria da qualidade e eliminação de defeitos e erros. Esta abordagem ampla é que credita à metodologia Seis Sigma sua verdadeira importância na busca pela melhoria contínua e radical, e não apenas incremental.

Por fim, uma unificação na comunicação entre todas as áreas em qualquer parte do mundo se torna possível com a adoção do Seis Sigma como forma única e efetiva de transferência de dados e estudos, quer seja dentro de um laboratório ou dentro de um fornecedor ou cliente. As fronteiras da aplicação da metodologia Seis Sigma são bastante amplas, atravessando qualquer barreira departamental ou empresarial. O foco no objetivo comum de melhoria une fornecedores e clientes de forma definitiva. Esta é a justificativa do aprofundamento do estudo de um caso prático de aplicação desta metodologia.

1.2 Declaração dos Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é mostrar a eficiência da aplicação da metodologia Seis Sigma para a redução de custo de um produto soprado fornecido para a indústria automobilística, através da apresentação de um estudo de caso, utilizando o método DMAIC para solucionar o problema. O objetivo secundário deste projeto é o desenvolvimento técnico e utilização das ferramentas da qualidade para a solução do problema.

1.3 Justificativa

O tema deste trabalho fala da metodologia Seis Sigma, a qual oferece estrutura para conduzir projetos de melhoria de qualidade, produtividade e redução de custos.

Quando falamos em Seis Sigma, não estamos falando apenas de processos, estatística e ferramentas da qualidade. A metodologia Seis Sigma que esta cada vez mais consolidada no mundo dos negócios e vem possibilitando grandes conquistas para às empresas, onde pode ser aplicada na maioria dos setores da atividade econômica e que traz grandes retornos para a organização se utilizada em sua plenitude.

1.4 Histórico da Empresa

A história da empresa que se realizou o projeto esta ligada totalmente com o desenvolvimento do primeiro pulverizador costal de plástico do Brasil. Naquela época, a empresa não existia, era apenas um setor de máquinas agrícolas, conhecida pelo nome da máquina que fabricava os produtos.

O depósito do pulverizador era até então fabricado com chapa de latão. Era dobrada e soldada com solda a base de estanho. Devido à utilização de defensivos agrícolas cada vez mais agressivos o depósito não resistia por muito tempo.

Após uma pesquisa a nível mundial, encontrou-se a solução no plástico com tecnologia alemã. A partir desta pesquisa se inicio os investimentos que iniciaram-se em 1966, com a aquisição da maior e melhor máquina de sopro do mundo. Com essa aquisição, deu-se início ao que hoje é a mais complexa indústria de transformação de plástico do país.

Nesta época o plástico não tinha uma aceitação muito boa no mercado, pois os produtos que já existiam eram muito frágeis e tinha pouca resistência ao impacto, foi onde surgiu a dificuldade de introduzir o produto no mercado.

Os agricultores desconfiados com o pulverizador feito de plástico, eram convidados a testar a resistência do novo material por meio de métodos nada convencionais. Golpeavam os produtos com marreta ou de enxada para certificarem-se da resistência/qualidade do produto.

Final da história é que este pulverizador se tornou um produto vencedor e transformou a empresa atualmente no maior fabricante deste produto do mundo.

E ao longo da sua história, ela tem sido pioneira na introdução de novos produtos, geralmente substituindo um material nobre, como bronze, aço inoxidável, alumínio, por plástico e com grande vantagem técnica e redução dos seus custos.

No decorrer dos anos, novas tecnologias de transformação de plástico e estabelecimento de parceria com a indústria automobilística e de agrotóxicos foram feitas.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. No capítulo 1, são expostas as considerações iniciais do trabalho, justificativa do estudo, os objetivos e um breve histórico da empresa que se realizou o estudo de caso.

O capítulo 2 traz uma revisão bibliográfica a respeito do programa Seis Sigma, das etapas do método DMAIC, das funções das pessoas dentro do programa Seis Sigma e de algumas ferramentas utilizadas para a implementação da metodologia.

No capítulo 3, é abordada a metodologia utilizada.

No capítulo 4 é apresentado o estudo de caso sobre a aplicação das etapas Definição, Medição, Análise, Melhoria e Controle do método DMAIC para estudo de redução de custo de um produto plástico fornecido para a indústria automobilística.

Finalmente, no capítulo 5 é apresentado um resumo dos resultados e no capítulo 6, são apresentadas as conclusões a respeito dos objetivos do trabalho.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Histórico do Seis Sigma

Nos dias de hoje o mercado global vem se tornando cada vez mais competitivo, e requer que as organizações se adaptem e melhorem suas estratégias para conseguir se manter sustentável no mercado e buscando o aumento de vendas e consequentemente o lucro. As grandes empresas buscam em suas novas estratégias oferecer produtos e serviços, onde o cliente irá perceber o valor agregado do produto, em desempenho, qualidade, preço, entrega e segurança.

A crise dos combustíveis ocorrida durante a metade da década de 70 que foi um dos maiores fatores que impulsionou uma nova visão da qualidade dos produtos e serviços dos Estados Unidos. Com esta crise, os automóveis japoneses eram muito mais econômicos, onde foi iniciada uma migração de aquisição dos veículos norte americano, vorazes no consumo de combustível, por veículos japoneses. Com a utilização dos veículos japoneses, o consumidor foi notando que não apenas eram mais econômicos como também eram mais duráveis e confiáveis. (ECKES, 2001).

Os japoneses trabalhavam em uma metodologia diferente das empresas americanas, que nos dias de hoje as empresas tentam se espelhar nesta forma de trabalho. As empresas japonesas tinham atitudes diferentes em relação à qualidade, onde a qualidade era garantida em cada etapa no processo, e seus processos de fabricação eram melhorados continuamente. Já as empresas americanas tinham apenas como prática a inspeção da qualidade dos produtos fabricados apenas no final do processo, ou seja, apenas no produto final.

Com esta situação da qualidade inferior dos produtos americanos e o aumento da participação de mercado dos produtos japoneses, o departamento de Comércio Americano na década de 80, disparou uma medida para as empresas americanas, evidenciando a necessidade dos Estados Unidos superar o Japão em termos de produtividade e qualidade. Muitas empresas americanas foram até o Japão para tentar entender o método de trabalho e comparar seus métodos utilizados frente aos métodos japoneses e assimilar o porquê do Japão ter uma produtividade tão elevada em comparação a dos americanos.

A partir desta crise, a primeira abordagem Seis Sigma surgiu na empresa Motorola dos Estados Unidos em 1985, os precursores foram Mikel Harry e posteriormente Bob Galvin – presidente da Motorola dos Estados Unidos na época. A Motorola percebeu em seus

processos que havia muita variação, que trazia impactos em custos, e chegou à conclusão de que não bastava apenas o atendimento das especificações, mas sim reduzir as variações dos processos. Com Bob Galvin a Motorola começou a analisar a variação de seus processos em todas as atividades da empresa (ECKES, 2001). A decisão da Motorola de focar na qualidade de suas ações através do conceito Seis Sigma foi uma tentativa de contornar a redução de participação de mercado, custos mais elevados comparados aos custos das operações japonesas, além de um maior nível de satisfação dos clientes frente à qualidade dos produtos japoneses. O depoimento de Galvin relata o momento de criação da metodologia seis sigma:

“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. Apesar 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.” (MANAGEMENT, 2006).

Assim, o Seis Sigma foi se tornando cada vez mais consistente, onde reflete a filosofia de sempre estar buscando a perfeição ou excelência em todos os mais variados processos que uma organização pode ter. Com ele veio muitos significativos benefícios para Motorola, que com o programa Seis Sigma, fez com que cerca de 100.000 pessoas espalhadas pelo mundo se conscientizassem e focalizassem em um único tópico: reduzir o valor do Sigma no processo de produção.

Para o alcance dos resultados esperados através da redução da variação dos seus processos e da não conformidade, a Motorola utilizou-se do método denominado DMAIC (Definição, Medição, Análise, Melhoria e Controle). (SANTOS; MARTINS, 2003).

Assim começava a ser usada a metodologia Seis Sigma, que em poucos anos se difundiria por todo o mundo.

2.2 Seis Sigma

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 do Seis Sigma não é alcançar níveis Seis Sigma de qualidade. Seis Sigma está relacionado à melhoria da lucratividade. Organizações que implementam Seis Sigma fazem isso com a meta de melhorar seus lucros. (HARRY, 1998)

Podemos relacionar e caracterizar o Seis Sigma como uma estratégia gerencial da organização para realizar melhorias e o aprimoramento dos seus processos, produtos e serviços. Tendo como premissa a melhoria contínua de seus processos produtivos, se consegue trabalhar com uma melhor estabilidade e menos variáveis, melhorando o resultado final para o cliente.

“A disciplina rigorosa pela busca de redução das variações que os processos sofrem durante seus ciclos produtivos, que consideramos como processos instáveis, é importante alcançar melhoria contínuas que irá impactar diretamente nos indicadores de uma organização e aumentar a satisfação e parceria com os clientes. O Seis Sigma acaba se tornando para a organização uma maneira de se melhorar os processos existentes e projetar novos processos de produção, serviço ou administrativo que sejam capazes de gerar no máximo 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO). Os projetos Seis Sigma utiliza-se a ferramenta DMAIC para aumentar a eficiência do método com a melhoria da capacidade do *staff* em transformar informações em conhecimento, basicamente representada por: Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controle.” (Rasis, 2002)

Ou seja, o Seis Sigma é uma metodologia que utiliza diversas ferramentas e métodos estatísticos para *definir* os problemas do processo que geralmente geram custos e que precisam ser melhorados, *medir* para se ter dados em mãos, *analisar* as informações coletadas, *incorporar* e realizar ações que proporcionaram melhorias no processo e resolução do problema, e por fim, *controlar* os processos para que se possa alcançar etapas ótimas, que consequentemente gerará um ciclo de melhoria contínua (ROTONDARO, 2012).

“O motivo para o nome Seis Sigma foi devido o ‘sigma’ significar uma medida estatística que esta relacionada com a capacidade de um processo produtivo, ou também a habilidade deste processo em produzir peças sem defeitos. Na estatística, sigma significa uma medida da variação do processo, também conhecido como desvio padrão.” (Klefsjo, 2001)

Segundo Barney (2002), o Seis Sigma na sua origem estava relacionado a uma medida para ter-se o nível de qualidade e uma abordagem para aumento de eficiência na

solução de problemas. Na sequência, evoluiu para uma mudança na cultura de uma empresa, pois após a sua implementação, modifica o posicionamento da empresa em relação aos seus problemas.

Com o surgimento do conceito de Seis Sigma, surgiu a necessidade de ampliá-lo para que possa demonstrar o alcance e a flexibilidade desta ferramenta, Pande et al. (2001) definiu Seis Sigma como uma metodologia que é abrangente e flexível para uma organização ter sucesso no cenário empresarial, aumentando suas vendas e lucros, como por exemplo reduzindo seus ciclos de produção, redução de custos, fortalecimento das parcerias com clientes, mudanças nas estratégias para se adequar ao mercado.

Mesmo que o Seis Sigma seja uma ótima metodologia e traz muitos benefícios para a empresa, não se pode aceitar que este sistema será a salvação para a empresa. É necessário analisar em qual momento deve-se aplicar, e também a metodologia tem que fazer parte da estratégia da empresa para que se tenha retorno.

O Seis Sigma é usado de diferentes maneiras, sendo, às vezes, bastante complexo. O ponto é que, pela grande aplicabilidade, ele pode tomar significados específicos de acordo com o contexto em que está inserido. Segundo Perez Wilson, o Seis Sigma pode atuar de várias formas na organização:

Benchmark. Utilizado como um parâmetro se obter uma comparação do nível de qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, máquinas, divisões e departamentos, entre outros (WILSON, 1999).

Meta. O Seis Sigma também é uma meta de qualidade. A meta é se ter um processo que seja capaz de chegar muito próximo de zero defeito, erro ou falha. Mas não é necessariamente zero. É, na verdade, 3,4 partes por milhão de unidades defeituosas, 3,4 defeitos por milhão, 3,4 falhas por milhão, 3,4 ppm (WILSON, 1999).

Medida. O Seis Sigma é uma medida para determinado nível de qualidade. Quando o número de sigmas é baixo, tal como em processos dois sigma, implicando mais ou menos 2 sigmas (+2 s), o nível de qualidade não é tão alto. O número de não-conformidades ou unidades defeituosas em tal processo pode ser muito alto. Se compararmos com um processo 4 sigma (+4 s), onde podemos ter mais ou menos quatro sigmas, aqui teremos um nível de qualidade significativamente melhor. Então, quanto maior o número de sigmas, melhor o nível de qualidade (WILSON, 1999).

Filosofia. O Seis Sigma é uma filosofia de melhoria perpétua do processo (máquina, mão-de-obra, método, metrologia, materiais, ambiente) e redução de sua variabilidade na busca interminável de zero defeito (WILSON, 1999).

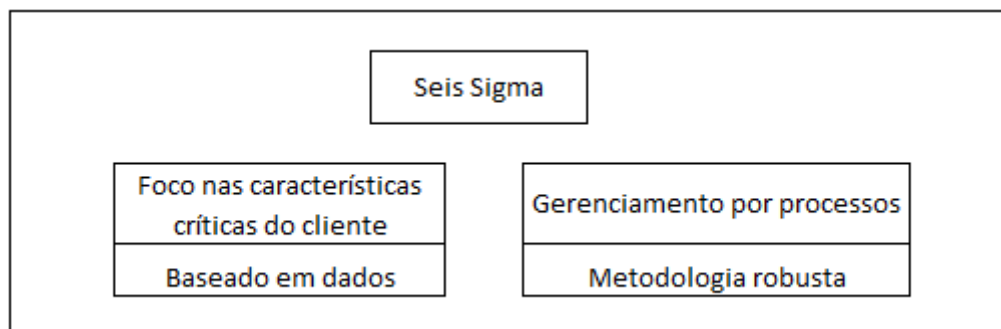
Estatística. O Seis Sigma é uma estatística calculada para cada característica crítica à qualidade, para avaliar a performance em relação à especificação ou à tolerância (WILSON, 1999).

Estratégia. O Seis Sigma é uma estratégia baseada na inter-relação que existe entre o projeto de um produto, sua fabricação, sua qualidade final e sua confiabilidade, ciclo de controle, inventários, reparos no produto, sucata e defeitos, assim como falhas em tudo o que é feito no processo de entrega de um produto a um cliente e o grau de influência que eles possam ter sobre a satisfação do mesmo (WILSON, 1999).

Visão. O Seis Sigma é uma visão de levar uma organização a ser a melhor do ramo. É uma viagem intrépida em busca da redução da variação, defeitos, erros e falhas. É estender a qualidade para além das expectativas do cliente (WILSON, 1999).

Assim, podemos falar que a metodologia Seis Sigma é um conceito que esta sobre quatro colunas básicas, conforme Figura 1.

Figura 1 – As bases do Seis Sigma



Fonte: Rotondaro, 2012

Segundo Harry (2000), Seis Sigma é primariamente uma iniciativa para aprimorar os negócios e processos empresariais, e não apenas um programa de qualidade. O grande propósito é a redução do risco do negócio mais do que a simples ideia de redução de defeitos. Focando as fontes de risco comumente associadas com as operações ou processos internos, o risco de falhas que os clientes estarão expostos quando adquirem um produto ou serviço serão minimizados. Ao mesmo tempo, os fornecedores destes produtos ou serviços se beneficiam da redução dos riscos de falhas das suas operações e processos. Assim, os clientes e fabricantes reconhecem as vantagens de adotar a metodologia Seis Sigma. Quando a metodologia Seis Sigma é aplicada para reduzir os riscos de falhas, é possível aumentar o desempenho, pois

com tendo menos variações no processo, se leva a uma diminuição de defeitos, custo e tempo de ciclo (HARRY, 2000).

À medida que as pessoas vão entendendo a essência da metodologia Seis Sigma a organização como um todo cresce e conseqüentemente a inovação vem junto com o crescimento e conduzirá ao sucesso do negocio. A insistência em tentar que os executivos pensem em termos de defeitos e falem a linguagem da qualidade é ultrapassada. Hoje a visão que se tem da qualidade não é apenas o controle de geração de refugos, custos elevados de produção, medições, mais sim, a visão de enxergar mais além, que problemas de qualidade afetam diretamente o negócio da organização e a maneira de como o cliente enxerga a organização e os resultados são consequência do trabalho e da estratégia desenvolvida. (HARRY, 2000).

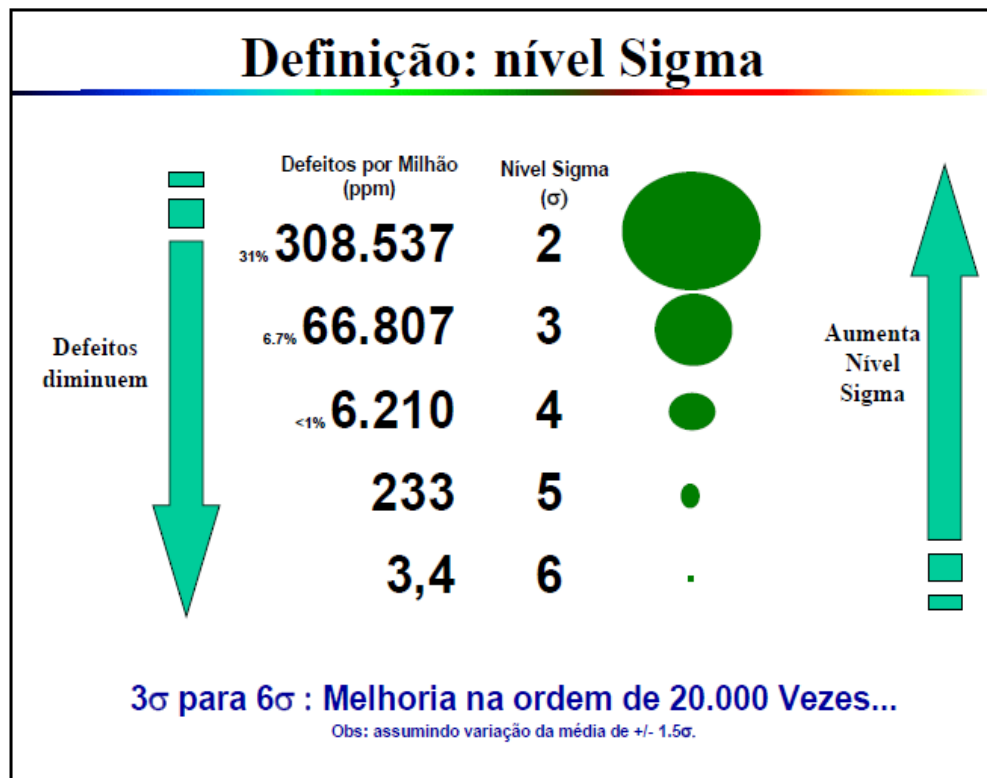
Seis Sigma possui parâmetros claros de comparação e posicionamento de uma empresa em relação aos seus competidores: este parâmetro é o nível sigma. Muitas vezes, as empresas acreditam que reduzindo seu nível de perdas seria o suficiente para competir com vantagens no mercado atual. Porém, o que diferencia as empresas com alto desempenho muitas vezes é um fator de 100 ou até mais de 1000 vezes melhor. Medindo o nível sigma, descobre-se o tamanho da oportunidade que se tem e até que ponto isso é possível de maneira econômica. A maioria das melhores empresas estão localizadas abaixo de 4 no padrão sigma.

Para Linderman (2003), um processo deve objetivar o nível sigma 6, apenas se isto for importante para o cliente e desde que o investimento para o salto em nível sigma não seja tão alto a ponto de inviabilizar economicamente este processo. É evidente que melhorar do nível 2 ou 3 para 4 é exponencialmente mais fácil do que melhorar do nível 4 para 5 ou 6.

Segundo Rath & Strong (2001), uma comparação entre uma visão clássica da Qualidade e uma visão Seis Sigma apresenta uma grande diferença entre níveis de aceitação do que é qualidade. Na visão Clássica, um processo extremamente otimizado atinge 99% de eficiência, enquanto para uma visão Seis Sigma, um processo só é considerado adequado quando a eficiência deste atinge 99,99966%.

A Figura 2, baseada em Rath & Strong (2001) mostra os níveis de erro em relação ao seu sigma, considerando uma variação natural na média dos processos contínuos ao longo do tempo em até 1,5 sigma. É indicado que a estimativa de números de defeitos esperados seja feita considerando-se o processo deslocado em até 1,5 sigma ($6 - 1,5 = 4,5$ sigma), pois se avalia a pior condição que processo pode chegar. Assim, um processo 6 sigma, ao longo do tempo permitiria que a cada 1 milhão de oportunidades, apareça apenas 3,4 defeitos.

Figura 2 - Os níveis de defeitos para os devidos níveis sigma



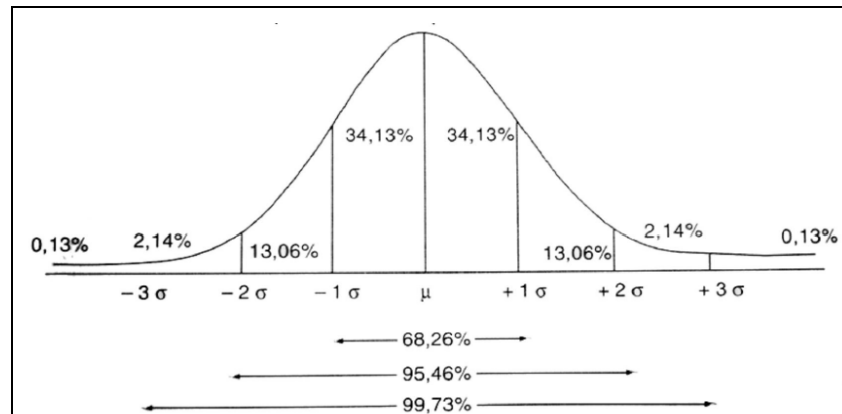
Fonte: Rath & Strong, 2001 (adaptado)

Segundo Rotondaro et al. (2008, p.18), “o termo sigma mede a capacidade do processo em trabalhar livre de falhas”.

Com o conceito de melhoria continua, os processos estabelecidos são analisados e medidos de acordo com a qualidade das saídas ou produto final, conforme a variância encontrada de um total mensurado, e também, são medidos durante as etapas do processo, para que se tenha certeza que no final se terá um produto dentro das especificações. O processo é classificado em um nível de Sigma específico que se medindo pode constatar em qual o estágio o processo se encontra e quanto está distante da perfeição, ou não.

A figura 3 a seguir apresenta o gráfico que representa as variações Seis Sigma, também chamado de curva em forma de sino ou distribuição normal. A maior concentração de valores é em torno da média e conforme vai se distanciando os valores caem sistematicamente, aumentando o desvio padrão do processo. A distância entre a linha central e o ponto de inflexão (onde a curva começa a se achatar) é denominada sigma, o desvio padrão (ECKES, 2001).

Figura 3 – Curva em forma de sino segmentada



Fonte: ECKES, 2001

A curva simétrica apresentada na figura possui algumas características que representa 100% daquilo que está sendo medido; o pico da curva representa o valor de ocorrência mais comum, ou a média; a curva pode ser dividida em uma série de segmentos.

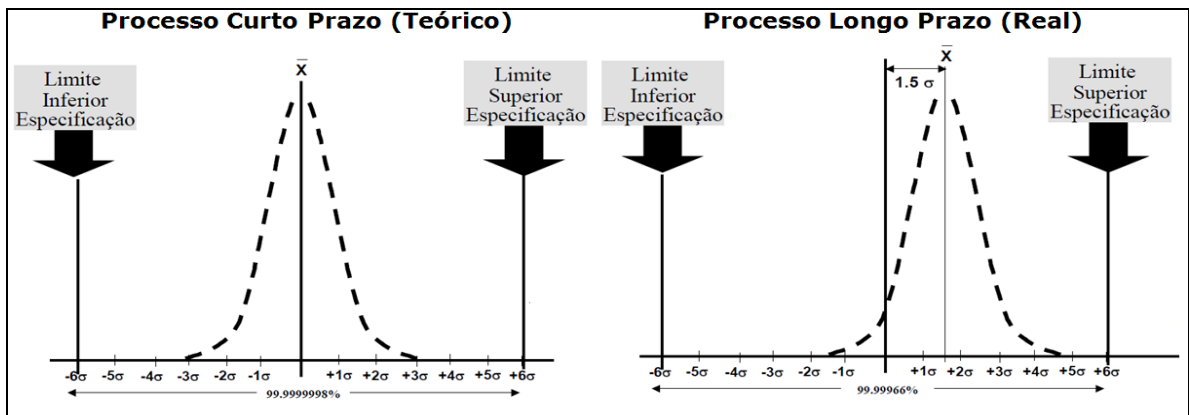
Devemos ressaltar que a terminologia Seis Sigma tem como base a estatística de nível de variabilidades de um processo, ou também a adequação do processo a uma determinada especificação. O Sigma (σ) é a letra utilizada para representar o desvio padrão de uma distribuição e, quanto menor for o desvio padrão de um processo, mais desvios padrões passam a ser aceitos dentro da especificação (DONADEL, 2008).

Podemos caracterizar um defeito como uma característica mensurável de um processo ou de um resultado que não é aceito pelo cliente, ou seja, não atendeu as expectativas e/ou necessidades do cliente – produto ou determinada cota de controle fora das especificações. Estatisticamente, em um processo classificado como Seis Sigma, estaríamos lidando então com uma parcela de apenas duas partes por bilhão fora da especificação, ou seja, a cada um bilhão de operações executadas, duas dariam errado (USEVINICIUS, 2004). Esta meta é a que toda organização gostaria de ter em seus processos.

Segundo Harry (2000), é difícil manter um processo sempre centralizado, já que no longo prazo vários fatores provocam o seu deslocamento (seja causados por máquinas, pessoas ou mudanças de processo não planejadas) para cima ou para baixo do valor alvo da especificação, geralmente, não superior a 1,5 desvio-padrão.

A figura 4 esta exemplificando estes processos. As barras estão limitando a especificação desejada: LIE = Limite Inferior de Especificação e LSE = Limite Superior de especificação.

Figura 4 - Comparação entre processos de Curto e Longo Prazo



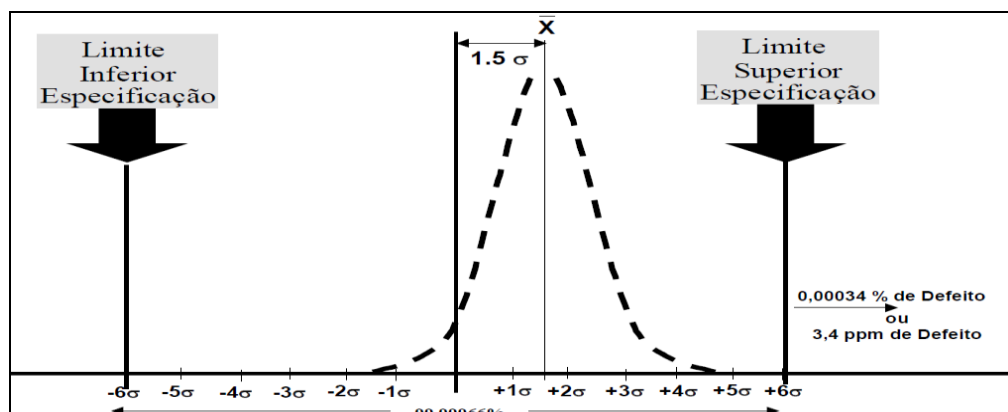
Fonte: SCATOLIN, 2005 (Adaptado)

Com estes conceitos, e admitindo que a maioria dos processos reais seja de longo prazo é possível recalcular a proporção de partes que estariam fora da especificação.

Segundo Scatolin (2005) um Processo Teórico (ou de Curto Prazo) é um processo que tem a média centrada entre os Limites de Especificação. Já um processo de Longo Prazo é aquele onde a média está deslocada até $1,5\sigma$ dos limites de especificação.

A figura 5 à seguir mostra um processo Seis Sigma de longo prazo.

Figura 5 - Processo Seis Sigma de Longo Prazo



Fonte: SCATOLIN, 2005 (Adaptado)

Conseguir alcançar um processo classificado como Seis Sigma significa ter um processo que a cada milhão de oportunidades irá ter geração de apenas 3.4 defeitos. De acordo com Hilsdorf (2002), um processo é definido como tendo um desempenho Seis Sigma quando estiver com a média da população centrado no valor nominal da especificação, e os limites da especificação estiverem distantes seis desvios padrões da média da população. Um Sigma

indica um processo com 691.462,5 defeitos por milhão de oportunidades, significando a percentagem de apenas 30,9% de entrega dentro das especificações do cliente. Esta quantidade de defeitos é sensivelmente alta ocasionando uma grande perda no resultado final de entrega e na satisfação do cliente.

A tabela abaixo representa a percentagem de rendimento e o número de defeitos de acordo com cada nível da escala Sigma.

Tabela 1 - DPMO de Processos de Curto e Longo Prazo

Nível Sigma	DPMO (Curto Prazo)	DPMO (Longo Prazo)
	Processo centralizado	Processo descentralizado 1,5 sigma
1	317.400	691.462
2	45.600	308.537
3	2.700	66.807
4	63	6.210
5	1	233
6	0	3

Fonte: Goh, 2003 (adaptado)

Analisando a tabela, verifica-se que, quanto mais alto o valor da escala sigma menor a probabilidade de um processo produzir defeitos, ou podemos dizer também que quanto maior a estabilidade do processo produzir peças com valores perto da média especificada teremos um processo capaz e com menor probabilidade de se produzir produtos fora da especificação ou até mesmo tendendo para algum limite de especificação.

Cada ponto da escala sigma produz uma redução exponencial de defeitos. Como resultado, a necessidade de se realizar inspeções diminui, os custos baixam, os tempos de ciclo diminuem e a satisfação dos clientes aumenta (HARRY; SCHROEDER, 2000).

Podemos ver na prática a meta do Seis Sigma, de acordo com Werkema (2004), pode ser facilitado se fizermos uma comparação entre o padrão atual no qual grande parte da empresa vem operando (Quatro Sigma ou 99,38% conforme) e a performance Seis sigma (99,99966% conforme), conforme mostrado na tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Comparação entre o padrão 4 Sigma e o 6 Sigma

Comparação entre o padrão atual (Quatro Sigma) e a performance Seis Sigma	
QUATRO SIGMA (99,38 Peças Conforme)	SEIS SIGMA (99,99966 Peças Conforme)
Sete horas de falta de energia elétrica por mês	Uma hora de falta de energia elétrica a cada 34 anos
5.000 operações cirúrgicas incorretas por semana	1,7 operação cirúrgica incorreta por semana
3.000 cartas extraviadas para cada 300.000 cartas postadas	Uma carta extraviada para cada 300.000 cartas postadas
Quinze minutos de fornecimento de água não potável por dia	Um minuto de fornecimento de água não potável a cada sete meses

Fonte: WERKEMA, 2004 (Adaptado)

Para Perez Wilson (1999) o Seis Sigma pode atuar de várias formas nas empresas. Pode ser usado como *Benchmark*, como um parâmetro de comparação do nível de qualidade dos processos, operações e produtos da empresa, entre outros. É também visto como uma meta de qualidade, sendo alcançada ao atingir um patamar de 3,4 DPMO.

Além disso, é utilizado como medida para determinado nível de qualidade, pois quando o número de sigmas é baixo, tais como em processo 2 sigmas, os níveis de qualidade não são tão altos, além de servir como uma estatística para avaliar a performance de uma característica crítica da qualidade em relação à especificação ou a tolerância.

2.3 Princípios da Metodologia Seis Sigma

Segundo Pande (2001) existem 6 temas que são princípios, sustentados por muitas das ferramentas e metodologia do Seis Sigma:

- **Foco genuíno no cliente:** no Seis Sigma o foco no cliente torna-se a prioridade principal. As melhorias Seis Sigma são definidas pelo seu impacto sobre a satisfação e valores dos clientes.

- **Gerenciamento dirigido para dados e fatos:** o Seis Sigma leva o conceito de ‘gerenciamento de fatos’ a um novo e mais poderoso nível. A disciplina Seis Sigma começa esclarecendo que medidas são chave para avaliar o desempenho de negócios, depois ela aplica dados e análises de modo a construir um entendimento de variáveis chave e a otimizar os resultados.
- **Foco em Processo, Gestão e Melhoria:** no Seis Sigma, processos são onde estão as ações. Projetando produtos e serviços, medindo desempenho, melhorando a eficiência e a satisfação do cliente, o Seis Sigma posiciona o processo como o veículo chave para o sucesso.
- **Gestão Proativa:** o Seis Sigma engloba ferramentas e práticas que substituem hábitos reativos por um estilo de gerenciamento dinâmico, receptivo e proativo. Considerando o ambiente competitivo atual, de estreitamento da margem de erro, ser proativo é a única ‘maneira de voar’.
- **Colaboração sem Fronteiras:** o Seis Sigma expande as oportunidades de colaboração já que as pessoas aprendem como seus papéis se encaixam na ‘imagem geral’ e podem reconhecer e medir a interdependência das atividades em todas as partes de um processo. A colaboração sem fronteiras no Seis Sigma não significa sacrifício pessoal, mas exige uma compreensão das necessidades dos usuários finais e também do fluxo de trabalho ao longo de um processo ou cadeia de fornecimento.
- **Impulso à Perfeição, Tolerância ao Fracasso:** nenhuma empresa chegará nem um pouco perto do Seis Sigma sem lançar novas ideias e métodos, o que sempre envolve algum risco. Desta forma, qualquer empresa que fizer do Seis Sigma seu objetivo terá constantemente que se esforçar para ser cada vez mais perfeita estando, ao mesmo tempo, disposta a aceitar e controlar obstáculos ocasionais.

2.4 Funções dentro do Seis Sigma

O Seis Sigma pode também ser uma filosofia de melhoria constante do processo e na busca pela redução da variabilidade, além de servir como estratégia e como visão de levar a organização a ser a melhor do seu ramos de atuação.

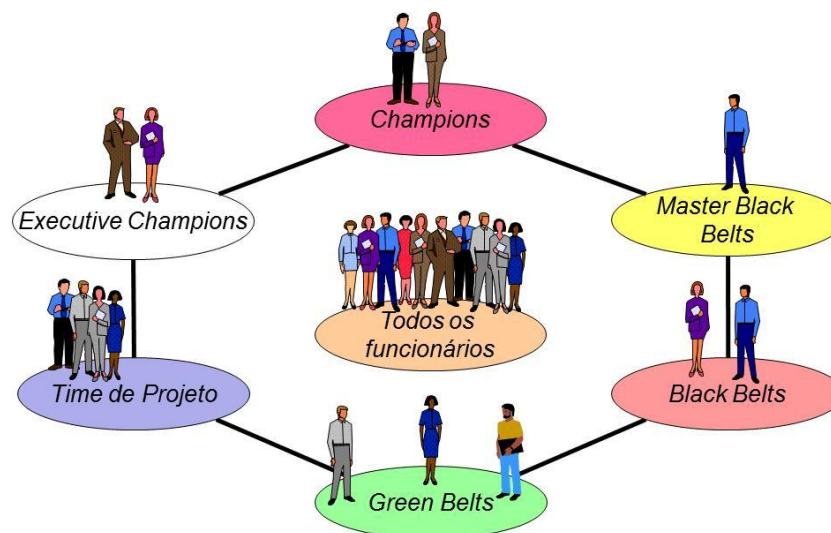
A formação da equipe Seis Sigma é um elemento fundamental no processo do programa, pois ele é desenvolvido essencialmente por pessoa. A concepção utilizada pelas

empresas que desenvolveram a metodologia, afirmam que esse modelo é parte integrante do sucesso que elas conseguiram. É claro que cada empresa pode montar sua equipe e seus jogadores da forma que melhor se adapte a suas condições, mas o importante é lembrar que as pessoas devem ter tempo para estudar e trabalhar nos grupos Seis Sigma.

É interessante conhecer por que a nomenclatura da equipe Seis Sigma é baseada na graduação utilizada nas artes marciais.

Conforme Mickel Harry et al., esses termos foram desenvolvidos na Motorola e procuram salientar a qualidade de um especialista no sistema. Um *black belt* das artes marciais tem um treinamento intenso, é um especialista em técnica e mantém o equilíbrio quando aplica um golpe ou defende-se de seu adversário. Ele rapidamente se recupera e está pronto para a próxima ação. Na aplicação da técnica Seis Sigma, o especialista tem que ter as mesmas qualificações que o especialista das artes marciais.

Figura 6 - Funções dentro do *Six Sigma*



Fonte: Monsanto, 2005

2.4.1 O Executivo líder ou sponsor

São membros da direção da empresa (alta gerencia), responsáveis pela implantação do Seis Sigma, definição das estratégias, disponibilizar recursos, direcionar pessoas da organização para as atividades de projeto, orientar o projeto de acordo com a estratégia corporativa, apoiar a corporação na mudança cultural, eliminar conflitos internos e monitorar resultados dos projetos, incentivam as mudanças, avaliam os desempenhos e cobram os

resultados *Six Sigma*, estabelecem os parâmetros que medem o desempenho do negócio, promovem o reconhecimento dos projetos bem sucedidos (MONSANTO, 2005).

2.4.2 O Campeão

O *Champion* é um membro da alta direção e este é responsável por facilitar a identificação e priorização dos projetos, visualizar os projetos em conformidade com a estratégia empresarial, ampliar os benefícios do projeto para toda a corporação, plano de comunicação sobre a estratégia e o andamento para a organização, recrutar e inspirar os faixas pretas nos projetos e monitorar o desempenho e andamento dos projetos. Devem participar da formação dos times de projeto e selecionam e aprovam os projetos que serão conduzidos pelos BB's (*Blacks Belts*).

2.4.3 O Master black belt

É o professor e mentor dos *black belt* além de auxiliar o *champion*, é o especialista nas ferramentas e técnicas Seis Sigma, desenvolve e certifica os faixas pretas, participa das revisões do projeto e aponta o seu parecer técnico, compartilha melhores práticas e entende a ligação entre a estratégia de negócio e os projetos Seis Sigma. Praticamente são instrutores em tempo integral.

2.4.4 O Black Belt

São os líderes de equipe responsáveis pelo acompanhamento do progresso das fases de Definição, Medição, Análise, Melhoria e Controle dos processos que influenciam na satisfação dos clientes.

Entre as atividades dos BB (*black belt*) estão: preparar avaliação inicial do projeto e validar os benefícios, liderar e direcionar a equipe para a execução do projeto, determinar quais ferramentas utilizar, identificar os colaboradores do projeto, apresentar os dados das oportunidades, apresentar o progresso do projeto e os benefícios, gerenciar os riscos do projeto, entre outros.

São mentorizados pelos MBB's (*Master Black Belt*) porém mentorizam os GB's (*Green Belts*) e dedicam de 50 a 100% do tempo em atividades *Six Sigma*.

2.4.4 O Green Belt

São os colaboradores que participam ativamente nos projetos Seis Sigma auxiliando na implementação das ferramentas e aplicação das técnicas. As atividades que os *green belts* executam podem variar dependendo de organização para organização, podendo inclusive serem líderes de projetos específicos ou de impacto financeiro menor. Recebem treinamento básico *Six Sigma* e são aptos para coletas e análise de dados e preparação de relatórios, dando suporte aos BB's na condução dos projetos *Six Sigma*.

2.4.6 O Time do Projeto

São pessoas convocados pelos BB's para participar dos projetos de melhoria de Seis Sigma, quase sempre são pessoas que estão envolvidas nos processos que estão sendo melhorados. Fornecem o cérebro e os músculos adicionais para a medição, análise e melhoria de um processo. Também ajudam a disseminar informações sobre ferramentas e processos Seis Sigma e se tornam parte da força reserva para projetos futuros.

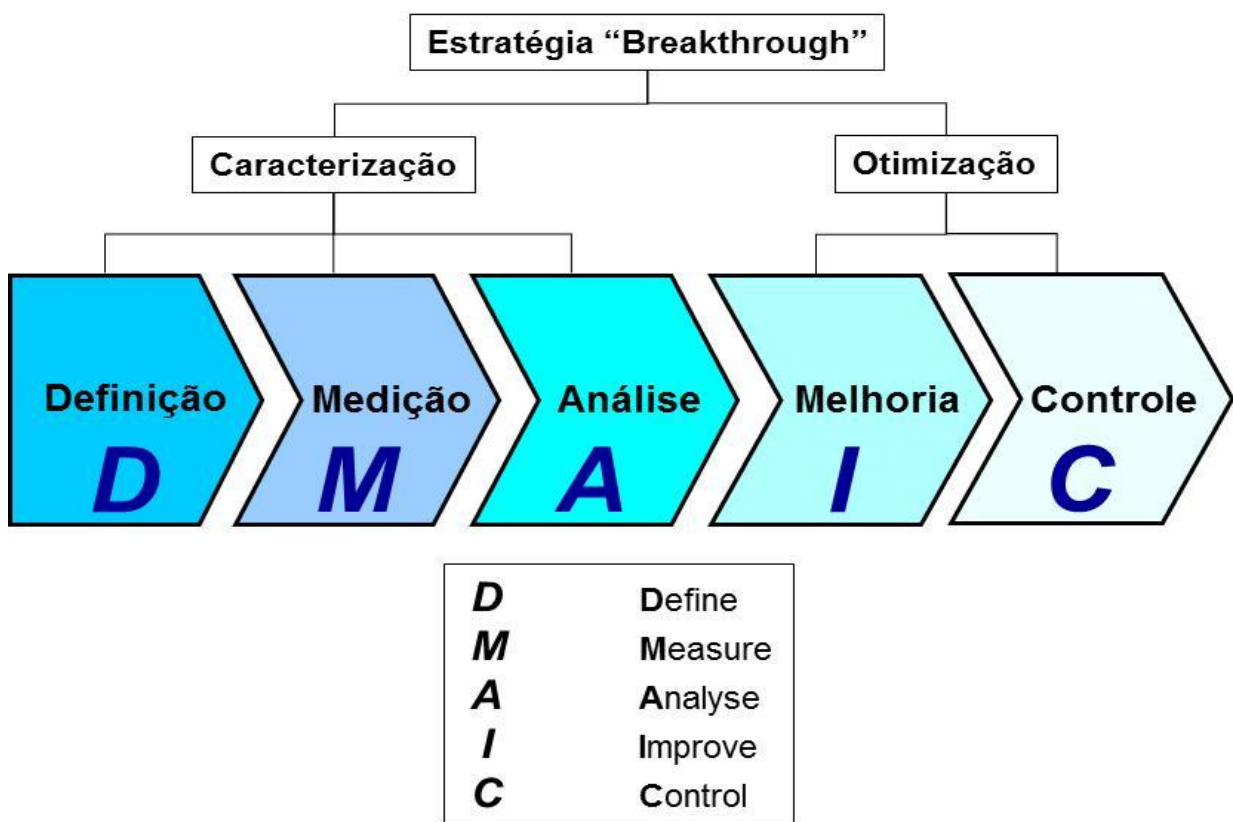
Sua atuação pode se dar em apenas um determinado momento do projeto, porém, serão bastante beneficiados com a conclusão do projeto e geralmente atuam em tarefas específicas no projeto.

2.5 Definições modelo DMAIC

A metodologia seis sigma segue um rigoroso modelo, DMAIC, que garante uma sequência ordenada, lógica e eficaz no gerenciamento dos projetos. O DMAIC é um modelo formado de cinco fases que possuem o objetivo de guiar as atividades necessárias e empregadas na abordagem Seis Sigma para a melhoria dos processos. Cada letra desta sigla tem um significado bem definido, os quais são respectivamente, Definição (D), Medição (M), Análise (A), Melhoria (I) e Controle (C). (SANTOS; MARTINS, 2003) O modelo serve como um apoio para se manter o foco nas atividades seguindo uma direção estruturada.

Embora muitas vezes se represente o processo DMAIC do Seis Sigma de forma linear, na verdade as fases não acontecem estritamente deste modo “passo-a-passo”. Frequentemente assim que os times de trabalho começam a medir o processo eles descobrem que são necessárias definições adicionais ao processo. Também quando começam a analisar as possíveis causas do problema, descobrem que precisam coletar mais dados, e assim por diante. Então os times continuamente vão e voltam nas fases do DMAIC para garantir a finalização da fase anterior. A figura 7 apresenta todas as fases do ciclo DMAIC.

Figura 7 - Fases de um Projeto *Six Sigma*



Fonte: Monsanto, 2005

Segundo Rath & Strong (2001), a metodologia Seis Sigma utiliza como ferramenta de condução o DMAIC, que é o acróstico que representa: Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar. Também pode ser entendido como os substantivos destes verbos. E utiliza-se da estratégia *breackthrough* que representa uma ruptura no processo, que possibilita um saldo de melhorias. Então o DMAIC é uma estruturada, disciplinada e rigorosa abordagem para alcançar a melhoria do processo composta pelos 5 passos ou fases descritos a seguir, onde cada passo está logicamente ligado com o passo anterior assim como o posterior.

Segundo Lynch (2003) o DMAIC é análogo a um funil. Uma ampla oportunidade de uma empresa ter seu escopo progressivamente estreitado, inicialmente utilizando as definições de projeto Seis Sigma e posteriormente as ferramentas Seis Sigma. O resultado é um problema que pode facilmente ser entendido e rapidamente endereçado com um foco de mira “laser”.

A razão para se seguir esta metodologia rigorosamente é para garantir que as desafiantes metas Seis Sigma sejam atingidas.

2.5.1 Define

Esta é a primeira fase de um projeto *Six Sigma*. Nesta fase deve ser definido claramente qual é o problema a ser eliminado e/ou situações a serem melhoradas nos processos organizacionais de qualquer natureza, seja manufatureiro ou prestação de serviços. As melhorias identificadas através da análise dos processos organizacionais devem ter como foco principal o atendimento das necessidades dos clientes da organização (STAMATIS, 2004).

Os projetos *Six Sigma* identificados nesta fase devem:

- Identificar os problemas específicos ou amplos;
- Definir os requisitos, objetivos, se necessário mudar a visão;
- Estabelecer metas, esclarecer o escopo e as exigências do cliente.

Os clientes da organização são todos aqueles que são afetados pela baixa qualidade de um produto ou serviço entregue. Entre os clientes estão os departamentos internos, os funcionários e principalmente os clientes finais. O ponto de vista do cliente é uma das premissas básicas para a análise e direcionamento de todas as atividades que a equipe de trabalho executará na fase de definição.

Identificar os parâmetros relevantes para o cliente são entradas de informações importantes para a atividade de mapeamento dos processos. Informações como o tempo que o cliente final considera como aceitável para a entrega de um produto, o que significa qualidade do produto na visão do cliente, qual o tempo máximo aceitável para aguardo na central de atendimento são parâmetros relevantes para os processos.

Durante a fase de definição, os processos internos que afetam os clientes da organização são mapeados, identificando as entradas e saídas dos processos e seus

relacionamentos com os demais processos da organização. O mapeamento dos processos é uma das atividades chaves da fase de definição, permitindo assim que através do resultado do mapeamento seja possível identificar áreas de retrabalho, atividades que não agregam valor ao resultado final, atividades que estão fora dos padrões de mercado no quesito tempo e uso de recurso, e também problemas com recursos humanos específicos dentro de um processo (STAMATIS, 2004).

Para um problema detectado durante as discussões com a equipe de trabalho, este deve ter obrigatoriamente evidências comprovando a ocorrência deste problema. Os fatos não podem ser assumidos a partir de um entendimento particular de um integrante ou grupo. A partir do resultado alcançado, a equipe de trabalho deve definir o que faz parte do escopo de trabalho e priorizar os problemas encontrados. O resultado alcançado pode ser extenso e com muitos detalhes, porém, é de importância priorizar e definir um escopo de trabalho inicial para que o projeto não se estenda e demore um tempo longo para atingir um resultado em curto prazo. Dos pontos priorizados no escopo de trabalho, devem-se detalhar as alternativas de soluções, sempre focando o valor que a organização pode agregar aos clientes.

2.5.2 Measure

Esta é a segunda fase de um projeto *Six Sigma*. Nesta fase deve-se coletar o máximo de informações possível a respeito do processo a ser melhorado.

Nesta fase de medição, são discutidos os procedimentos para coleta de informações dos processos mapeados na fase de Análise. É através da aplicação destes procedimentos, que as informações sobre o desempenho atual dos processos são identificadas. Estas informações são valiosas para o desenvolvimento do plano de coleta, permitindo com isto, preparar a estrutura de avaliação de desempenho dos processos (STAMATIS, 2004).

A avaliação tem a função de acompanhar e medir o andamento dos processos, permitindo que melhorias possam ser implementadas em conformidade com os resultados obtidos. As variações encontradas durante as medições podem ser apresentadas de algumas formas, entre as utilizadas estão: gráficos de Pareto e histogramas.

Estas formas gráficas auxiliam a equipe de trabalho e os patrocinadores do projeto a visualizarem facilmente o desempenho dos processos frente às mesmas medições realizadas em um período anterior. Durante as atividades de medição dos processos, é importante que a equipe de trabalho esteja ciente sobre os motivos pelos quais variações podem ocorrer durante

as medições. Existem variações que podem ser classificadas como variações comuns e especiais.

As variações comuns são as que envolvem a instabilidade de alguns fatores como: recursos humanos, máquinas, procedimentos, materiais e mesmo o ambiente. São instabilidades que podem ocorrer, por exemplo, na falha de uma máquina por falta de manutenção, operário com dificuldades de operação de uma máquina por problemas emocionais e até mesmo problemas do ambiente como a mudança da disposição de máquinas causando acidentes. Variações comuns são oportunidades de melhoria dentro dos processos (STAMATIS, 2004).

As variações especiais acontecem de forma imprevisível, como por exemplo, um temporal que acontece em uma época não convencional e inunda todo o parque de máquinas. Difícil de prever e preparar para uma variação como esta. Com as variações identificadas, o plano de coleta de informações deve aglutinar todas as informações coletadas pela equipe de trabalho, os procedimentos discutidos para a coleta das informações e as variações encontradas durante os processos.

A partir da consolidação destas informações, pontos podem ser detalhados como:

- Quem são os responsáveis pela coleta de informações nos processos?
- Como o sistema de medição será testado?
- Como as informações coletadas serão apresentadas?
- Se erros ocorrerem durante o processo de coleta de informações, como resolver estes impasses?
- As informações coletadas possuem o nível de detalhe necessário?

O detalhamento do plano de coleta auxiliará a equipe de trabalho na minimização de riscos do processo de coleta de informações, riscos estes relacionados a não confiabilidade das informações coletadas. (STAMATIS, 2004) O processo deve ser consistente e assegurar que as informações coletadas estejam íntegras. Os procedimentos devem estar bem descritos, pois o mesmo procedimento deve ser aplicado outras vezes para acompanhamento do desempenho.

2.5.3 *Analyze*

Esta é a terceira fase de um projeto *Six Sigma*. Nesta fase deve-se analisar todas as informações levantadas na fase de medição, e filtrar entre os muitos X's potenciais quais são os poucos X's vitais. Estes são os verdadeiros causadores do problema.

- Quais X's têm influência sobre o Y.
- Se um X potencial afeta outro X potencial.
- Como deveria estar o Y para o processo ser considerado *Best-in-Class*.
- Quais fatores conduzem ao sucesso do projeto.
- Quais etapas do processo deverão ser otimizadas.

O objetivo desta fase de análise é a consolidação do plano de coleta de informações da fase *Measure* e das oportunidades de melhoria identificadas na fase *Define*. Esta análise em conjunto das melhorias detectadas e das medições dos processos atuais, permite que a equipe de trabalho tire conclusões sobre as melhorias a priorizar, confirme sobre as reais necessidades de melhoria nos processos, identifique as origens dos problemas e principalmente, quais são os reais benefícios das melhorias identificadas (STAMATIS, 2004).

O resultado da fase de análise permite que a equipe de trabalho obtenha respostas para as questões como:

- Qual é a oportunidade de melhoria?
- Qual é a maneira de se analisar as informações?
- Quais são as causas raízes de problemas identificadas que geram oportunidade de melhoria?
- Como as informações foram analisadas para identificar estas origens de variação encontradas?
- A análise resultou em mudança de escopo?

2.5.4 *Improve*

Esta é a quarta fase de um projeto *Six Sigma*. Nesta fase deve-se retornar ao processo e otimizar as características (X's vitais) que foram identificados na fase de análise.

- Confirmar as melhorias após a implementação das mudanças.
- Estabelecer os limites operacionais para os X's vitais.

- Calcular a nova capacidade do processo.

O objetivo desta fase é gerar ideias, desenhar programas de melhorias, realizar projetos pilotos de ajustes em processos e implementá-los. É através da análise dos resultados obtidos nas fases de Definição, Medição e Análise que a fase de Melhoria possui subsídios para propor mudanças e estar constantemente pensando em melhorias.

A coleta de informações da satisfação dos clientes em conjunto com dados de desempenho de processos, auxilia a equipe de trabalho a propor mudanças, em alguns casos ajustes (STAMATIS, 2004).

O custo benefício de uma mudança é analisado criteriosamente a fim de se concluir se o impacto da mudança é realmente benéfico tanto em redução de custos como em benefícios para os clientes da organização.

Toda proposta de melhoria deve estar apoiada através da implementação de um piloto inicial, um piloto é um projeto em menor escala que visa validar com um grupo menor se os benefícios propostos realmente foram atingidos. A comprovação dos benefícios em projetos pilotos são um forte indicativo de que o resultado pode ser propagado se implementado na área ou em um processo como um todo. (STAMATIS, 2004)

Com a implementação que foi realizada e que esta em andamento, o processo de validação desta nova implementação deve ser constante, validando se ocorreu melhoria no desempenho do processo ao ser comparado com a medição anterior à mudança.

2.5.5 Control

Esta é a quinta e última fase de um projeto *Six Sigma*. Nesta fase deve-se garantir que as melhorias conseguidas sejam definitivas.

O objetivo desta fase é controlar os processos existentes, aplicar medições com o intuito de monitorar o andamento dos processos e antecipar ações corretivas e de prevenção de desvios. Devem-se institucionalizar melhorias através de modificações em sistemas, estruturas e processos, tudo isto acompanhado por um plano de controle onde ficam registrados os responsáveis, o que está sendo mensurado, parâmetros de desempenho e medidas corretivas aplicadas. (STAMATIS, 2004)

O resultado da fase de controle é permitir aos donos dos processos visualizar:

- Entender as expectativas de desempenho dos processos;

- Como medir e acompanhar as determinadas métricas para que o processo alcance a métrica desejada;
- Quais ações devem ser executadas no caso de ocorrerem problemas previamente analisados ou possíveis.

2.6 Ferramentas dos projetos de Seis Sigma

Durantes as fases do DMAIC, a utilização de algumas ferramentas são de extrema importância para análise de possíveis ações de melhorias e para auxiliar na formulação de métodos e processos para implementação da metodologia e planos de ação. Ferramentas para o gerenciamento da qualidade são fundamentais para o planejamento e controle das variáveis internas e externas ligadas a uma empresa. A tabela abaixo mostra algumas ferramentas, e as etapas do DMAIC que elas se aplicam, sendo algumas dela detalhadas posteriormente, devido a aplicação no estudo de caso a ser apresentado.

A metodologia Seis Sigma é marcada pela utilização ordenada de diversas ferramentas, que trazem de maneira simples e direta as informações que são buscadas em cada fase do projeto. Na sequência serão citadas as principais ferramentas e a forma de aplicação de cada uma delas. No entanto, essa não é uma relação rígida, que não pode ser acrescida de outras ferramentas. Por outro lado, não é esperado que em um projeto contenha todas as ferramentas descritas, tanto por redundância quanto por aplicação. O quadro abaixo relaciona as ferramentas com as fases onde a aplicação é mais comum, mas posteriormente serão apresentados os mais principais.

Tabela 3 - Ferramentas Utilizadas no Seis Sigma

Ferramentas	D (Define)	M (Measure)	A (Analyze)	I (Improve)	C (Control)
5W2H				x	
Amostragem		x			x
Análise de Regressão			x		
Análise de Séries temporais	x	x			
Análise de Sistema de Medição- Inspeção		x	x		x
Análise de Tempos de Falhas			x		
Análise de Variância			x		
Análise do Tempo de ciclo			x		
Análise Econômica	x				
Análise Multivariada		x			
Auditoria do Uso dos padrões					x
Box Plot		x	x		
Brainstorming			x	x	
Carta de Controle	x	x	x		x
Cartas "Multi-Vari"			x		
Diagrama de Afinidades			x	x	
Diagrama de Causa e Efeito			x	x	
Diagrama de Disperção			x		
Diagrama de Gantt				x	
Diagrama de Matriz			x	x	
Diagrama de Pareto		x			x
Diagrama de Processo Decisório (PDPC)				x	
Diagrama de relações Estratificação		x	x	x	
Fluxograma			x		
FMEA			x	x	
Folha de Verificação		x			x
FTA			x		
Gráfico sequencial	x	x			
Histograma		x	x		x
índices de Capacidade		x			x
Manuais					x
Mapa de Produto			x		
Mapa de Raciocínio	x				
Mapa do Processo			x		
Matriz de Priorização			x	x	
Métricas do seis Sigma	x	x			x
OCAP(outofcontrolActionPlan)					x
OJT (On The Job Training)					x
Operação evolutiva(EVOP)				x	
Palestras					x
PERT- COM				x	
Planejamento de Experimentos			x		
Plano de Coleta de Dados		x			
Plano p - Coleta de Dados					x
Poka - Yoke (mistake-Proofing)					x
Procedimentos Padrão					x
PROJECT Charter	x				
Relatório de anomalias					x
Reuniões					x
Simulação				x	
SIPOC	x				
Stakeholder Analysis				x	
Teste de Hipóteses			x	x	
Teste de Mercado				x	
Teste de Vida Acelerados			x		
Teste na Operação				x	
Voz do Cliente (VOC)	x				
Diagrama de árvore				x	

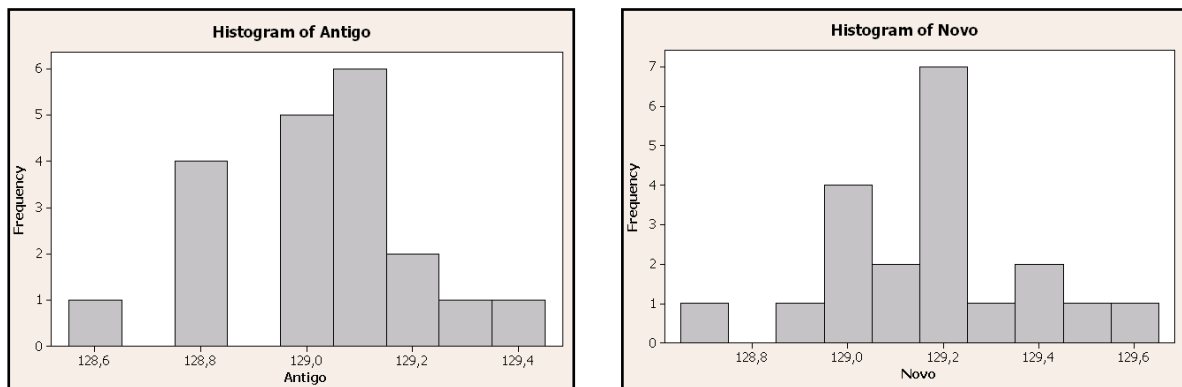
Fonte: WERKEMA, 2004 (Adaptado)

As ferramentas disponíveis para aplicação nos estudos de que se deseja realizar são muitas, porém, logo abaixo serão demonstradas as ferramentas mais utilizadas para análise das informações.

2.6.1 Histograma

O histograma é um gráfico de barras onde os dados são distribuídos por classes (ou categorias), ou seja, é uma forma de descrição gráfica de dados quantitativos, agrupados em classes de frequência. Trata-se de um gráfico formado por retângulos contíguos com base nas faixas de valores de variável em estudo, e com altura definida pela frequência de ocorrência dos dados no intervalo definido pela base do retângulo. A grande vantagem do histograma é que, o mesmo, mostra uma fotografia da variável em um determinado instante (JUNIOR et al., 2006). As barras de cada classe são caracterizadas pela frequência distribuída em cada uma.

Gráfico 1 – Histograma



Fonte: O próprio autor

2.6.2 Brainstorming

O Brainstorming é usado para gerar muitas ideias de maneira rápida, para identificar possíveis causas de um problema. Essa ferramenta encoraja a criatividade, cria envolvimento entre os membros do grupo, gera excitação e energia (MONSANTO, 2005).

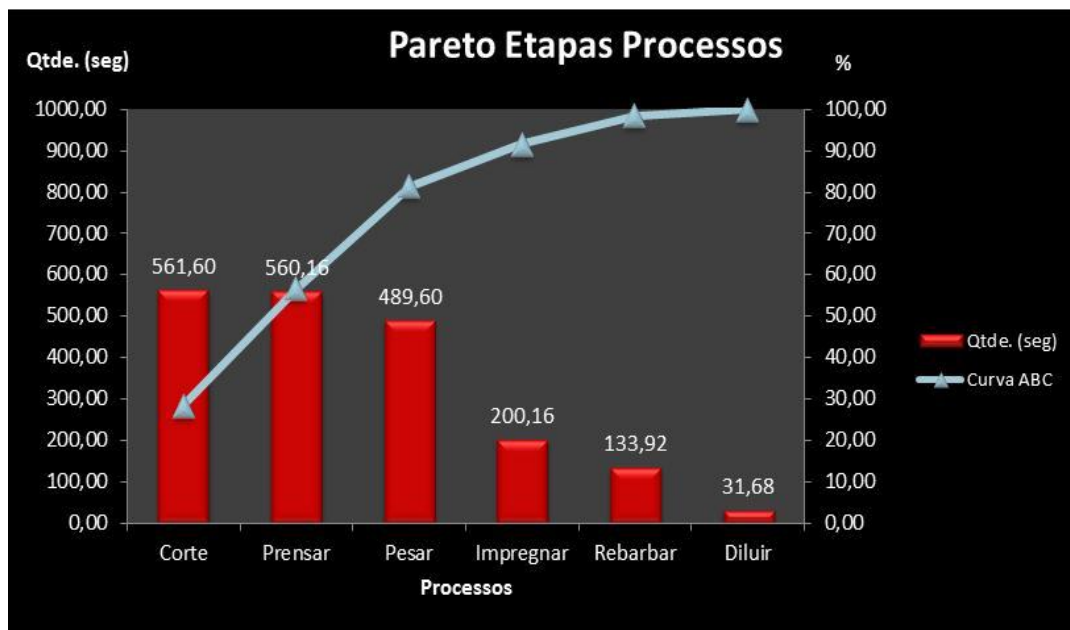
Pode ser feito ordenadamente (cada um do grupo dando sugestões segundo um sentido - horário, por exemplo) ou aleatoriamente. É importante que todas as ideias sejam inicialmente anotadas, não desprezando as que possam parecer sem ligação com o tema.

2.6.3 Gráfico de Pareto

O Gráfico de Pareto é um gráfico de barras construído a partir de uma coleta de dados e, é utilizado na priorização de problemas ou causas de determinado tópico. O princípio do Gráfico de Pareto se originou a partir dos estudos de Vilfredo Pareto (um economista italiano do século XIX), que estudou os princípios de distribuição de renda no país. Ele apresentou um estudo sobre o tema distribuição da renda, mostrando que esta era muito desigual, pois a maior parte da riqueza pertencia a um pequeno grupo de pessoas (MONSANTO, 2005).

Resumindo, o diagrama de Pareto, é uma descrição gráfica de dados que apresenta a informação de forma que se possam concentrar os esforços de melhoria nos pontos onde os maiores ganhos podem ser obtidos, que são os itens que representam as melhores oportunidades de melhoria.

Gráfico 2 – Gráfico de Pareto



Fonte: O próprio autor

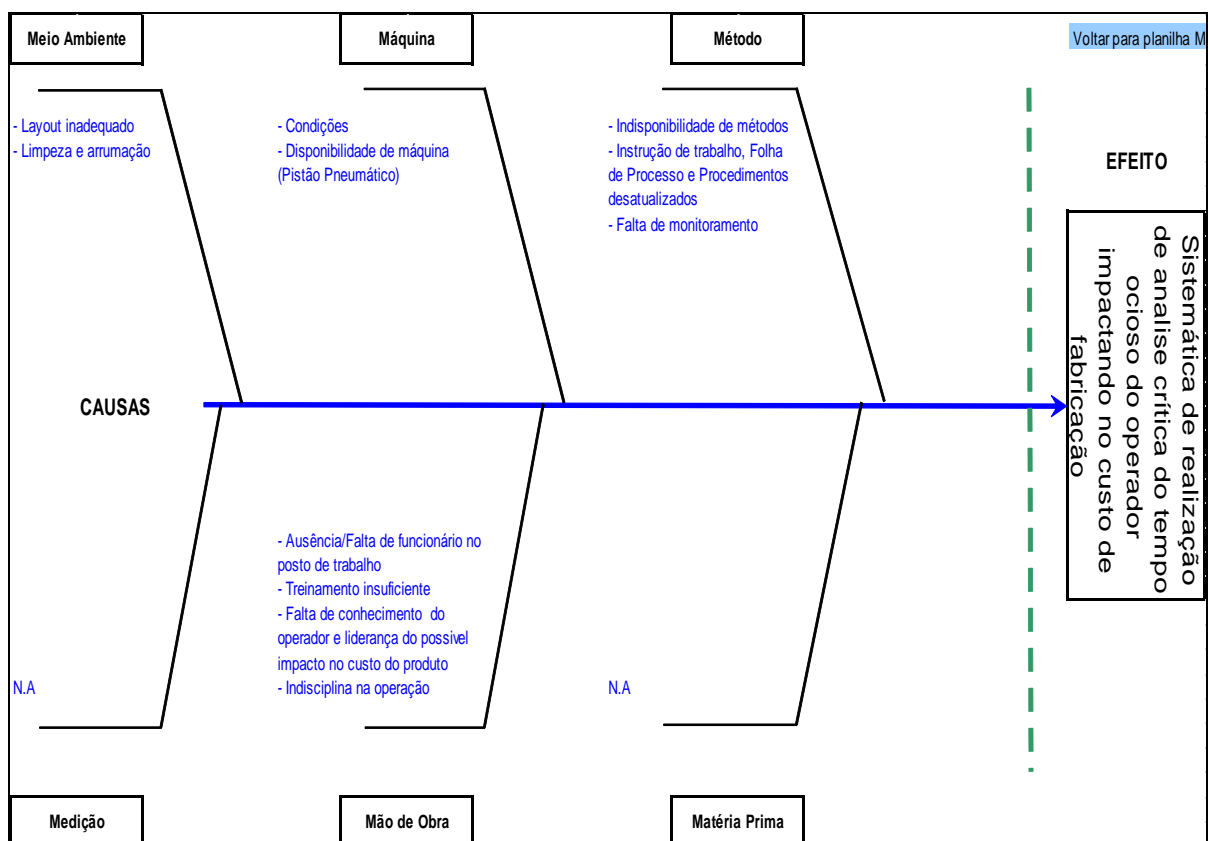
2.6.4 Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito, também chamado Ishikawa, mostra graficamente potenciais causas de um problema. A disposição do diagrama mostra as relações causais entre as possíveis causas e o efeito estudado (MONSANTO, 2005).

Em sua estrutura, os problemas podem ser classificados como sendo de seis tipos diferentes; o que confere a esse diagrama o nome alternativo de "6M" – Método, Matéria-prima, Mão-de-obra, Máquina, Medição, Meio Ambiente.

O sistema permite estruturar hierarquicamente as causas potenciais de determinado problema ou oportunidade de melhoria, bem como seus efeitos sobre a qualidade dos produtos. Permite também estruturar qualquer sistema que necessite de resposta de forma gráfica e sintética (isto é, com melhor visualização).

Figura 8 – Diagrama de Causa e Efeito



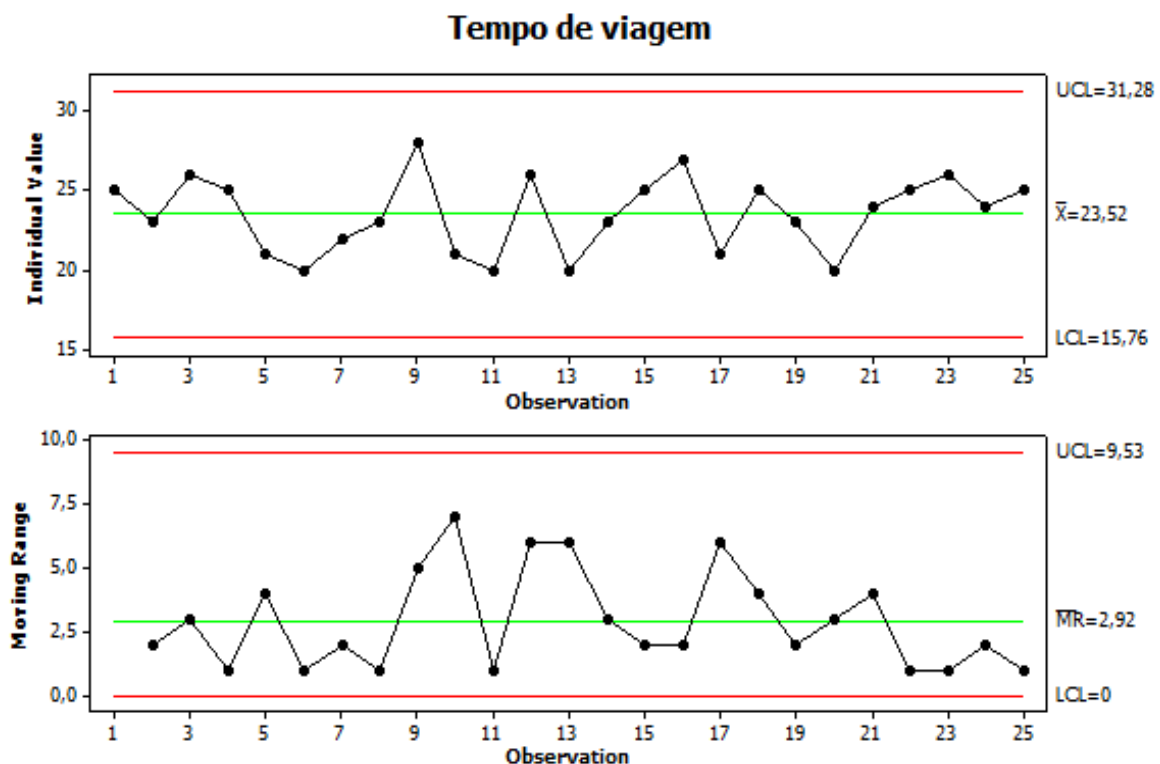
Fonte: O próprio autor

2.6.5 Gráficos de Controle

Um gráfico de controle é plotado com as informações ordenadas no tempo. Os limites de controle são determinados estatisticamente e plotados no gráfico. A linha central identifica à média, e não a mediana.

Com a finalidade de visualizar a variabilidade a que um processo pode estar sujeito e o comportamento que ele apresenta, os gráficos de controle são largamente utilizados. São também conhecidos como gráficos de controle de Shewhart, já que foram inicialmente propostos pelo Dr. Walter S. Shewhart. De acordo com Montgomery (2004), trata-se de uma representação gráfica da qualidade que foi mensurada a partir de uma amostra, relacionada com o tempo ou com o número da amostra.

Figura 9 - Gráfico de Controle da Média \bar{X} e Amplitude Móvel



Fonte: <http://www.blogcmmi.com.br>

No Gráfico da Média (\bar{X}) são plotadas as médias das amostras, no intuito de controlar os valores médios das características estudadas, monitorando, portanto, o nível médio do processo a partir da variabilidade das amostras.

O Gráfico da Amplitude (AM) revela justamente a variabilidade dentro de uma mesma amostra, de modo que as amostras devem ser selecionadas permitindo que a variabilidade dentro da amostra meça apenas causas aleatórias ou casuais. Segundo Werkema (1995), os gráficos X e R devem ser utilizados em conjunto, a fim de garantir acompanhamento mais eficiente do processo.

2.6.6 Índices de Capacidade do Processo

Segundo Slack (2002), “a capacidade do processo é a medida da aceitabilidade da variação do processo”. Werkema (1995) considera que os índices de capacidade informam se o processo é ou não capaz de fabricar produtos que atendam às especificações dos clientes, tanto internos, quanto externos.

Torminato (2004) afirma que a análise de capacidade é parte importante do Controle Estatístico do Processo, pois permite determinar a habilidade do processo em satisfazer as especificações e os limites de tolerância do processo, além de diagnosticar o estado de controle dos processos de produção, verificando se são ou não capazes de satisfazer as solicitações dos clientes.

Os índices de capacidade são valores adimensionais, que possibilitam qualificar o desempenho do processo. A utilização dos mesmos está vinculada à existência do controle estatístico do processo e à normalidade da distribuição da variável analisada. Os índices de capacidade do processo comumente utilizados são (MONTGOMERY, 2004; TORMINATO, 2004):

2.6.6.1 Índice de capacidade (C_p)

Mede a capacidade potencial do processo, ou seja, sua capacidade de atender as especificações se o mesmo estiver ajustado. É definido como o intervalo de tolerância dividido pela amplitude do processo, ou seja, 6 vezes o desvio padrão estimado, considerando a ausência de causas especiais (MONSANTO, 2005).

2.6.6.2 Índice de capacidade (Cpk)

Mede a capacidade efetiva do processo. Considera simultaneamente se o processo possui uma dada dispersão e se a média atende as especificações levando em conta a centralização do processo e é definido como o mínimo entre o limite superior e o inferior de capacidade (MONSANTO, 2005).

2.6.6.3 Índices do desempenho potencial de um processo (Pp e Ppk)

Quando o processo não está sob controle, recomenda-se o uso dos índices do desempenho de um processo Pp e Ppk. Esses índices analisam se a amostra gerada do processo tem condição de atender as especificações estabelecidas (MONSANTO, 2005).

2.6.7 FMEA

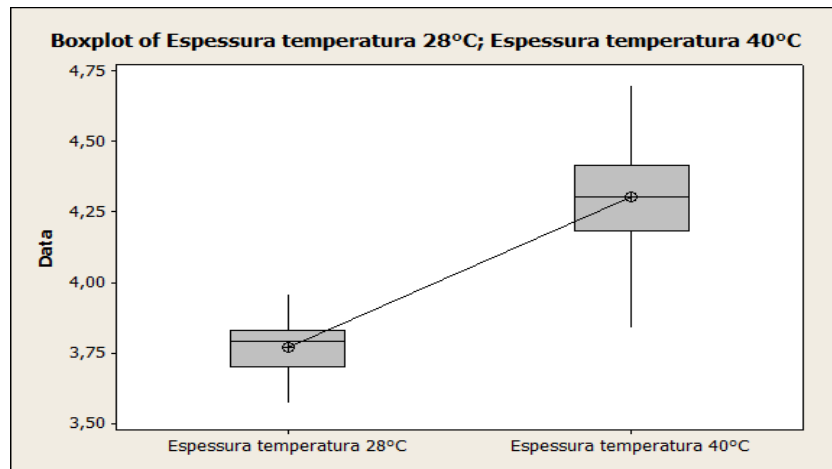
FMEA, em inglês, é um acrônimo de *Failure Mode and Effects Analysis*, que em português pode ser resumido por Análise de Falhas e Efeitos. É uma maneira lógica de se calcular impacto de variáveis, soluções ou problemas dentro de um processo, estabelecendo prioridades de acordo com a avaliação de vários aspectos (MONSANTO, 2005).

Além de mostrar o risco associado a cada alternativa, o FMEA consegue resumir em um quadro as informações que podem estar pouco claras ou muito dispersas. O FMEA é utilizado para identificar todos os seus possíveis tipos de falha potencial; determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho do produto; priorizar os modos de falha em função de seus efeitos, de sua frequência de ocorrência e da capacidade de os controles existentes evitarem que a falha chegue ao cliente; e identificar ações que possam eliminar ou reduzir a chance de uma falha potencial ocorrer.

2.6.8 BOX-PLOT

Box-plot é uma representação gráfica da distribuição de dados de variáveis que, entre outras coisas, apresenta informações sobre a variabilidade e a simetria dos dados. Seu uso é particularmente indicado quando a quantidade de dados disponíveis é inferior a 30.

Gráfico 3 – Gráfico Boxplot



Fonte: O próprio Autor

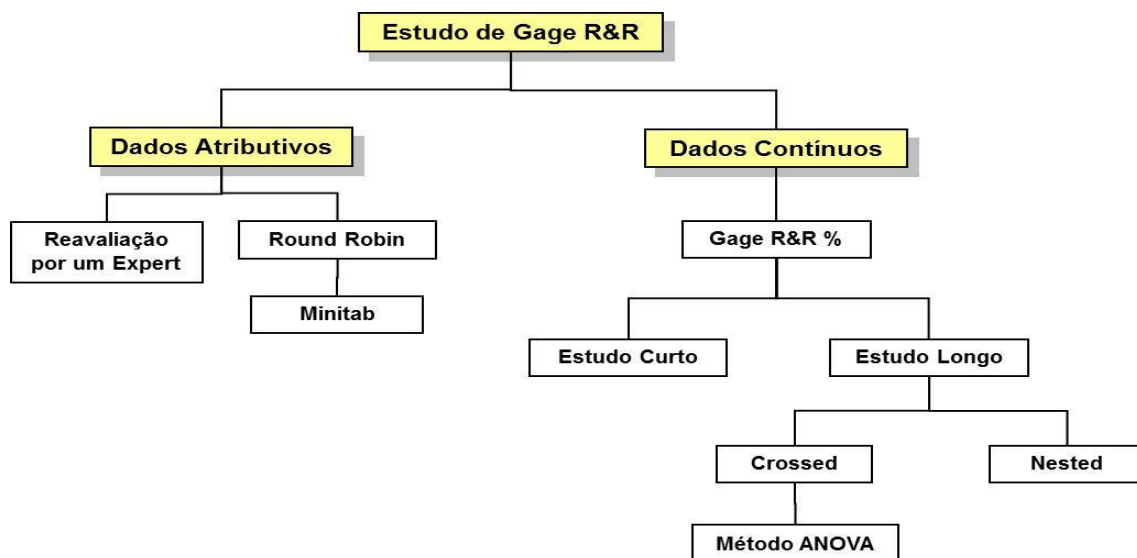
2.6.9 Ferramenta R&R

Um estudo de Gage R&R (Repetibilidade & Reprodutibilidade) é a avaliação do nosso sistema de medição, para saber se este realmente nos mostra como o processo está se comportando (MONSANTO, 2005).

O Gage R&R identifica e quantifica as diferentes fontes de variação que afetam um sistema de medição. Em todo projeto *Six Sigma* sempre estaremos medindo algo.

Existem várias maneiras de se fazer estudo de R&R como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Tipos de Gage R&R



Fonte: Monsanto, 2005

A ferramenta R&R, que significa Repetibilidade e Reprodutibilidade, é usada para validar o sistema de medição. A meta é minimizar fatores controláveis que podem causar muita variação, e para isso, são feitas uma série de tentativas no sentido de identificar vários operadores que são capazes de fazer diversas medidas repetidas vezes e sempre encontrar os mesmos resultados.

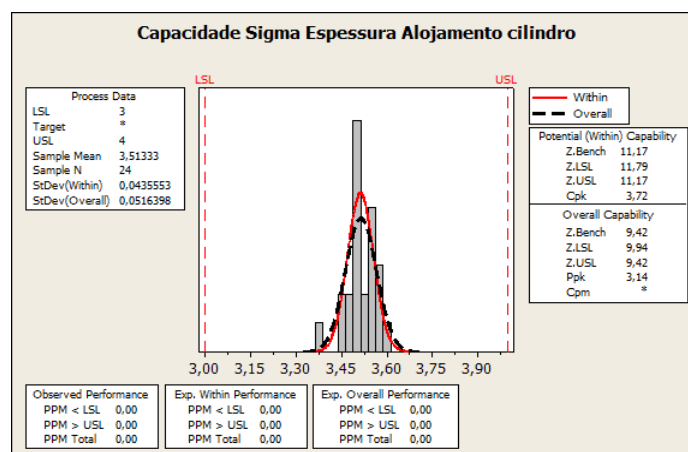
A repetibilidade é usada quando o mesmo instrumento utilizado na medição consegue repetir a medida. A repetibilidade representa a variação inerente ao processo de medição (dentro dos subgrupos). É estimada pelo desvio padrão agrupado (médio) da distribuição de medições repetidas (MONSANTO, 2005).

A reprodutibilidade é utilizada quando condições diferentes estão envolvidas no processo de medição. Geralmente a reprodutibilidade é associada a operadores diferentes, pois mantemos as outras condições inalteradas. Outro fator importante é a estabilidade que é a consistência das medições ao longo do tempo. Um instrumento é estável quando consegue repetir a medição após um período de tempo (MONSANTO, 2005).

2.6.10 Capacidade de Processo

A medida da capacidade do processo é uma estatística que resume quanta variação existe em uma variável de interesse que se relaciona com os requerimentos do cliente. É uma informação útil, pois permite o gerenciamento do processo a partir de apenas um número, e que é possível compara-lo dentro de uma escala, tanto para acompanhar a evolução quanto para comparar com outros processos.

Gráfico 4 -Capacidade do Processo



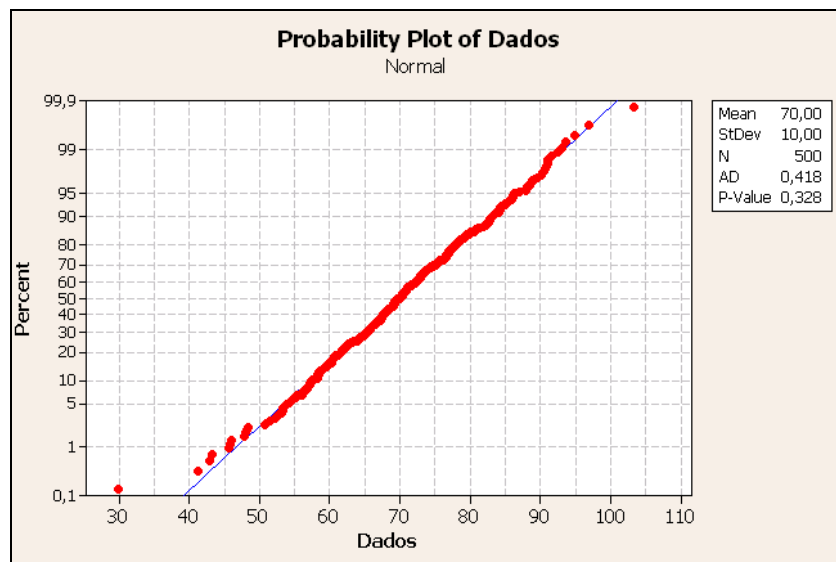
Fonte: O próprio Autor

2.6.11 Teste de Normalidade

Para que possamos confiar nas análises estatísticas baseadas no Desvio Padrão, é muito importante que os dados com os quais estamos trabalhando tenham uma Distribuição Normal, ou algo muito próximo dela. O critério de aceitação do teste de normalidade é o chamado “Valor P”:

- Se $P \geq 0,05$, podemos considerar os dados como sendo normais.
- Se $P < 0,05$ os dados não podem ser considerados normais.

Gráfico 5 – Teste de Normalidade



Fonte: O próprio Autor

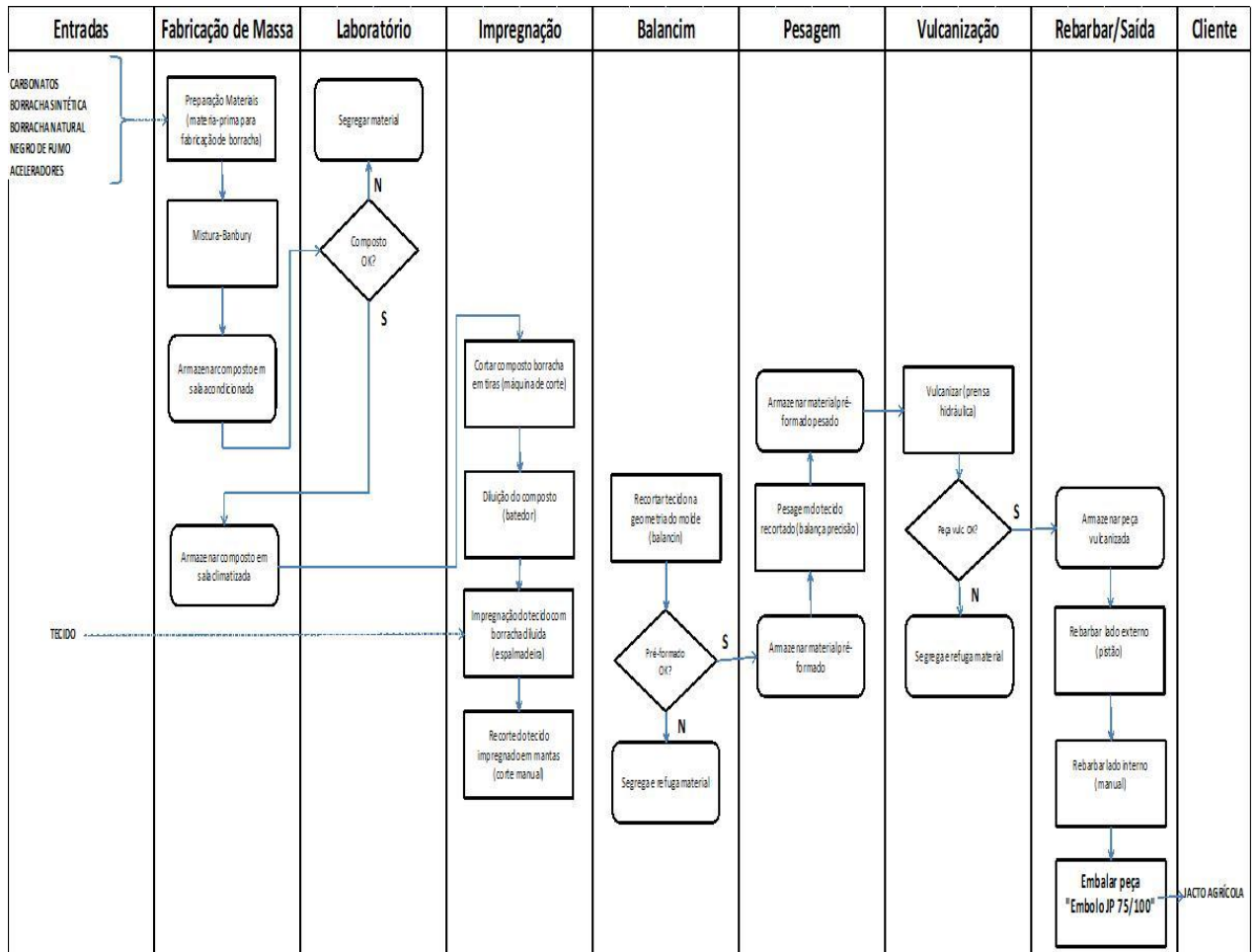
Devemos analisar o valor P dos relatórios emitidos pelo *Minitab*, que é o *software* mais utilizado para montar gráficos estatísticos. No caso do gráfico 5 analisamos como $P = 0,328 > 0,05$ portanto os dados são normais.

2.6.12 SIPOC

O SIPOC é um gráfico de linguagem simples que define o mapa de processo. Em inglês, SIPOC significa *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*, que pode ser traduzir para português como Fornecedores, Entradas, Processo, Saídas e Clientes. É um meio efetivo de comunicação entre os membros da equipe, que facilita a visualização para membros que

ainda não conhecem o processo e precisam de uma visão mais sistêmica antes de se aprofundarem nos detalhes.

Figura 11 – SIPOC de Processo

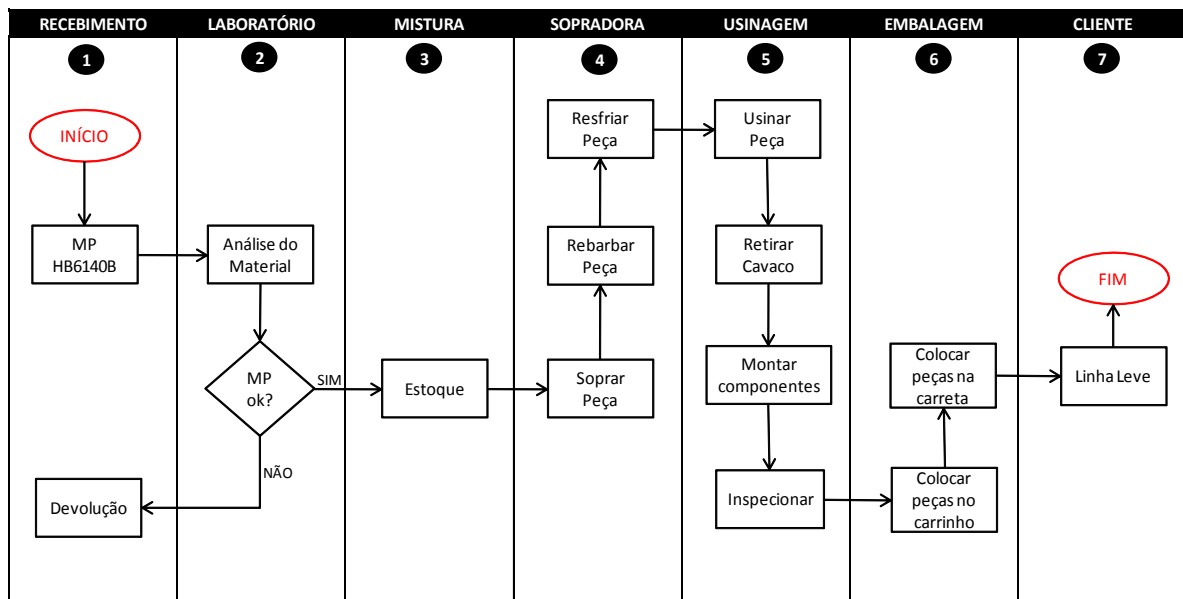


Fonte: O próprio Autor

2.6.13 Mapa do Processo

O Mapa do Processo é uma das ferramentas mais importantes do *Six Sigma*. É uma representação gráfica e esquematizada do fluxo de etapas de um processo. Um mapa do processo permite visualizar claramente todas as etapas do processo; mostrar como estas etapas estão relacionadas e os pontos de decisão; estabelecer as fronteiras dos processos de interesse para o projeto; identificar as áreas onde os dados deverão ser coletados; identificar “gargalos”; descrever os fornecedores e clientes de cada etapa; identificar as oportunidades para melhoria de qualidade.

Figura 12 – Mapa de Processo



Fonte: O próprio Autor

2.6.14 Cronograma de Projeto

Um cronograma organiza as atividades e mantém o projeto no caminho para a conclusão. Os principais passos para o planejamento de projetos são:

- **Listar as atividades:** Pensar em todas as atividades necessárias para concluir o projeto.
- **Estabelecer responsáveis:** Quem será o responsável pela conclusão de cada tarefa
- **Duração de cada atividade:** Estimar o tempo para a conclusão de cada atividade.
- **Verificar se há relacionamentos entre as atividades:** O início de uma atividade depende da conclusão de outra anterior?
- **Criar o Gráfico de Gantt:** Permite visualizar todas as atividades e seus relacionamentos.

Figura 13 – Cronograma de Projeto

						■ Dentro do Prazo (Digitar G) ■ Fora do Prazo (digitar R) ■ Fora do Prazo com pla																	
						Entregas de milestones																	
Atividades - Treinamento 6 Sigma						Cronograma de Entrega																	
Item	Tarefa (preto) ou Milestone (vermelho)	Responsável	Status G-Y-R	Exec. (%)	Data	mar/11			abr/11			mai/11			jun/11			jul/11			ago/11		
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1	Definir				04/04/2011																		
2	Definir requisitos dos clientes	Amélio		100	21/03/2011																		
3	Recolher a informação para a caracterização do problema	Amélio		100	28/03/2011																		
4	Avaliar suportes operacionais chave	Amélio		100	28/03/2011																		
5	Desenvolver plano de projeto e milestones	Amélio		100	04/04/2011																		
6	Desenvolver plano de recolha de informação	Amélio		100	04/04/2011																		
7	Desenvolver mapa de processo detalhado	Anderson		100	04/04/2011																		
8	Medir				18/04/2011																		
9	Desenvolver plano de recolha de informação	Amélio		100	11/04/2011																		
10	Definir erros, oportunidades, unidades e métricas			100	18/04/2011																		
11	Detalhar o mapa de processo para as áreas apropriadas			100	18/04/2011																		
12	Validar o sistema de medição/avaliação a implementar			100	18/04/2011																		
13	Desenvolver a relação operação = f (custo)			100	18/04/2011																		
14	Capacidade dos processos e Sigma Base line			100	18/04/2011																		
15	Identificar as fontes de variação e causas			100	18/04/2011																		
16																							
17	Analisar	Amélio		100	25/04/2011																		
18	Definir objetivo de performance			100	25/04/2011																		
19	Identificar fazes que produzem ou não valor			100	25/04/2011																		
20	Eliminar desperdícios			100	25/04/2011																		
21	Determinar processo objetivo			100	25/04/2011																		
22	Determinar as operações vitais relacionados com tempo/consumo em função do custo			100	25/04/2011																		
23	Definir soluções a implementar			100	25/04/2011																		
24																							
25	Melhorar	Amélio			23/05/2011																		
26	Definir e validar sistema de controle e monitoração				23/05/2011																		
27	Desenvolver padrão e procedimentos				23/05/2011																		
28	Desenho detalhado de soluções				23/05/2011																		
29	Implementar processo de controle estatístico				23/05/2011																		
30	Determinar capacidade final do processo				23/05/2011																		
31	Desenvolver planos para o dono do processo				23/05/2011																		
32	Verificar benefícios e redução de custos				23/05/2011																		
33																							
34	Controlar	Amélio			27/06/2011																		
35	Definir tolerâncias operacionais do potencial sistema				27/06/2011																		
36	Identificar fontes de risco/falhas das potenciais soluções				27/06/2011																		
37	Validar potencial melhoramento através de estudos piloto				27/06/2011																		
38	Retificar / reavaliar soluções potenciais				27/06/2011																		

Fonte: O próprio Autor

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

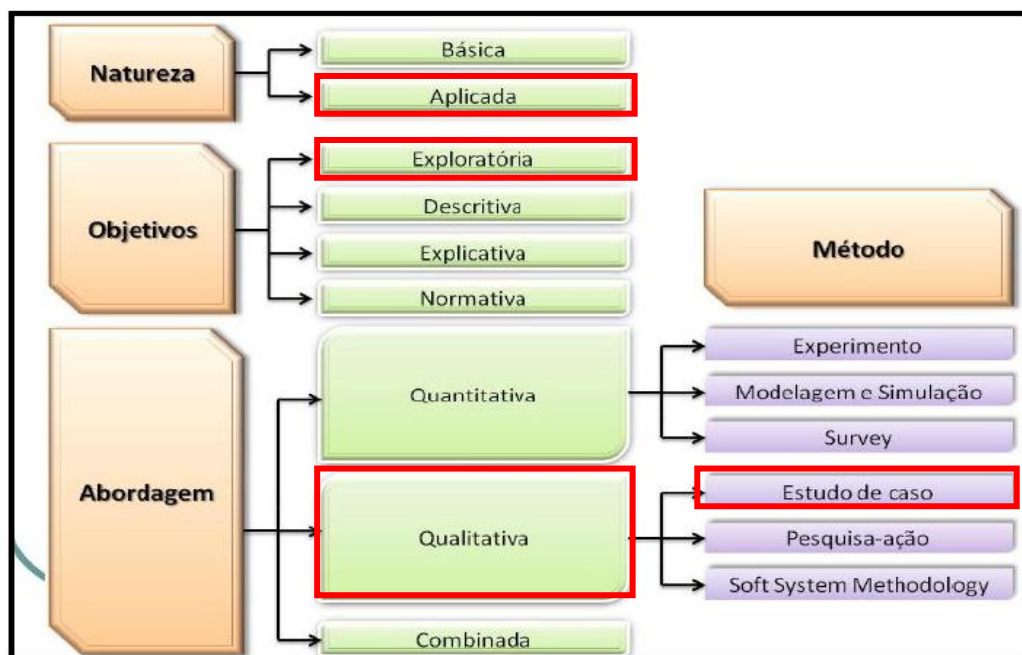
O presente trabalho quanto à natureza pode ser classificado como uma pesquisa aplicada, devido seu interesse prático para resolução de problemas. Quanto aos objetivos como uma pesquisa exploratória, pois visa proporcionar a maior familiaridade com o problema a ser estudado. Quanto à abordagem como uma pesquisa qualitativa, pois consiste na tentativa de se entender a natureza do problema pesquisado através da observação e descrição de situações complexas e particulares. Quanto ao procedimento técnico, foi desenvolvido através de pesquisa bibliográfica, para dar embasamento teórico aos conceitos e estudo de caso para investigar e retratar um fenômeno contemporâneo dentro do contexto real de vida (MIGUEL, 2010).

Neste trabalho as pesquisas bibliográficas foram realizadas em livros, trabalhos de conclusão de curso e dissertações.

Para o desenvolvimento do estudo de caso, foram coletados dados através de acompanhamento da produção, onde foram absorvidas todas as informações necessárias para a sua concepção.

Na Figura 14 abaixo se tem uma ilustração da caracterização do presente trabalho quanto as suas classificações metodológicas:

Figura 14 – Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção



Fonte: Miguel, 2010 (Adaptado)

CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO ESTUDO DE CASO

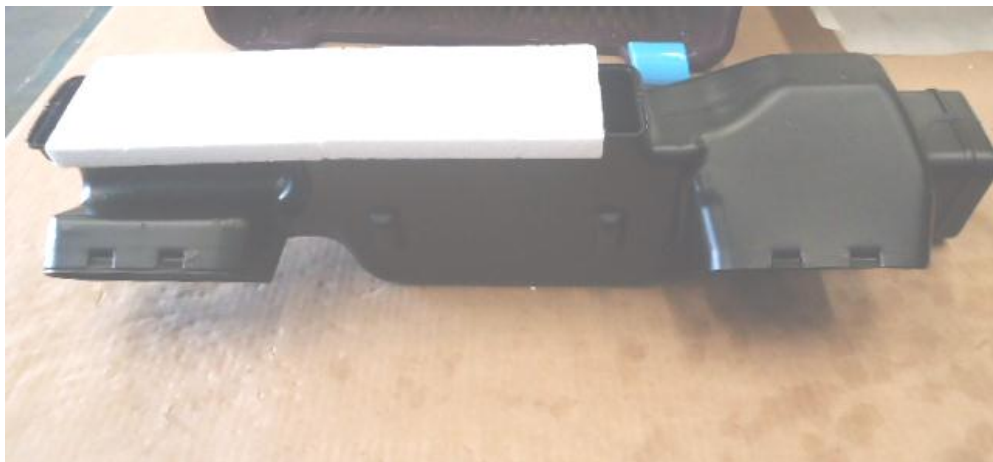
Este capítulo tem como objetivo apresentar os passos da metodologia DMAIC, definida anteriormente, detalhadas de acordo com o projeto desenvolvido para este trabalho. Serão apresentadas as etapas *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve* e *Control*, com objetivo principal de encontrar as causas principais do problema do empenamento do bocal e definir melhorias para redução do custo elevado.

4.1 Fase Definição

A descrição do projeto se define em reduzir o custo do produto duto de ar soprado, através da redução de componentes, onde no passado houve reclamação do cliente por estar recebendo peças com a largura do bocal maior empenado, onde sem fazer uma análise crítica da causa raiz do problema foi adicionado dois isopores para segurar a largura do bocal, onde a empresa teve que arcar com os custos.

Abaixo ilustrações (Figura 15 e 16) do problema do produto e as definições das medições que serão realizadas. O ponto a ser melhorado é a questão da redução de custo, através da análise crítica da necessidade de se realmente utilizar a quantidade de componentes atual, que são dois isopores.

Figura 15 - Duto processo atual com dois isopores



Fonte: A própria empresa

Figura 16 – Bocal Maior do Duto de Ar empenado



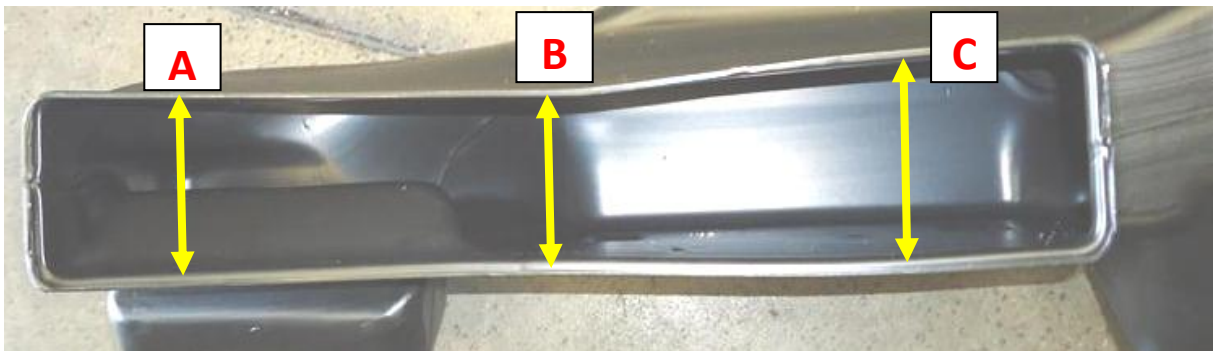
Fonte: O própria empresa

A meta do projeto para o bocal maior que queremos reduzir o custo é diminuir no mínimo um isopor do processo, ou seja, uma redução de 50% em seu custo. Será produzido três caixas de dutos, cada caixa tem capacidade de armazenar 29 peças, para estar medindo as peças. Cada caixa terá as seguintes configurações:

- 1 caixa sem isopor;
- 1 caixa com 1 isopor (isopor centralizado);
- 1 caixa com 2 isopores.

As medições serão em 3 regiões do bocal maior conforme a Figura 17 abaixo ilustra e utilizara paquímetro centesimal. A largura especificada para esta região é de mínimo 58,00 mm e máximo de 62,50mm.

Figura 17 – Pontos de medições bocal Maior



Fonte: O própria empresa

A justificativa para este trabalho se da ao produto se ter um dos maiores custos dos produtos plásticos fornecido ao cliente automotivo. Como o custo do produto é orçado em contrato, este aumento de componente impacta diretamente no custo da empresa – custo orçado x real.

O trabalho irá tratar em medir e analisar as causas que influenciam na geração do problema; Selecionar as causas potenciais; Implementar melhorias; Controlar.

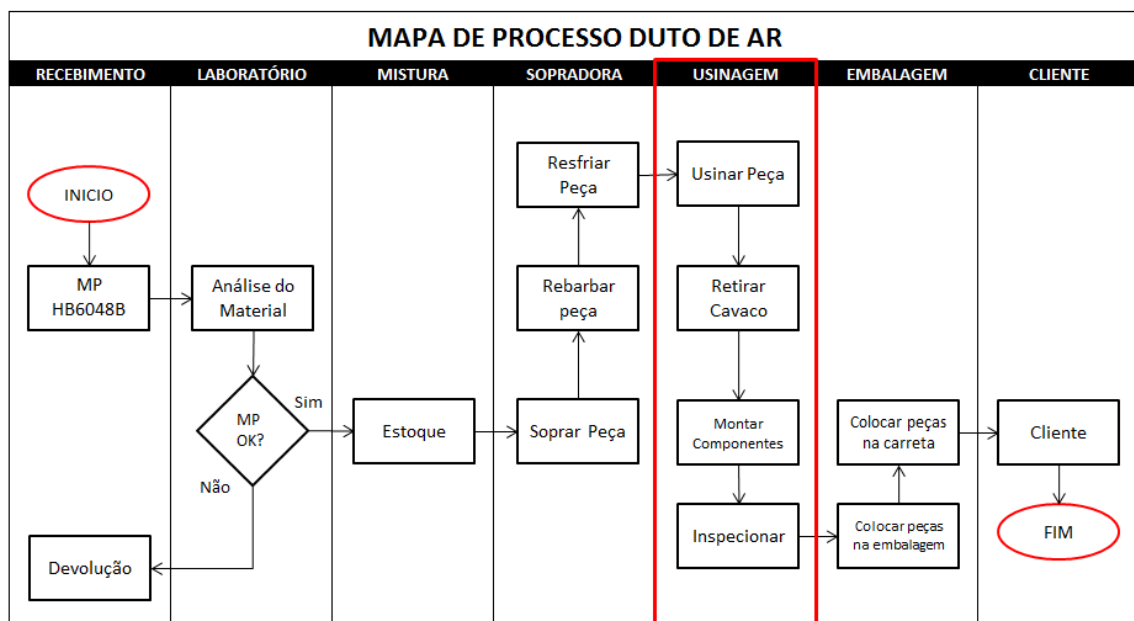
A equipe do projeto conta com a colaboração neste projeto com colaboradores das seguintes áreas: Qualidade no Processo, Coordenador Produção, Engenharia Processo, Engenharia Melhoria, Líder Produção e Inspetor de Qualidade.

Este trabalho tem como maior objetivo reduzir o custo por componentes desnecessários (reduzir mínimo um isopor) devido à espessura ficar fora do especificado.

É possível mensurar diversos impactos no cliente com a não melhoria do processo, como parada de linha, atrasos de produção, retrabalhos, índice de satisfação do cliente crítico (PPM). Também é possível mensurar o impacto na empresa, com por exemplo aumento do custo do produto vendido da unidade de negócio.

Foi feito levantamento dos processos do produto através da ferramenta mapa de processo para melhor visualizar o processo como um todo e para definir a etapa que será atacada.

Figura 18 - Mapa de Processo do Duto de Ar



Fonte: O próprio autor

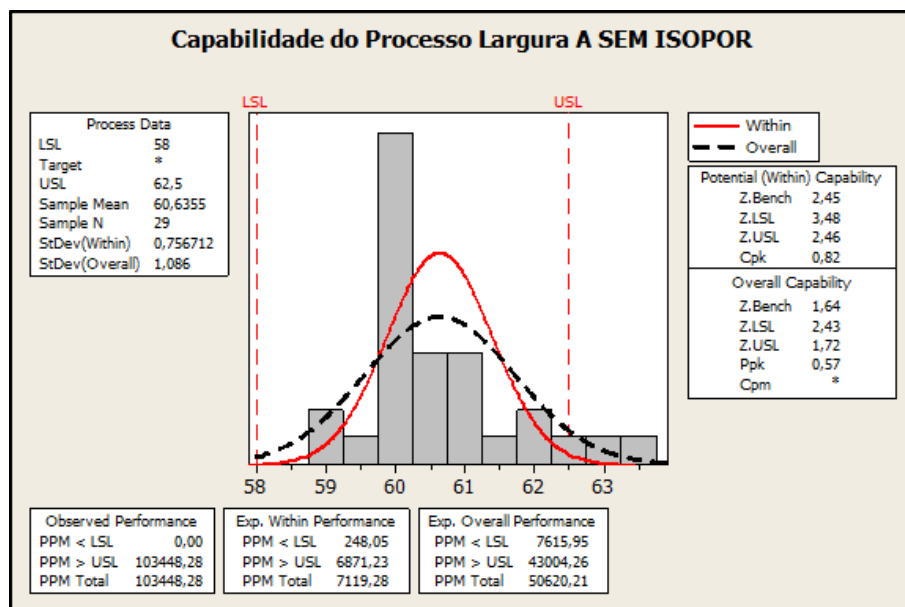
4.2 Fase Medir

O primeiro passo para realização da etapa *Measure* consiste na definição dos pontos de medição da peça que serão importantes para serem analisados, na forma que se irá comparar os processos distintos, e na observação da confiabilidade dos dados coletados, a fim de que os mesmos permitam a visualização do problema. No caso em estudo a ser apresentado, os dados são confiáveis, pois foram obtidos por métodos definidos pelo sistema da qualidade, que zela pelo cumprimento dos procedimentos estabelecidos na empresa. Os dados obtidos são divulgados oficialmente para a companhia, influenciando na definição de metas e alcance de resultados, o que atesta sua confiabilidade.

Como definição operacional a peça reprovada por empenamento é verificado com paquímetro centesimal.

Os gráficos à seguir mostram os dados coletados para o bocal maior, é através deste estudo analisaremos a real necessidade de se utilizar dois isopores para segurar o bocal.

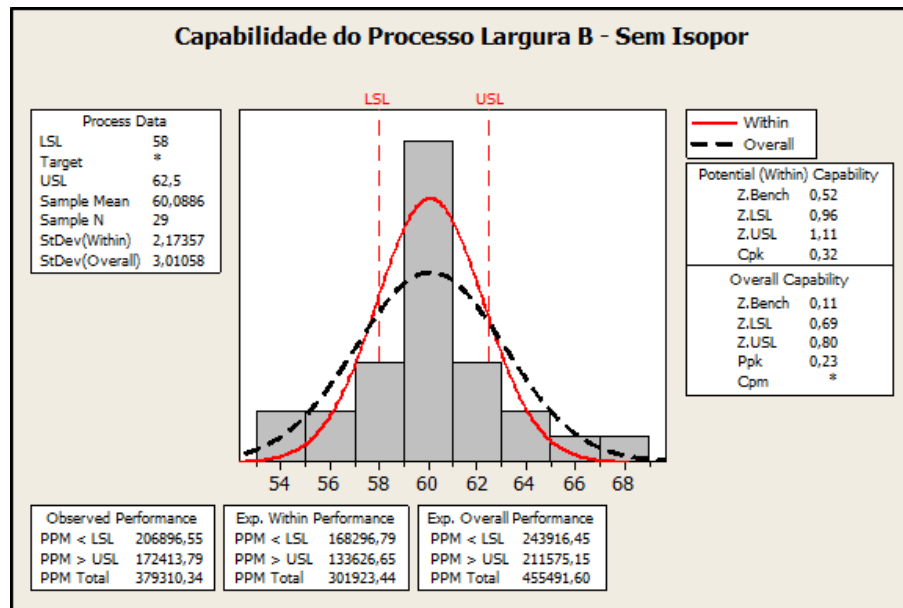
Gráfico 6 – Dados Bocal Maior Caixa sem Isopor, ponto A



Fonte: O próprio autor

Os dados obtidos no ponto A da caixa sem isopor, notamos que as medidas encontradas tendem em para o máximo especificado e há peças fora da especificação.

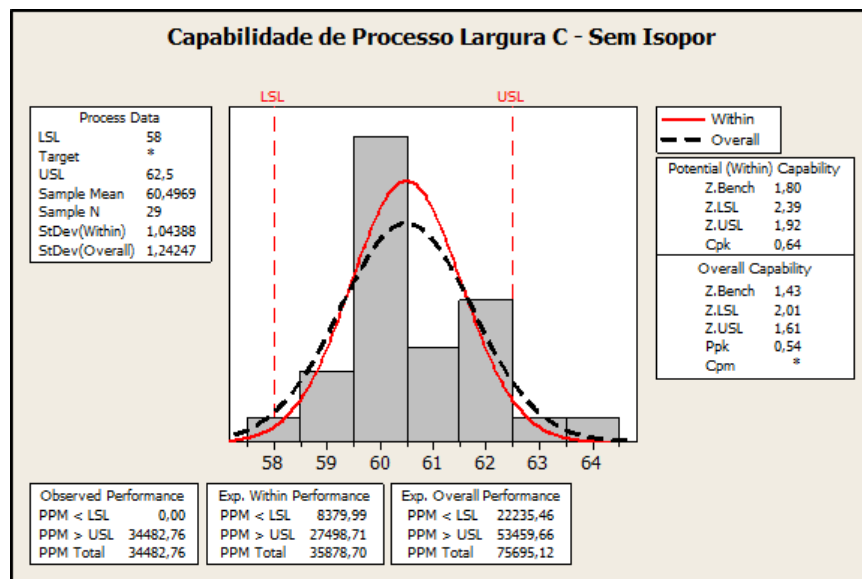
Gráfico 7 – Dados Bocal Maior Caixa sem Isopor, ponto B



Fonte: O próprio autor

Para os dados coletados na caixa sem isopor, o ponto B tem um desvio grande, no mostrando que nesta região e nestas condições não é capaz de manter-se dentro dos limites de especificação.

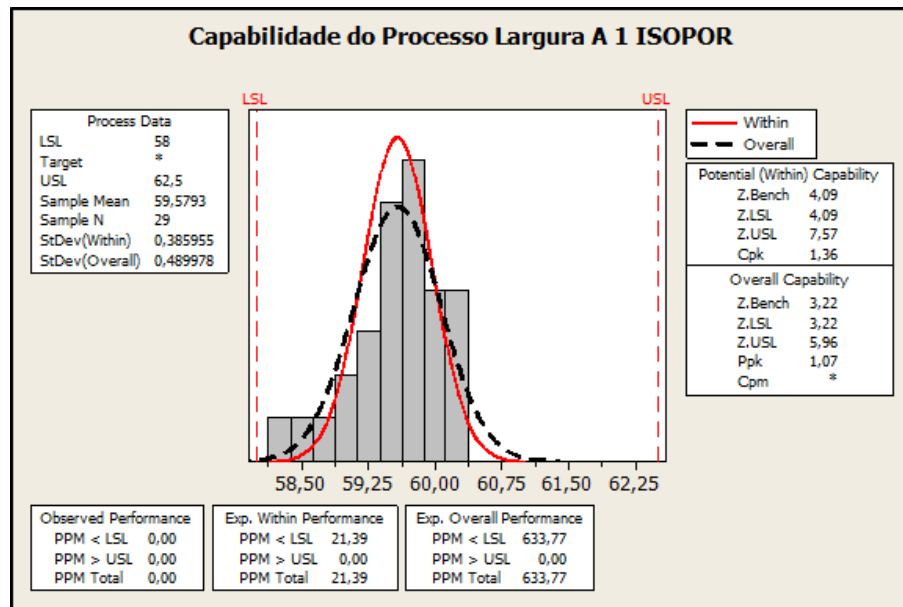
Gráfico 8 – Dados Bocal Maior Caixa sem Isopor, ponto C



Fonte: O próprio autor

Nos dados coletados para no ponto C da caixa sem isopor também não é capaz. Muitos pontos fora dos limites de especificação.

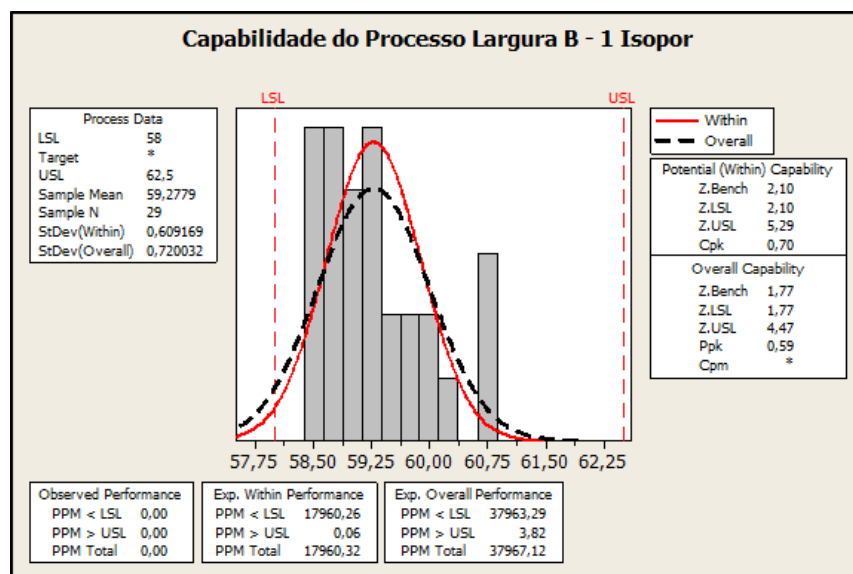
Gráfico 9 – Dados Bocal Maior Caixa com 1 isopor, ponto A



Fonte: O próprio autor

No ponto A da caixa com 1 isopor, o processo está tendendo para o mínimo, porém, está dentro dos limites de especificação.

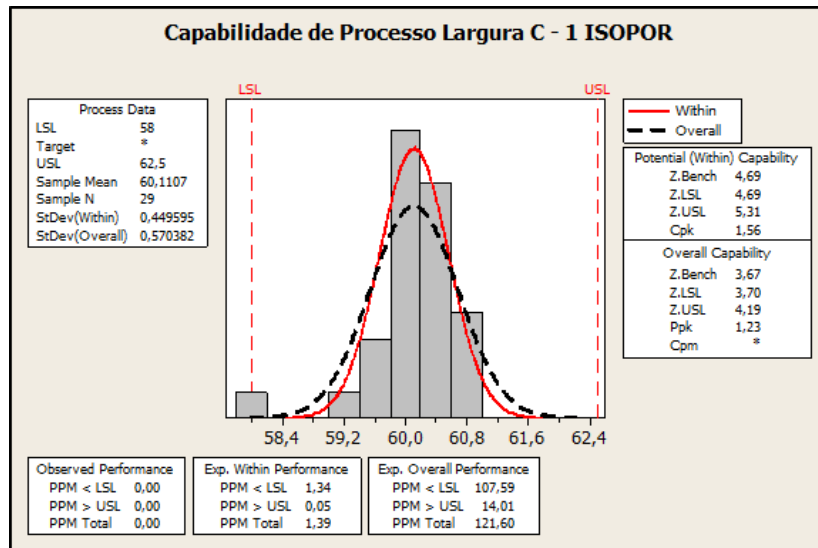
Gráfico 10 – Dados Bocal Maior Caixa com 1 isopor, ponto B



Fonte: O próprio autor

No ponto B, temos medidas semelhantes com a do ponto A, porém seu desvio é maior por conter medidas mais dispersas.

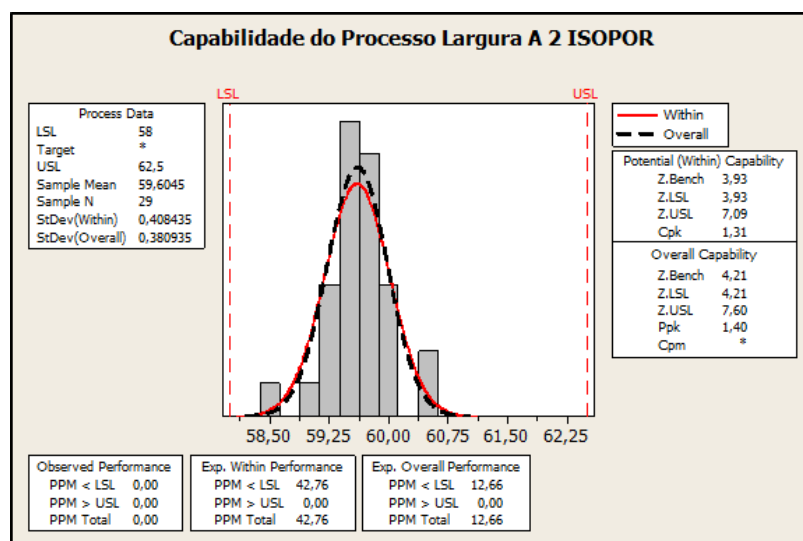
Gráfico 11 – Dados Bocal Maior Caixa com 1 isopor, ponto C



Fonte: O próprio autor

O gráfico dos dados do ponto C da caixa com um isopor mostra um processo mais centralizado, com apenas um ponto a ser analisado, pois saiu fora das medidas padrões, iremos considerar como uma causa especial que pode ter ocorrido no momento da medição.

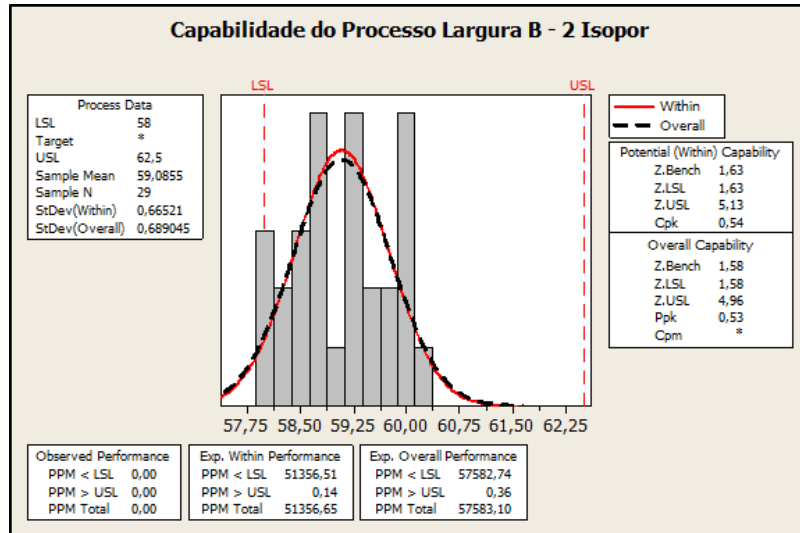
Gráfico 12 – Dados Bocal Maior Caixa com 2 isopores, ponto A



Fonte: O próprio autor

Na caixa com dois isopores no ponto A, o processo esta centralizado, com uma leve tendência para o limite mínimo de especificação.

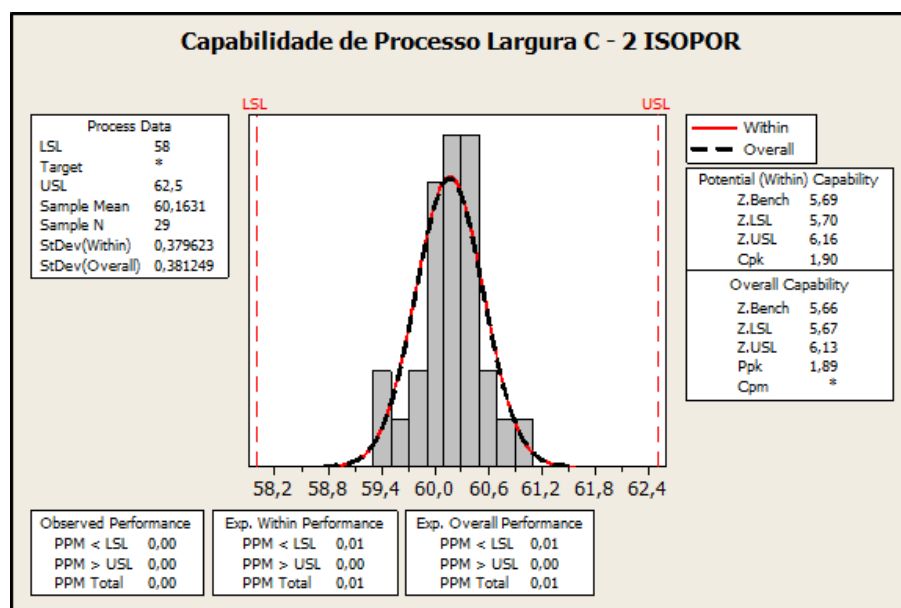
Gráfico 13 – Dados Bocal Maior Caixa com 2 isopores, ponto B



Fonte: O próprio autor

As medidas do ponto B da caixa com dois isopores estão tendendo para o limite de especificação mínimo.

Gráfico 14 – Dados Bocal Maior Caixa com 2 isopores, ponto C



Fonte: O próprio autor

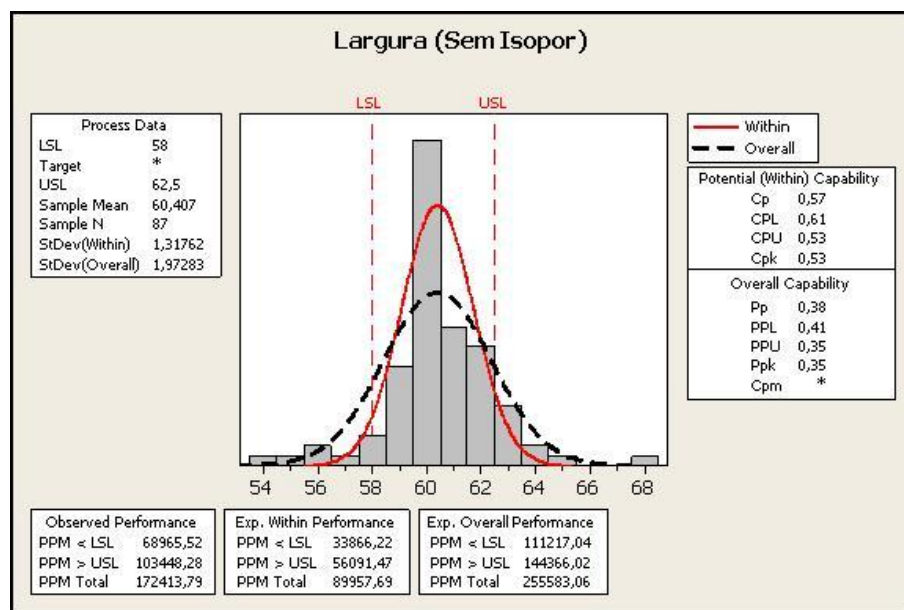
Para o ponto C, se tem um processo centralizado, com uma capacidade de repetir a medida muito boa.

4.3 Fase Analisar

Foram analisados todos os pontos do processo, e como causa raiz do problema foi diagnosticado que as dimensões que o bocal foi projetado facilita que ocorra o empenamento, ou seja, ele terá variações durante o processo de resfriamento. Como não é possível alterar o produto, se faz necessário ter algo que segure a medida.

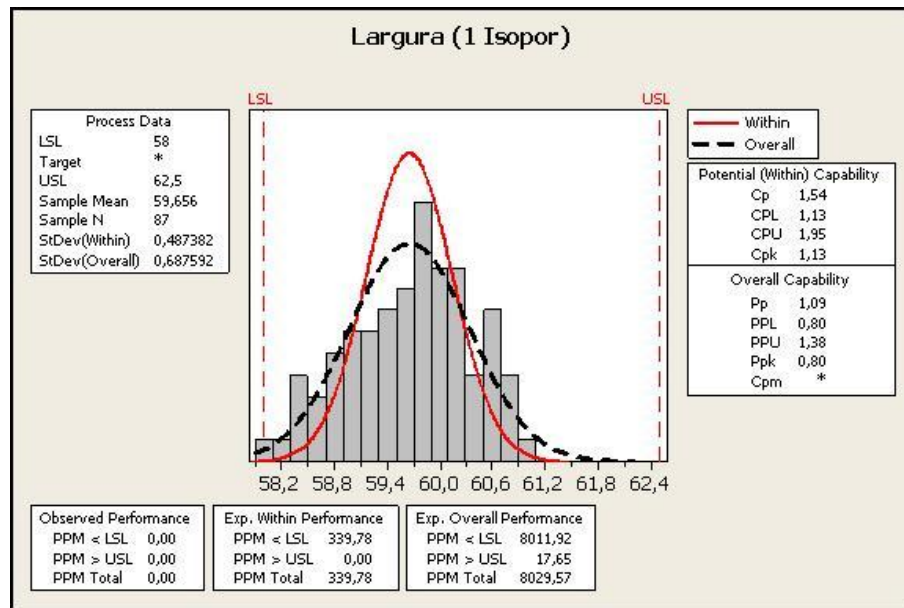
Analisando os gráficos abaixo, resumiremos as informações coletadas na fase de medição e teremos uma visão melhor do ponto de melhoria.

Gráfico 15 – Capabilidade Processo Caixa sem Isopor



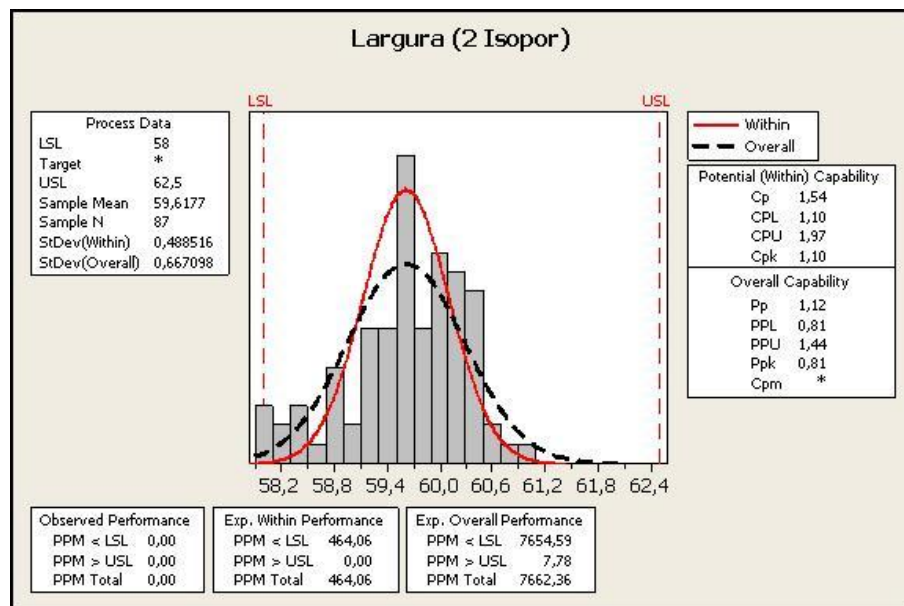
Fonte: O próprio autor

Gráfico 16 – Capabilidade Processo caixa com 1 Isopor



Fonte: O próprio autor

Gráfico 17 – Capabilidade Processo caixa com 2 Isopores



Fonte: O próprio autor

Através da análise dos dados no processo sem isopor, podemos perceber diversos pontos fora dos limites de controle para o processo. Nota-se que há uma variância muito alta na largura do bocal, que leva o processo a sair fora dos seus limites de especificação, obtendo

um Cpk de 0,53. Relembrando, antes do cliente evidenciar o problema, o processo rodava desta maneira, ou seja, a cada um milhão de oportunidades, o processo poderia falhar 89.957,69 vezes.

Analisando os dados do processo com 1 isopor, é evidente que o isopor tem a função de segurar a medida para que não haja o empenamento e o processo tem uma melhoria muito significativa se posicionado centralizado o isopor. O processo obteve Cpk de 1,13 e PPM de 339,78.

Observando os dados do processo com 2 isopores, podemos verificar que o processo é muito mais superior que o de sem isopor, porém, ele é praticamente igual ao de 1 isopor, tendo um PPM acima do processo com 1 isopor e também um Cpk abaixo. Podemos explicar este fato devido o processo quando montado com dois isopores, não é possível manter os isopores juntos, eles terão uma fissura entre eles, que é onde a medida tende a sair do especificado.

4.4 Fase Melhoria

O time desenvolveu ações de melhoria e foi proposto algumas atualizações, de acordo com a fase de análise, que foi a atualização da lista técnica de materiais (árvore do produto), atualização da instrução operacional e treinamentos dos envolvidos no processo, e serão apresentados á seguir mais detalhadamente.

4.4.1 Lista Técnica

Alteração lista técnica do sistema SAP modificando a quantidade de isopor por peça, assim quando o PCP for abrir ordem de produção, o sistema já irá enxergar a necessidade de um isopor por peça, e o resultado da redução do custo poderá ser evidenciada nos relatórios gerenciais.

4.4.2 Instrução Operacional

Atualização da instrução operacional com o novo procedimento de montagem do isopor, como também com a quantidade correta a ser utilizada, conforme mostra a Figura 19.

Figura 19 – Instrução Operacional Atualizada



Fonte: A própria empresa

Também alterou o fluxo do processo, onde no processo antigo as peças após a usinagem ficavam resfriando no berço sem o isopor e eram só montados os isopores na etapa final de embalagem. Agora no novo processo, conforme a Figura 20 tenta ilustrar, após a usinagem as peças estão um pouco quentes ainda, porém, já é montado o isopor para que no resfriamento da peça a isopor já comece a exercer sua função de segurar a largura.

Figura 20 - Usinagem e resfriamento com isopor no processo atual



Fonte: A própria empresa

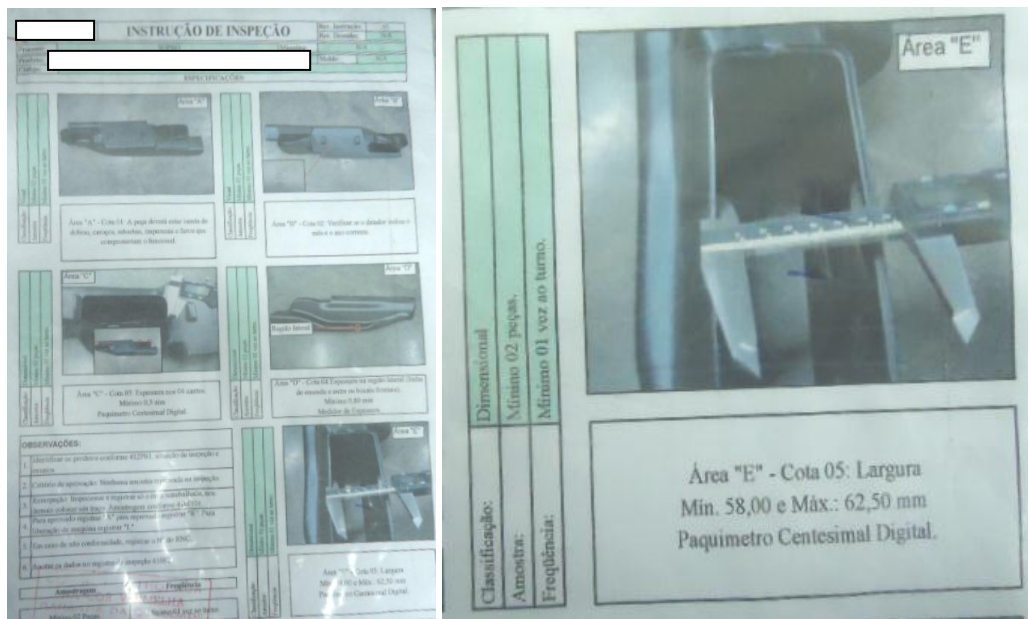
4.4.3 Treinamento

Foi realizado treinamento dos colaboradores envolvidos no processo sobre a alteração da quantidade de isopor por peça e a maneira de acomodação do isopor no duto de ar, conforme especificado na instrução operacional.

4.5 Fase Controlar

O plano de controle teve início após a aprovação da gerência, onde foi alterado o desenho do produto para que a cota da largura seja uma cota de controle. Após a atualização do desenho, foi alterado o plano de controle (Instrução de Inspeção) que mostra quantas medições será necessário fazer por lote e o método correto de medir a cota.

Figura 21 – Plano de Controle



Fonte: A própria empresa

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS

A realização do estudo possibilitou um maior conhecimento a respeito dos desperdícios que uma organização tem e acaba arcando por simplesmente não se fazer uma devida análise crítica do problema e fatores que influenciam diretamente a qualidade de seus produtos. A fim de facilitar a análise dos resultados obtidos, após a redução de um isopor no processo, foi solicitado a controladoria da empresa fazer análise de custo do produto, comparando o antes e depois da melhoria. A tabela 4 mostra o custo atual do produto, já na tabela 5 é levantado o custo do produto com a redução do componente no processo.

Tabela 4 – Levantamento de Custo Antes da Melhoria

ATUAL					
Produto ...:	DUTO DE AR				
Tampa...:					
RG	1169878				
Peso (g) ...:	g líquido resina				
Processo :	Sopro				
Cliente...:					
Código - Descrição	Un	Std / Mil	Custo Médio	Custo Total	% Custo
Custo de Mão de Obra	PC			10.000,00	88,87%
Código - Descrição	Un	Qt / Mil	Custo Médio	Custo Total	% Custo
Custo de Matéria Prima	PC			3.245,00	10,81%
Custo de Componentes	KG			4.100,00	15,34%
Custo de Perda de Material - Geral	KG			1.400,00	5,24%
Custo de Rejeição Processo - Refugo	PC			2.000,00	7,48%
Custo de Embalagem	PC			5.000,00	18,71%
		Lote Minimo			
Custo de Setup de Produção	PC	1.000		980,00	0,32%
					146,77%
- COMPOSIÇÃO PREÇO:					
Custo Unitário ==>>			Orçado		
			R\$	26,7250	
- CONSIDERAÇÕES:					
- Custo de mão de obra 2012;					
- Nível economico = Estimativa Abr~Set 2012 ;					
- Custos conf. composição de árvore e ficha técnica;					
- Valores aproximados e todos estimados;					

Fonte: A própria empresa

Tabela 5 – Levantamento de Custo Produto Após implantação da Melhoria

PROPOSTO					
Produto ...:	DUTO DE AR				
Tampa...:					
RG	1169878				
Peso (g) ...:	g líquido resina				
Processo :	Sopro				
Cliente...:					
Código - Descrição	Un	Std / Mil	Custo Médio	Custo Total	% Custo
Custo de Mão de Obra	PC			10.000,00	82,23%
Código - Descrição	Un	Qt / Mil	Custo Médio	Custo Total	% Custo
Custo de Matéria Prima	PC			3.245,00	17,26%
Custo de Componentes	KG			4.100,00	16,92%
Custo de Perda de Material - Geral	KG			1.400,00	5,78%
Custo de Rejeição Processo - Refugo	PC			2.000,00	8,26%
Custo de Embalagem	PC			2.500,00	10,32%
		Lote Minimo			
Custo de Setup de Produção	PC	1.000		980,00	0,51%
					141,28%
- COMPOSIÇÃO PREÇO:					
Custo Unitário ==>>			Orçado	Variação	
			R\$ 24,2250	-9,35%	

- CONSIDERAÇÕES:**
- Custo de mão de obra 2012;
 - **Nível econômico = Estimativa Abr-Set 2012;**
 - **Custos conf. Informações do sr. Anderson;**
 - Valores aproximados e todos estimados;

Fonte: A própria empresa

Nota-se que com a melhoria implantada tivemos uma redução de custo do produto de 9,35%. A figura abaixo ilustra o retorno financeiro se considerarmos a previsão de vendas para os próximos 8 meses.

Tabela 6 – Previsão de Vendas

Previsão de Vendas								
Release DUTO DE AR	nov/12	dez/12	jan/13	fev/13	mar/13	abr/13	mai/13	jun/13
Produção (PÇS)	4000	2500	1500	3600	4500	4500	4900	4900
Orçado	26,725							
Proposto	24,225							
Produção Orçado	R\$ 812.440,00							
Produção Proposto	R\$ 736.440,00							
Diferença (Ganho)	R\$ 76.000,00							

Fonte: A própria empresa

Com a implementação da melhoria, em 8 meses a empresa terá um retorno financeiro de aproximadamente R\$ 76.000,00.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

Com a globalização o mercado de trabalho vem se tornando cada vez mais competitivo, e vem exigindo das empresas agilidade para se adaptar ao que o cliente esta buscando, satisfação, produto de qualidade e preço competitivo.

Com esta ideia o presente trabalho possibilitou a aplicação da metodologia Seis Sigma através das etapas do DMAIC, pois esta metodologia busca otimizar processo, reduzir etapas sem valor agregado ao produto, processo ou serviço e implementando melhorias nas etapas que necessitam de mudança.

Desta maneira por meio da realização de um estudo de caso, para que se tenha total conhecimento e entendimento das principais causas do problema de empenamento do duto de ar soprado, e que aplicando a metodologia é possível entender melhor seus fatores e fazer as melhorias corretas para reduzir os custos.

Neste problema, ficou claro a visualização de que foi aumentado o custo do produto adicionando componentes sem se fazer uma devida análise de causa, onde com o estudo e utilização das ferramentas estatísticas, nos mostrou que realmente há a necessidade se ter o isopor para segurar a medida do bocal, porém, o estudo também nos mostrou que não há necessidade de se ter dois isopores, apenas um é o suficiente para que assegure e mantenha suas medidas especificadas.

Além de ser uma metodologia focada para resolução de problemas, utilizada em diversas aplicações, desde problemas simples de um departamento até a um grande problema organizacional, ela também é uma filosofia de trabalho para alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial, através do entendimento das necessidades do cliente. É preciso, todavia, disciplina e treinamento contínuo para que se possa sempre ajustar a metodologia às necessidades e particularidades da empresa.

Um ponto importante para ressaltar com o aprendizado desenvolvido neste trabalho, é que o método DMAIC além das diversas ferramentas estatísticas e de qualidade que ele possui, ele acaba sendo uma forte iniciativa para gestão de projetos, pois para a conclusão do trabalho é necessário seguir todas as etapas definidas no modelo, onde cada uma delas é essencial para a solução do problema.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Silvio. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2012.

BARNEY, M. **Motorola's second generation**. *Six Sigma Forum Magazine*. Milwaukee, v. 1, n. 3, p.13-16, May 2002.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da Qualidade Total: No Estilo Japonês**. Nova Lima – MG: INDG TECNOLOGIA E SERVIÇOS LTDA, 1992.

DONADEL, Daniel C. **Aplicação da metodologia DMAIC para redução de refugo em uma indústria de embalagens**. São Paulo, 2008. 122 p.

DUARTE, Douglas dos Reis. **Aplicação da metodologia Seis Sigma, modelo Dmaic, na operação de uma empresa do setor ferroviário**. 2011. 81 f. Dissertação (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2011.

ECKES, GEORGE, 2001, “**The Six Sigma Revolution**”, 4 ed, Elsevier, 2001.

FINAMORE JR, Weyder Alves. **Aplicação do modelo Six Sigma na administração de operações**. 2008. 70 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. **Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability**. New York: Quality Progress, May 1998.

HARRY D., SCHROEDER, R. **Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the World's Top Corporation**. New York: Doubleday, 2000.

JUNIOR, I. M. et al. **Gestão da Qualidade**. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. 196 p.

KLEFSJO, B., WIKLUND, H., EDGEMAN, R.L. **Six Sigma seen as a methodology for Total Quality Management**. *Measuring Business Excellence* 5, pp. 31-35, jan. 2001.

LINDERMAN, K., Schroeder, R.G., Zaheer, S., Choo, A. **Six Sigma: a goal-theoretic perspective**. *Journal Operations Management*, 21, pp. 193-203, 2003

LYNCH, D. P., BERTOLINO, S., CLOUTIER E.T., **How to Scope DMAIC Projects**. Quality Progress, 36, pp. 37-41, jan.2003.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MONSANTO, Six Sigma: treinamento Six Sigma para Green Belts. São Paulo, Pompéia, 2012.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 513 p.

PANDE, P.S., Neuman, R.P., Cavanagh, R.R. **Estratégia Seis Sigma**. 1a. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001. 472 p.

RASIS, D., GITLOW, H.S., POPOVICH, E. **Paper Organizers International: A Fictitious Six Sigma Green Belt Case Study I**. Quality Engineering, 15 (1), pp.127-145, 2002.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2008.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2012

RATH & STRONG (Org.). **Six Sigma Pocket Guide**, 2. ed. Lexington, 2001, 192 p.

SANTOS, B. ADRIANA; MARTINS F. MANOEL, “**A implementação dos projetos seis sigma contribuindo para o direcionamento estratégico e para o aprimoramento do sistema de medição de desempenho**”, Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção, n.1, p. 1-14, dez.2003

SCATOLIN, André C. **Aplicação da metodologia seis sigma na redução das perdas de um processo de manufatura**. 2005. 155 f. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, São Paulo, 2005.

STAMATIS, H. DEAN, “**Six Sigma Fundamentals: A complete guide to the system, methods and tools**”, New York, Productivity Press, 2004

TORMINATO, S. M. **Análise da utilização da ferramenta CEP: um estudo de caso na manufatura de autopeças.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)– Universidade Estadual de Campinas, 2004, 106 p.

USEVINICIUS, A. L, “**Implantação da metodologia Seis Sigma e aplicação da técnica estatística de projeto de experimentos na resolução de problemas e otimização dos processos de fabricação**”, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS, p.36, 2004.

WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos.** 4 ed. Belo Horizonte: QFCO. 1995

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Criando a cultura Seis Sigma.** Nova Lima: Werkema, 2004.

WILSON, P. Mario. **Six Sigma: understanding the concept, implications and challenges,** Advanced Systems Consultants, 1999.