

UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

CCT - CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

LEPROD - LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NATÁLIA BOSCHOSKI NUNES

SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DAS PERDAS DE EMBARQUE: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA OFFSHORE

Campos dos Goytacazes
Novembro de 2009

NATÁLIA BOSCHOSKI NUNES

**SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DAS PERDAS DE EMBARQUE:
UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA OFFSHORE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Daniel Ignácio De Souza Júnior

Co-orientador: Eng. Carlos Roberto Dorneles

Campos dos Goytacazes
Novembro de 2009

NATÁLIA BOSCHOSKI NUNES

SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DAS PERDAS DE EMBARQUE: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA OFFSHORE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em Dezembro de 2009.

Comissão Examinadora:

Daniel Ignácio De Souza Junior, D.Sc. (Orientador)
UENF – CCT – LEPROD

Carlos Roberto Dorneles, M. Sc., MBA, PMP (Co-orientador)
Gerente de Engenharia – Techint S/A

Jacqueline Magalhães Rangel Cortes, D.Sc.
UENF – CCT – LEPROD

Campos dos Goytacazes
Novembro de 2009

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos:

Aos meus pais, Rogério e Marilú, pelo imensurável amor, apoio, confiança e dedicação ao longo da minha vida.

A minha família, por todo o apoio e compreensão.

Ao engenheiro e amigo Carlos Roberto Dorneles pela orientação, por acreditar em meu potencial e pela disponibilidade em compartilhar seus conhecimentos que tornaram este trabalho possível.

Ao professor Daniel, por toda a confiança depositada em mim.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense, e aos professores e funcionários do Laboratório de Engenharia de Produção, em especial a professora Jacqueline pela participação na banca examinadora.

E a todos os meus amigos e colegas de turma, que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

Atualmente, com o crescimento desenfreado da competitividade entre as empresas, a busca pela excelência não é mais um diferencial, e sim uma questão de sobrevivência no mercado. A busca pela melhoria está diretamente ligada à gestão de qualidade. Existem diversas abordagens de melhoria da qualidade, entre essas está o Seis Sigma, cuja aplicação pode se dar em empresas de diversos setores e tamanhos. Este projeto consiste em estudar o Seis Sigma, e analisar os benefícios da aplicação de sua metodologia DMAIC, com a apresentação de um estudo de caso de um projeto implementado para redução de perdas de embarque em serviços *offshore*.

Palavras-chave: Seis Sigma, DMAIC, Perda de Embarque, indústria *offshore*.

ABSTRACT

Nowadays, with the unbridled growth of competitiveness among companies, the quest for excellence is no longer a differential, but a case of survival in the market. The search for improvement is directly linked to quality management. There are several approaches to improving quality, among these is the Six Sigma, whose application can happen in companies with different sizes and sectors. This project consists of studying the Six Sigma, and analyzing the benefits of applying the DMAIC methodology, with the presentation of a case study of a project implemented to reduce losses in offshore lading.

Keywords: Six Sigma, DMAIC, losses in the offshore lading, offshore industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Ciclo PDCA.....	15
Figura 2: Diagrama de Ishikawa.....	25
Figura 3: Exemplo de Histograma.....	25
Figura 4: Exemplo de Diagrama de Pareto.....	26
Figura 5: Exemplo de Fluxograma.....	28
Figura 6: Ciclo DMAIC.....	29
Figura 7: Classificação das melhorias.....	31
Figura 8: Gráfico Custos x Qualidade.....	33
Figura 9: Diagrama de funcionamento do Ativo Nordeste.....	43
Figura 10: Diagrama de Ishikawa para as Perdas de Embarque.....	46
Figura 11: Diagrama de Pareto para as Perdas de Embarque.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de Percentual bom, defeituoso e DPMO de acordo com a variação no sigma.....	20
Tabela 2: Significado Prático do Seis Sigma.....	20
Tabela 3: Número de Embarques Programados e Perdas de Embarque nas Plataformas PPG-1 A/B antes do Projeto Seis Sigma.....	45
Tabela 4: Número de Embarques Programados e Perdas de Embarque nas Plataformas PPG-1 A/B após o Projeto Seis Sigma.....	48

LISTA DE SIGLAS

AS – Autorização de Serviço

BAD – Boletim de Avaliação de Desempenho

BB – *Black Belt*

BD – Becton Dickinson

CEP – Controle Estatístico do Processo

CEQ – Controle Estatístico da Qualidade

CTQ – Característica Crítica de Qualidade

DFSS – *Design for Six Sigma* (Projeto para Seis Sigma)

DMADV – Definir, Medir, Analisar, Desenhar e Verificar

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar)

DMEDI – Definir, Medir, Explorar, Desenvolver e Implementar

DPMO – Defeitos por Milhão de Oportunidades

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise do Modo e do Efeito da Falha)

GB – *Green Belt*

GE – *General Electric*

JIT – *Just-in-Time*

MBB – *Master Black Belt*

M/PCpS – Machine/Process Characterization Study

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PCP-1/2/3 – Plataformas Carapeba 1, 2 e 3

PDCA – *Plan, Do, Check, Act* (Planejar, Fazer, Checar, Agir)

PGP-1 – Plataforma de Garoupa

PPG-1 A/B – Plataformas Pargo A e B

PVM-1/2/3 – Plataformas Vermelho 1, 2 e 3

QFD – Desdobramento da Função Qualidade

RT – Requisição de Transporte

SE – Solicitação de Embarque

TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

TQC – *Total Quality Control* (Controle da Qualidade Total)

SUMÁRIO

1	Introdução	11
2	Proposta do Projeto	12
2.1	Objetivo Geral.....	13
2.2	Estrutura do trabalho.....	14
3	Fundamentação Teórica.....	15
3.1	Evolução da Qualidade	15
3.2	Metodologia Seis Sigma	17
3.2.1	Histórico.....	17
3.2.2	O conceito de Seis Sigma	19
3.2.3	Estrutura Organizacional	21
3.2.3.1	Sponsor ou Patrocinador.....	21
3.2.3.2	Champion ou Campeão.....	21
3.2.3.3	Master Black Belt (MBB).....	22
3.2.3.4	Black Belt (BB).....	22
3.2.3.5	Green Belt (GB).....	23
3.2.3.6	Front-line	24
3.2.4	Ferramentas utilizadas	24
3.2.5	Metodologias de Projetos Seis Sigma.....	28
3.2.5.1	DMAIC	29
3.2.6	Requisitos para o sucesso de um Projeto Seis Sigma	31
3.2.7	Impacto dos Projetos Seis Sigma nos lucros	32
3.3	Gestão da Qualidade	33
3.4	Exemplos de Projetos Seis Sigma.....	35
3.4.1	Seis Sigma como Estratégia para Redução de Custos: Estudo de Caso Sobre a Redução de Consumo de Óleo Sintético (FIGUEIREDO e BORGES)	35
3.4.2	Pensamento Sistêmico em Projetos Seis Sigma: Buscando Mudanças de Alta Alavancagem (JANSEN e JANSEN, 2007)	37
4	METODOLOGIA DA PESQUISA	40
5	ESTUDO DE CASO.....	41
5.1	Objeto de Estudo.....	41
5.2	Programa Seis Sigma	43
5.2.1	Treinamento	43
5.2.2	Metodologia DMAIC.....	44
5.2.2.1	D – Define.....	44
5.2.2.2	M - Measure.....	45
5.2.2.3	A – Analyze	45
5.2.2.4	I – Improve.....	47
5.2.2.5	C – Control.....	49
5.2.3	Ganhos com a Implantação do Projeto	49
5.2.3.1	Custo do Projeto.....	50
5.2.3.2	Custo Padrão por Perda de Embarque	50
5.2.3.3	Resultados.....	51

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
	APÊNDICE A – Tabela com valores de Sigma e DPMO	57
	ANEXO A – Mapa do Processo antes do Projeto Seis Sigma.....	58
	ANEXO B – Mapa do Processo após o Projeto Seis Sigma.....	59

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário mundial, globalizado e altamente competitivo, as organizações são levadas a reverem seus diferenciais junto aos seus clientes, sejam estes internos ou externos, não mais apenas como uma questão de lucratividade, mas, sobretudo, de sobrevivência (FARIA *et al.*, apud ALMEIDA *et al.*, 2008).

Muitas organizações buscam diferentes estratégias para obterem um máximo de vantagem competitiva e nessa busca elas introduzem novas práticas de gestão, inovações tecnológicas e optam por diversos programas de qualidade, tais como: melhoria contínua, ISO 9000, qualidade total, reengenharia, seis sigma, *Housekeeping* ou 5S, *benchmarking*, etc. (MAGALHÃES e FIGUEIREDO, 2007).

De acordo com Campos apud Almeida *et al.* (2008), competitividade é ter a maior produtividade entre todos os seus concorrentes.

De acordo com Almeida *et al.* (2008), qualidade e produtividade são as bases fundamentais para a competitividade. Os autores dizem que é possível demonstrar que a produtividade pode ser aumentada pela melhoria da qualidade na organização e nos seus processos.

Considerando estas afirmativas, pode-se afirmar que a qualidade é um fator primordial para que qualquer organização consiga alcançar *performance* Classe Mundial, seja no âmbito de produtos ou de serviços.

Ser Classe Mundial é produzir com baixos custos; ter níveis extremamente baixos de falhas; ser competitivo no seu e nos outros mercados; e obter a admiração dos clientes (CAMPOS, 2001).

2 PROPOSTA DO PROJETO

A recente flexibilização do monopólio do petróleo no Brasil está desencadeando um ciclo de grandes investimentos na cadeia de petróleo e gás, colocando-a como uma das de maior prosperidade do país em relação a negócios nesse início de século. O negócio de petróleo e gás tem impulsionado inúmeros setores ligados a ele, como metal-mecânico, eletro-eletrônico, químico, tecnologia da informação, serviços gerais, etc., o que gera desenvolvimento para os municípios e estados (REDE PETROGÁS apud MAGALHÃES e FIGUEIREDO, 2007).

Aproximadamente 84% da produção de petróleo nacional é gerada pela Bacia de Campos, que tem cerca de 100 mil quilômetros quadrados e se estende do estado do Espírito Santo, nas imediações da cidade de Vitória, até Arraial do Cabo, no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro. Ela possui 55 campos e é considerada a maior reserva petrolífera da Plataforma Continental Brasileira. (PETROBRAS, 2009).

A indústria petrolífera offshore na Bacia de Campos sofreu um processo de intensificação da terceirização, o que gerou profundas transformações no trabalho dos petroleiros (FIGUEIREDO et al., 2005).

A prática da terceirização é justificada pela necessidade da empresa se deter às suas atividades-fim e repassar a terceiros aquilo que não está no seu escopo (as atividades-meio), como serviços de manutenção, reformas, melhorias operacionais e de segurança, entre outros (FIGUEIREDO et al., 2005).

Ao se analisar a parte de exploração e produção *offshore*, constata-se que, devido à natureza das atividades, se desenvolveu uma extensa rede de produtos e serviços oferecidos por firmas especializadas destacando-se verdadeiras gigantes da indústria do petróleo em âmbito mundial (DIEESE apud FIGUEIREDO et al., 2005).

Como os funcionários destas firmas prestadoras de serviços precisam embarcar nas plataformas para a execução dos mesmos, as perdas de embarque acarretam inúmeras consequências negativas.

A metodologia Seis Sigma é uma excelente abordagem para o estudo dessas perdas. Objetiva, principalmente, alcançar o lucro, e através de ferramentas como o mapeamento do processo, a determinação da capacidade do mesmo, ou seja, a capacidade do processo em atender seus requisitos, a identificação das causas raiz dos problemas, a determinação das frequências de ocorrências, entre outras, obtêm-se excelentes resultados.

Portanto, um estudo para identificação e eliminação das causas de perdas de embarque e mitigação dos seus efeitos constitui-se fundamental para a permanência competitiva dessas empresas no exigente mercado de Exploração e Produção de Óleo e Gás.

A Empresa estudada escolheu aplicar a metodologia Seis Sigma, para atingir *performance* Classe Mundial, ou seja, operar com baixos custos, níveis de falhas extremamente baixos, e ser competitiva nos seus mercados externos, conquistando assim a admiração e o respeito de seus clientes.

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo principal analisar o projeto de melhoria do índice de perdas de embarque para as plataformas realizado por uma grande empresa nacional de engenharia e construção.

2.2 Estrutura do trabalho

O trabalho se apresenta em duas etapas. Na primeira será realizada uma revisão bibliográfica do tema abordado, apresentando o histórico da metodologia, conceitos, e aplicações em outros segmentos do mercado. A segunda parte irá abordar a metodologia do Estudo de Caso de um Projeto de Melhoria do índice de Perdas de Embarque para as Plataformas. Será feita uma análise de todas as fases do Projeto, incluindo a situação da Empresa antes e depois da implantação deste Projeto, com resultados e conclusões deste.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Evolução da Qualidade

Desde a década de 20, em decorrência do advento do sistema Fordista/Taylorista de produção, as empresas começaram a buscar a qualidade dos produtos e serviços. (CIACCIA, 2004).

Na década de 30, o americano Walter Shewhart desenvolveu as técnicas do Controle Estatístico de Qualidade (CEQ) nos processos industriais, além de criar o famoso Ciclo PDCA (Ver figura 1) (Plan, Do, Check e Act,- planejar, fazer, checar e agir), que, divulgado por Deming, também é conhecido como Ciclo de Deming. O CEQ é um método estatístico utilizado para detectar e controlar as variações ocorridas no processo de produção, enquanto o Ciclo PDCA é uma ferramenta indispensável para a obtenção da qualidade, objetivando-a como um todo. (PINTO, 1993).



Figura 1: Ciclo PDCA. Fonte: <<http://blog.campe.com.br/a-melhoria-continua-atraves-do-ciclo-pdca/>>

Durante as décadas de 40 e 50, surgiram as cartas de controle e o CEP (Controle Estatístico de Processo), que tinham como objetivo reduzir a variabilidade dos resultados através do estudo estatístico dos fatores que influenciavam o processo. Foram desenvolvidas também as técnicas de inspeção por amostragem (CIACCIA, 2004).

Nos anos 50 a indústria japonesa desenvolveu uma série de práticas de manufatura que alavancaram sua competitividade global, que se denominou produção enxuta. A produção enxuta busca identificar e eliminar sistematicamente qualquer desperdício na cadeia produtiva. E é considerado desperdício qualquer atividade que absorve recursos e não cria valor. (WOMACK *et. al.* apud ARAUJO e RENTES, 2006)

Uma metodologia utilizada no processo de produção enxuta é o *kaizen*, que significa a melhoria contínua de um fluxo completo de valor ou processo individual, a fim de se agregar mais valor com menos desperdício. *Kaizen* são esforços de melhoria contínua, executados por todos, cujo foco central é a busca pela eliminação dos desperdícios. (ARAUJO e RENTES, 2006).

As ações do *kaizen* envolvem, entre outras coisas, a organização da área de trabalho, a padronização de atividades e processos, a análise da movimentação dos trabalhadores, a programação puxada (através de cartões *kanban*), e a ergonomia. E além do desperdício clássico, como estoques, movimentação, transporte, defeitos, entre outros, preocupa-se também com o desperdício de idéias e talentos (ARAUJO e RENTES, 2006).

Durante as décadas de 60 e 70, as empresas japonesas viveram um período de impressionante expansão, ganhando fatias de mercado das companhias ocidentais em diversas frentes. (CIACCIA, 2004).

Para tentar explicar o que estava ocorrendo, analistas começaram a observar as particularidades que distinguiam as firmas japonesas de suas concorrentes ocidentais, concluindo que as primeiras tinham, entre outros fatores, uma cultura diferenciada em relação à gestão da qualidade. A base da estratégia japonesa era

evitar ao máximo qualquer tipo de desperdício na produção, de modo a minimizar os custos de processo (CIACCIA, 2004). Os tempos de setup e a frequência de quebras foram reduzidos com a utilização de ferramentas como os pilares da Manutenção Produtiva Total (TPM), o Just-in-Time (JIT), Poka-Yoke e a filosofia dos 5S (Utilização, Ordenação, Limpeza, Saúde e Autodisciplina) (WOMACK apud CIACCIA, 2004).

Na década de 80, a qualidade passou a ser vista com cada vez mais importância estratégica para as organizações, e houve um aprofundamento das técnicas japonesas que enfatizavam a redução contínua dos desperdícios. Segundo Garvin, a educação e o treinamento tornaram-se responsabilidades vitais. (CIACCIA, 2004). A distância entre a qualidade japonesa e a norte-americana diminuiu consideravelmente graças a algumas empresas, que conseguiram recuperar parte do mercado perdido (JURAN, 1997).

3.2 Metodologia Seis Sigma

3.2.1 Histórico

O Seis Sigma foi desenvolvido primeiramente pela Motorola, e posteriormente difundido pela *General Electric* (GE).

Abaixo, um breve histórico do desenvolvimento, conforme mostrado por CIACCIA, (2004):

- 1979: Crise de qualidade na Motorola;
- 1985: Dados mostram que índice de retrabalho é diretamente proporcional às falhas. É definida uma estratégia para melhorar a qualidade nos processos da Empresa: Seis Sigma;
- 1987: É lançado oficialmente o “Programa de Qualidade Seis Sigma”;

- 1990: A Motorola abre o Instituto de Pesquisa Seis Sigma, ensinando a estratégia a outras empresas, como IBM, Kodak, ABB, etc.
- 1994: Início da implementação do Seis Sigma na GE e na Allied Signal, através de consultores independentes que saíram da Motorola.

De acordo com Henderson (2000), Evans (2000) e Senapati (2004) apud Andrietta e Miguel (2007), o programa surgiu porque a Motorola estava tendo um crescente aumento no número de reclamações relativas à ocorrência de falhas nos produtos eletrônicos manufaturados, dentro do prazo de garantia. Com isso, profissionais iniciaram uma série de estudos sobre os conceitos de Deming acerca da variabilidade dos processos de produção, tendo como objetivo melhorar o desempenho através da análise dessas variações. Além disso, um grupo de executivos da Motorola foi enviado ao Japão para estudar os métodos operacionais de empresas conhecidas pelos altos padrões de qualidade e níveis elevados de satisfação do cliente, fazendo um trabalho de benchmarking (BAGNOLI, 2008; FIGUEIREDO e BORGES). Essas iniciativas tiveram o apoio da alta direção, motivada a adotar o desafio de produtos livres de defeitos, para obter aumento da confiabilidade do produto final e redução das perdas. Para que isso fosse possível, houve a criação de uma estrutura com forte base matemática, um método estruturado para resolver problemas e uma mudança na cultura (BAGNOLI, 2008).

De acordo com Pande *et al.* (2001), a Motorola aplicou o Seis Sigma como uma maneira de transformar os negócios, impulsionada pela comunicação, treinamento, liderança, trabalho em equipe, medição, e um foco no cliente.

A GE, que adotou o Seis Sigma em 1996, foi o caso de maior notoriedade da aplicação da metodologia, pois conseguiu um considerável aumento na margem do lucro operacional, e conquistou a posição de uma das corporações mais bem sucedidas dos EUA, se tornando um *benchmark* no assunto (ANDRIETTA E MIGUEL, 2007). De acordo com Ciaccia (2004), a GE foi a primeira grande empresa a aplicar o Seis Sigma na área administrativa e de serviços.

O Seis Sigma mudou para sempre a GE. Todos – desde os fanáticos pelo Seis Sigma surgindo de seus tours como Faixas-Pretas, aos engenheiros, os auditores e cientistas, à alta gerência, que levará esta empresa ao novo milênio – acreditam realmente no Seis Sigma, que é a maneira pela qual esta empresa funciona agora. Jack F. Welch – Presidente da GE. (PANDE *et al.*, 2001)

3.2.2 O conceito de Seis Sigma

A letra minúscula “sigma”, no alfabeto grego – σ , é um símbolo utilizado na notação estatística para representar o “desvio-padrão” de um processo (PANDE *et al.*, 2001; CIACCIA, 2004).

Desvio-padrão é um indicador de quantidade de variação em um espaço amostral, e revela o quão distante um processo dado desvia da sua média (PANDE *et al.*, 2001). Quanto mais elevado for o número do sigma, mais concentrado em volta da média encontra-se o processo.

O objetivo de se buscar um desempenho Seis Sigma é o de reduzir ou estreitar a variação a um tal grau, que seis sigmas (desvios-padrão de variação) possam ser comprimidos dentro dos limites superior e inferior definidos pelas especificações do cliente (PANDE *et al.*, 2001).

Para entender melhor o que isso significa, observa-se que o desempenho medido é expresso em “Defeitos por Milhão de Oportunidades” ou “DPMO”. O DPMO simplesmente indica quantos erros surgiriam se uma atividade fosse repetida um milhão de vezes. Um defeito é qualquer instância ou evento no qual o produto ou processo falha em satisfazer seus requisitos. (PANDE *et al.*, 2001) A Tabela 1 ilustra os valores de DPMO, percentual bom e percentual de defeitos em um processo com o valor de sigma variando de 1 a 6.

Tabela 1: Valores de Percentual bom, defeituoso e DPMO de acordo com a variação no sigma.

Sigma	Percentual bom	Percentual defeituoso	DPMO
1	30,85380%	69,14620%	691.462
2	69,14620%	30,85380%	308.538
3	93,33193%	6,68070%	66.807
4	99,37900%	0,62100%	6.210
5	99,97670%	0,02330%	233
6	99,99966%	0,00034%	3,4

Fonte: adaptado de Pande *et al.* (2001).

A idéia central do Seis Sigma é reduzir continuamente a variação nos processos, desta forma, eliminando os defeitos ou falhas nos produtos e serviços. Ao medir quantos defeitos ocorrem em um processo, pode-se identificar como eliminá-los, e trabalhar para isto. O Seis Sigma é uma prática de gestão que visa melhorar a lucratividade de empresas de qualquer setor de atividade. (ANDRIETTA e MIGUEL, 2007)

Para que se possa visualizar melhor a diferença entre um sistema que funcione com 3,8 Sigma, com um percentual bom de 99%, e outro com 6 Sigma, é apresentada a tabela 2:

Tabela 2: Significado Prático do Seis Sigma

99% Bom (Convencional 3,8 Sigma)	99,99966% Bom (Classe Mundial 6 Sigma)
20.000 itens de correio perdidos por hora	7 itens de correio perdidos por hora
Água não potável durante 15 minutos por	Água não potável durante 1 minuto a cada 7
5.000 operações cirúrgicas incorretas por	1,7 operações cirúrgicas incorretas por
2 aterrissagens curtas ou compridas	1 aterrissagem curta ou comprida demais a
200.000 receitas médicas erradas por ano	68 receitas médicas erradas por ano
Falta de energia elétrica durante 7 horas	Falta de energia elétrica durante 1 hora a cada

Fonte: Adaptado do curso de formação de Black Belts – INEPAR, 2000.

3.2.3 Estrutura Organizacional

Um dos requisitos da infra-estrutura necessária para sustentar o Seis Sigma nas empresas é o treinamento dos funcionários envolvidos com o programa. Existe uma hierarquia de papéis conhecida como “belt system” (sistema de faixas comum em artes marciais), que varia segundo a carga horária de treinamento, hierarquia nos projetos, dedicação de tempo ao programa, nível de conhecimento e capacitação. Esse sistema faz com que todos na organização falem a mesma língua. A decisão da implantação da melhoria geralmente passa pelos níveis superiores do sistema belt, visando sempre os ganhos financeiros do projeto. (ANTONY e BAÑUELAS, 2002; BEHARA *et al.* apud ANDRIETTA E MIGUEL, 2007; LIZARELLI *et al.*, 2007). Nesse contexto, os profissionais envolvidos no Seis Sigma recebem terminologias específicas, tais como:

3.2.3.1 Sponsor ou Patrocinador

É papel do *sponsor* promover e definir as diretrizes para a implementação do Seis Sigma. O *sponsor* facilitador exerce as principais funções no desenvolvimento dos projetos do programa (ANDRIETTA E MIGUEL, 2007). Suas atribuições são, conforme mencionado por Pande *et al.* (2001), entre outras:

- Determinar e manter metas amplas para projetos de melhoria, e garantir que estejam alinhadas com prioridades do projeto;
- Se necessário, aprovar mudanças no direcionamento e no escopo do projeto;
- Encontrar recursos para projetos;
- Ajudar a resolver questões que surgirem entre equipes ou com pessoas fora da equipe.

3.2.3.2 Champion ou Campeão

Os *champions*, segundo Andrietta e Miguel (2007), são os gestores dos projetos. Conforme explicado por Ramos *et al.* (2002), este cargo existe geralmente em empresas grandes e com várias divisões. Suas atribuições são, entre outras:

- Organizar e guiar o início, o desenvolvimento e a implementação do Seis Sigma por toda a organização;
- Compreender as teorias, princípios e práticas do Seis Sigma;
- Remover possíveis barreiras na condução dos projetos, e nas mudanças necessárias;
- Definir as pessoas que irão difundir o conhecimento acerca do Seis Sigma por toda a empresa.

3.2.3.3 *Master Black Belt (MBB)*

Ramos *et al.* (2002), dizem que esta função também é típica de empresas de grande porte. O MBB recebe treinamento intensivo, e é preparado para a solução de problemas estatísticos. Além disso, deve possuir habilidades de comunicação e ensino. Suas principais atribuições são:

- Ajudar na implantação do Seis Sigma dentro da organização;
- Criar mudanças na organização;
- Ajudar os campeões na escolha e treinamento dos novos projetos de melhoria;
- Oferecer liderança técnica no preparo dos projetos;
- Treinar e instruir os Black Belts e Green Belts.

3.2.3.4 *Black Belt (BB)*

Conforme explicado por Ramos *et al.* (2002), os BB trabalham sob a orientação dos MBB, e são, juntamente com os Green Belts, elementos-chave do sistema. Os BB se dedicam em tempo integral ao Seis Sigma, e são responsáveis pela orientação técnica dos projetos, necessitando possuir um profundo conhecimento da

metodologia. Para isso recebem treinamento intenso em técnicas estatísticas, incluindo ANOVA, teoria dos jogos, regressão multivariada, etc. Devem possuir iniciativa, entusiasmo e habilidades de relacionamento interpessoal e de comunicação, motivação, influência no setor em que atuam, habilidade para trabalhar em equipe, e excelentes conhecimentos técnicos de sua área de trabalho.

Suas principais atribuições são:

- Aplicar as ferramentas e conhecimentos do Seis Sigma em projetos específicos;
- Treinar os Green Belts e os orientar na condução dos grupos;
- Caracterizar e otimizar os processos-chave que influenciam o negócio;
- Identificar e executar processos que ajudem a reduzir erros e defeitos nos processos, produtos e serviços;
- Envolver-se em atividades orientadas a reduzir trabalho, materiais, tempo de desenvolvimento e inventários;
- Estimular o gerenciamento e incentivar a adoção de novas formas de fazer as coisas;
- Ajudar na solução de problemas, identificando e enfocando os fatores responsáveis pelas saídas incorretas dos processos, além de detectar os potenciais gargalos.

3.2.3.5 *Green Belt (GB)*

Os GB pertencem normalmente à média gerência da organização, eles são funcionários que recebem treinamento em Seis Sigma, mas continuam mantidos em suas atividades originais, dedicando-se apenas em tempo parcial aos projetos. Seu treinamento é mais simplificado que o dos BB. (RAMOS *et al.*, 2002; CIACCIA, 2004).

Conforme dito por Ramos *et al.* (2002), suas principais atribuições são:

- Auxiliar os BB na coleta de dados e no desenvolvimento de experimentos;
- Liderar pequenos projetos de melhoria em suas respectivas áreas de atuação;

- Utilizar as ferramentas do Seis Sigma para a solução dos problemas.

3.2.3.6 *Front-line*

São chamados de *front-line* os funcionários da empresa, que apesar de não desempenharem atividades diretamente na “linha de frente” do programa Seis Sigma, devem conhecer o programa e participar dos projetos relacionados à sua área de trabalho.

3.2.4 **Ferramentas utilizadas**

No desenvolvimento de Projetos Seis Sigma, várias ferramentas da qualidade são utilizadas para o conhecimento e análise da variabilidade presente nos processos, e para a solução de problemas. Assim, segundo Andrietta e Miguel (2007), o diferencial do programa reside na forma de aplicação estruturada dessas ferramentas e procedimentos e em sua integração com os objetivos e as metas da organização. Pode-se destacar:

i) Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)

Conforme dito por Almeida *et al.* (2008), este diagrama é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação que existe entre determinado resultado de um processo, chamado de efeito, e os fatores deste processo, chamados de causa, que, possam afetar este resultado. O objetivo é chegar a todas as potenciais causas de um determinado efeito. Ramos *et al.* (2002) dizem que, nos projetos Seis Sigma, normalmente o resultado do processo que está em estudo é um problema que se quer eliminar, e o diagrama é utilizado para o levantamento e apresentação visual de possíveis causas. Por sua forma, este diagrama é conhecido também como Diagrama de Ishikawa, ou Diagrama Espinha de Peixe (*fishbone*), devido à sua forma, como pode ser visto na figura 2.

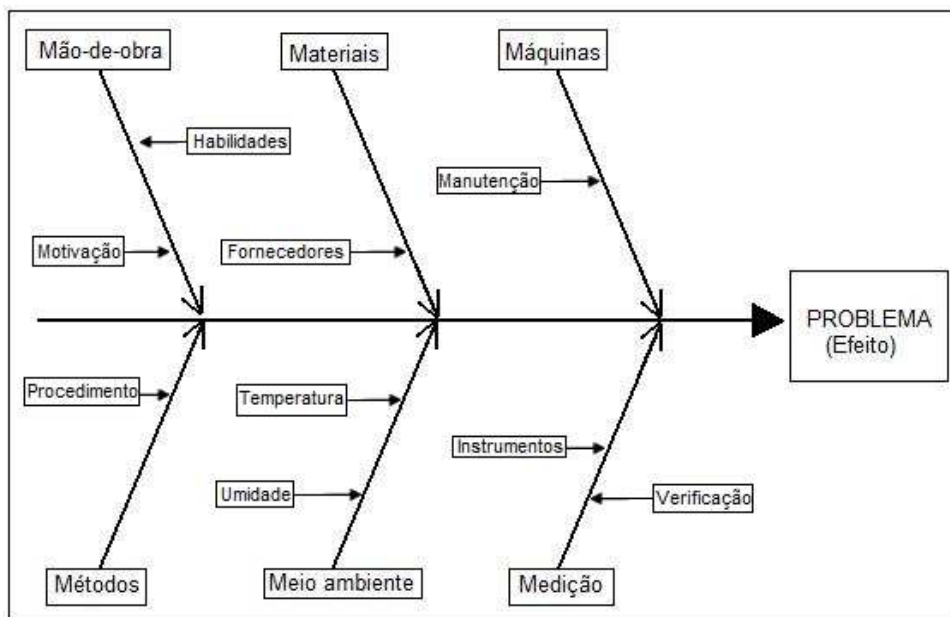


Figura 2: Diagrama de Ishikawa. Fonte: Adaptado de Ramos *et al.* (2002)

ii) Histograma

O histograma é uma descrição gráfica de dados, onde é representada a quantidade de ocorrências em cada faixa pré-estabelecida de possíveis resultados. Mostra, de maneira visual clara, a frequência com que ocorre um determinado valor ou grupo de valores, Permite verificar a distribuição dos dados, a forma da distribuição e seu valor central. (RAMOS *et al.*, 2002; CIACCIA, 2004; ALMEIDA *et al.*, 2008). Para melhor visualização, a figura 3 mostra um exemplo de histograma da idade de alunos matriculados em um curso.

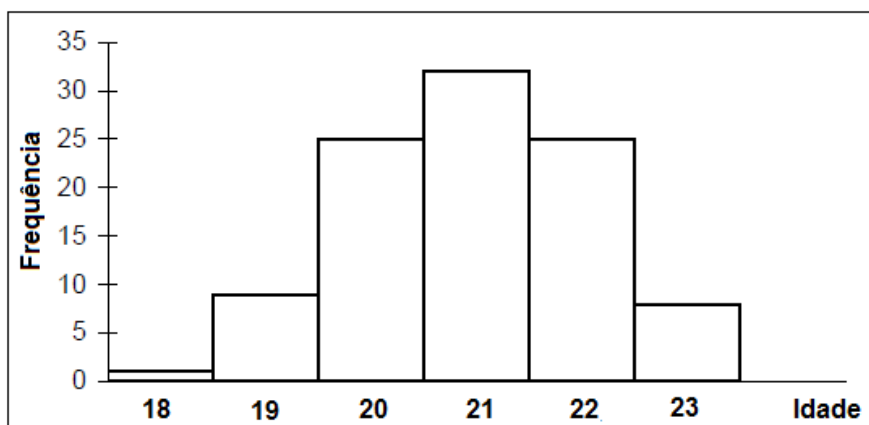


Figura 3: Exemplo de Histograma. Fonte: Adaptado de Ramos *et al.* (2002).

iii) Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é um método que ajuda a classificar e priorizar problemas. Basicamente é um histograma que ordena os dados pela frequência de ocorrência, permitindo separá-los em duas classes: os poucos vitais e os muito triviais. Os esforços principais devem se concentrar na identificação das perdas “vitais”, que são onde devem se concentrar os esforços de melhoria. Identificando estas, torna-se possível a eliminação de quase todas as perdas, deixando as “triviais” para solução posterior (ALMEIDA *et al.*, 2008). Segundo Ramos *et al.* (2002), uma das principais vantagens deste método, é que qualquer pessoa, em qualquer nível hierárquico, consegue entender da mesma forma o que os dados estão mostrando. Para melhor compreensão, a figura 4 mostra um exemplo de Diagrama de Pareto com as causas de problemas em carros.

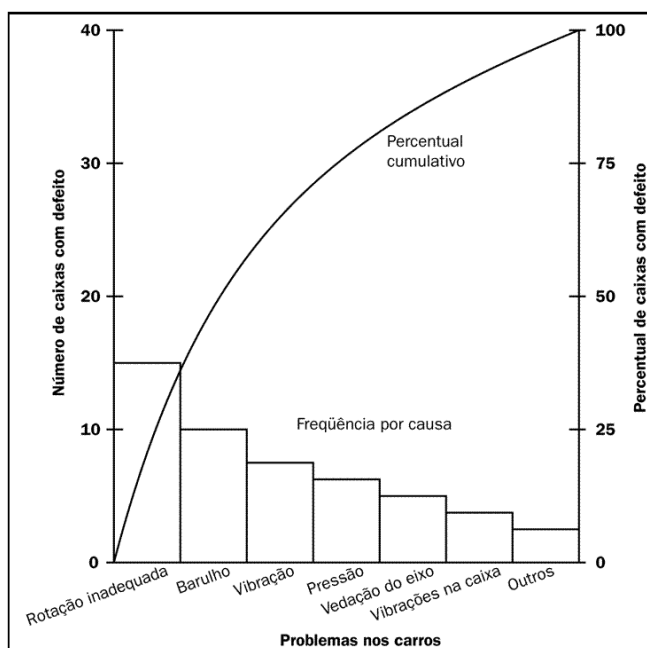


Figura 4: Exemplo de Diagrama de Pareto.

Fonte: <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/eder_silva_e_eric_machado/fig_06.jpg>

iv) FMEA

O FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise do Modo e do Efeito da Falha), é uma ferramenta de análise de possíveis falhas no produto ou

processo. É utilizado para identificar todos os possíveis tipos de falhas potenciais, determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho do produto/processo, 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.

Esta ferramenta apresenta melhores resultados quando desenvolvida em equipe. A participação de especialistas de diversas áreas de atuação e com experiência no tema, traz um número maior de informações e considerações, aumentando o escopo e a profundidade da análise. (RAMOS *et al.*, 2002; CIACCIA, 2004)

v) Desdobramento da Função Qualidade (QFD)

O QFD é uma ferramenta utilizada pra dar prioridade às contribuições e comentários dos clientes (sejam eles internos, externos, etc.), ou seja, ela traduz suas necessidades e expectativas em características mensuráveis nos projetos e especificações de um produto, serviço ou processo. Sua aplicação se baseia, entre outras coisas, nas necessidades do cliente, no desempenho atual, e na comparação com a concorrência. (BAGNOLI, 2008; PANDE *et al.*, 2001)

vi) Fluxograma

Conforme mencionado por Mota (2007), trata-se de um ponto inicial para qualquer projeto de melhoria de processos, já que só se pode melhorar o que já se conhece. É uma ferramenta utilizada para mapear um processo, ou seja, mostrá-lo de forma esquemática. Consiste em representar a sequência de atividades de todo o processo, desde a entrada até a saída. Diferentes símbolos são usados para representar atividades específicas, como decisão, demora, movimentação, *loops* de retrabalho, controles ou inspeções. O fluxograma simplifica a análise do processo (BAGNOLI, 2008; PANDE *et al.*,

2001). A figura 5 mostra um exemplo de fluxograma, no qual um processo de uma empresa que fabrica e vende produtos foi mapeado.

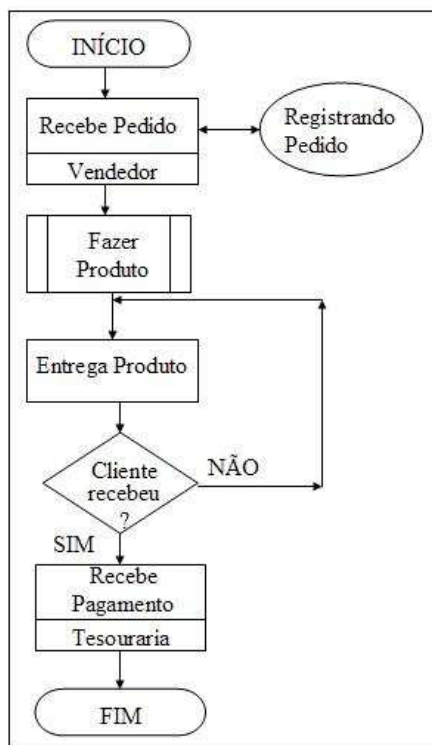


Figura 5: Exemplo de Fluxograma.

Fonte: <<http://www.portaldoadministracao.org/tag/fluxograma+de+an%C3%A1lise+de+processo>>

Além destas, muitas outras ferramentas podem ser utilizadas em projetos Seis Sigmas, tais como o *Brainstorming*, *Checklists* (listas de verificação), Gráficos de Controle Estatístico de Processo (CEP), Diagramas de Dispersão, Estratificação, entre outras (CIACCIA, 2004; ALMEIDA *et al.*, 2008).

3.2.5 Metodologias de Projetos Seis Sigma

Segundo Andrietta e Miguel (2007), o programa Seis Sigma se sustenta em uma boa seleção de projetos. Desta forma, após compreender as CTQs (Características Críticas de Qualidade), é necessário escolher um dos métodos de solução de problemas que podem ser aplicados no programa.

Lynch *et al.* apud Andrietta e Miguel (2007) citam alguns desses métodos:

- M/PCpS – *Machine/Process Characterization Study* – Estudo para a caracterização e otimização de processos;
- DMAIC – *Define – Measure – Analyze – Improve – Control*;
- DFSS – *Design for Six Sigma*;
- DMADV – Definir, Medir, Analisar, Desenhar e Verificar; e
- DMEDI – Definir, Medir, Explorar, Desenvolver e Implementar.

Dentre estes métodos, o que vem sendo mais utilizado é o DMAIC, pois considera cinco etapas que conseguem, na maior parte dos projetos Seis Sigma, estruturar a implantação, desenvolvimento e conclusão dos projetos selecionados. Assim como outros métodos, o DMAIC baseia-se no ciclo original PDCA, porém pode ser usado tanto na melhoria de processos quanto no projeto/reprojeto (PANDE *et al.*, 2001; ANDRIETTA e MIGUEL, 2007).

3.2.5.1 DMAIC

A metodologia DMAIC, conforme pode ser visto na figura 6, consiste em um ciclo composto por cinco etapas distintas. São elas:



Figura 6: Ciclo DMAIC. Fonte: <<http://www.rioconsulting.com.br/lean.html>>

i) D – Define

É a fase de seleção de projetos. Nela se define o projeto a ser executado, levando em consideração os objetivos da empresa. Nesta fase se esclarece o problema e a meta, ou seja, os objetivos mensuráveis que se pretende alcançar. Devem ser bem definidos o escopo de atuação, suas expectativas, os processos-chave que o influenciam, as exigências do cliente, e a equipe que atuará neste projeto (PANDE *et al.*, 2001; CIACCIA, 2004; BAGNOLI, 2008; MOTA, 2007).

ii) M – Measure

Esta fase tem por objetivo fazer um levantamento dos dados e prepará-los para uma análise detalhada, onde serão avaliadas as condições do processo, incluindo a capacidade atual e as possíveis causas de variação. A precisão dos dados é muito importante, pois ajudam a entender melhor o desempenho do processo. O objetivo é medir a capacidade do processo (CIACCIA, 2004; BAGNOLI, 2008; MOTA, 2007).

iii) A – Analyze

Uma vez que já se têm os dados, eles são analisados através de ferramentas estatísticas e outras ferramentas da qualidade. São avaliadas as possibilidades de causas encontradas, de forma a desenvolver hipóteses causais e direcionar o projeto às possibilidades de ações de melhoria que poderão ser implementadas. Podem ser definidas também melhores práticas, metas de melhorias dos processos em questão, e redefinidas as exigências (PANDE *et al.*, 2001; CIACCIA, 2004; BAGNOLI, 2008).

iv) I – Improve

Na fase de melhoria são selecionadas e implantadas as melhorias nos processos, com base nas análises da fase anterior. Como já houve um estudo no processo, pode-se decidir quais ações devem ser implementadas para que se agregue valor, considerando seu nível de dificuldade e impacto, conforme pode ser visto na figura 7. O primeiro passo é executar as melhorias de alto

impacto e fácil implementação, a seguir faz-se uma análise para decidir entre as de baixo impacto e fácil implementação, e alto impacto e difícil implementação, e dificilmente se executam as melhorias de baixo impacto e difícil implementação. Também são feitos testes de soluções, projetados novos processos, e desenvolvidas ideias para remover causas-raiz dos problemas. É nesta etapa que o nível sigma é melhorado, pois se reduz a ocorrência de defeitos/falhas eliminando as suas causas nos processos (PANDE *et al.*, 2001; CIACCIA, 2004; BAGNOLI, 2008).

		Impacto	
		Alto	Baixo
Implementação	Fácil		
	Difícil		

Figura 7: Classificação das melhorias. Fonte: elaborado pela autora.

v) C – Control

Nesta última etapa, a equipe deve criar controles que permitam o monitoramento das melhorias implementadas anteriormente e do desempenho do processo, visando assim à manutenção dos ganhos obtidos com o projeto. Além disso, ocorre um período de ajustamento, após o qual, novas análises são feitas para avaliar se há a necessidade do desenvolvimento de novas melhorias (CIACCIA, 2004; BAGNOLI, 2008).

3.2.6 Requisitos para o sucesso de um Projeto Seis Sigma

Conforme mencionado por Rechulski e Carvalho (2003), o Seis Sigma é uma metodologia de implantação altamente disciplinada e orientada pela informação. Portanto, para que um Projeto Seis Sigma seja bem sucedido inúmeros fatores são

fundamentais. Dentre eles, conforme destacado por Ciaccia (2004), Bagnoli (2008) e Pande *et al.* (2001), estão:

- Envolvimento de todas as áreas da empresa e trabalho em equipe;
- Treinamento e aperfeiçoamento contínuo dos empregados;
- Foco no cliente;
- Enfoque na aplicação prática dos conceitos aprendidos;
- Aplicação e o comprometimento de recursos financeiros;
- Associação do Seis Sigma a ganhos;
- Acompanhamento da *performance* através de métricas consistentes;
- Ligar o Projeto às estratégias e prioridades da empresa;
- Acompanhamento financeiro dos resultados obtidos;
- E, principalmente, comprometimento e participação ativa da Liderança, visto que a metodologia deve ser implantada de cima para baixo.

3.2.7 Impacto dos Projetos Seis Sigma nos lucros

Conforme Mickel Harry *et al.* apud Rotondaro (2002), o Seis Sigma é um processo de negócio que permite às organizações aumentar seus lucros pela otimização das operações, melhoria da qualidade e eliminação de defeitos, falhas e erros.

Segundo Rotondaro (2002), quando o Seis Sigma é implementado, a empresa usa medidas financeiras para selecionar projetos para melhoria e para determinar os resultados. Para que isso seja possível, o sistema de contabilidade de custos deve fornecer os verdadeiros custos da qualidade e seus impactos nos lucros. Robles apud Rotondaro (2002) explica que os custos da qualidade podem ser definidos como a quantia total de dinheiro que uma organização gasta para prevenir a má qualidade e garantir que os requisitos da qualidade sejam alcançados. A figura 8 mostra um gráfico com a relação entre custo e qualidade.

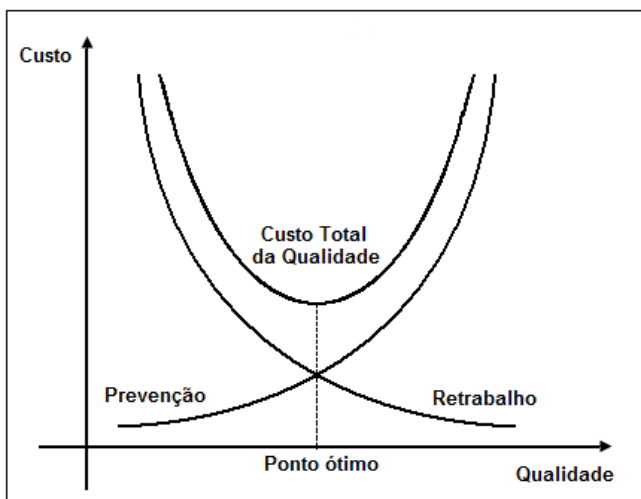


Figura 8: Gráfico Custos x Qualidade. Fonte: elaborado pela autora.

De forma geral, segundo Pande *et al.* (2001), a melhoria na qualidade afeta o lucro de duas formas:

- Reduz os custos de falha interna, como retrabalho e refugo, melhorando o moral do trabalhador e aumentando a produtividade e a eficiência;
- Aumenta o rendimento, já que, desta forma, há um aumento na fidelidade dos clientes antigos, e o ganho de novos clientes.

Pande *et al.* (2001) dizem também que os ganhos em dinheiro do Seis Sigma podem ser mensurados de forma mais eficaz através do cálculo da redução do custo de retrabalho, ineficiência, clientes perdidos, etc. Como exemplo, pode-se calcular a economia através do custo médio de cada defeito vezes a quantidade de defeitos que deixou de ocorrer após a implantação do Seis Sigma.

3.3 Gestão da Qualidade

Segundo Juran (1997), consagrado como um dos gurus da qualidade, as empresas passaram a entender que, para chegar à qualidade de padrão internacional, algumas mudanças revolucionárias devem ser feitas na gestão da qualidade. Destaca que:

- Toda hierarquia gerencial deve ser treinada em gestão da qualidade;
- A alta gerência deve se encarregar pessoalmente da gestão da qualidade;;
- O planejamento empresarial deve englobar os objetivos da qualidade;
- A gestão da qualidade deve ser integrada ao planejamento;
- A melhoria da qualidade deve se tornar um processo contínuo;
- Novos indicadores devem permitir que a alta gerência acompanhe o progresso de parâmetros como satisfação dos consumidores, qualidade competitiva, desempenho dos processos empresariais, custos da “não-qualidade”, etc.;
- Os funcionários devem receber treinamento e *empowerment*, para que possam participar do planejamento do trabalho e das melhorias;
- O sistema de recompensas deve ser revisto, levando em conta as mudanças de funções e responsabilidades.

De acordo com Mainieri (1998), entre outros programas, técnicas e métodos de gestão, as normas da série ISO 9000 vêm conquistando um espaço importante no cenário da indústria nacional. O Japão desenvolveu o Sistema Toyota de Produção e a partir dele os conceitos do *just in time*, TQC (*Total Quality Control*), *kanban*, TPM (*Total Productive Maintenance*), células de manufatura, *set-up* de máquinas, tecnologia de grupo, entre outros.

Em busca de uma maior qualidade e produtividade organizacional, as empresas estão buscando integrar tanto seus recursos tecnológicos quanto humanos. É evidente a importância de processos organizacionais integrados e orientados de acordo com um objetivo estratégico corporativo. (OLIVEIRA, 1997).

Conforme Lizarelli *et al.* (2007), as melhorias só surgem a partir da utilização de uma metodologia para a resolução dos problemas, com o uso de ferramentas ou técnicas, e de uma estrutura para a implantação, seja ela individual ou por equipe. Para a implantação, as pessoas devem estar treinadas ou capacitadas, só desta forma se consegue alcançar o nível da mudança desejado. Também é necessário que haja investimentos, tempo para implantação, entre outros fatores que irão variar principalmente de acordo com o impacto esperado pelo projeto de melhoria.

3.4 Exemplos de Projetos Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma tem sido muito aplicada em diversos setores para reduzir ou eliminar defeitos ou perdas em produtos e serviços. Analisando a literatura existente, encontram-se inúmeros estudos de caso que ilustram o sucesso desta implementação. Dentre estes foram selecionados dois que ilustram de forma satisfatória esta aplicação:

3.4.1 Seis Sigma como Estratégia para Redução de Custos: Estudo de Caso Sobre a Redução de Consumo de Óleo Sintético (FIGUEIREDO e BORGES)

Foi realizado um estudo intitulado Redução de Consumo do Óleo X, desenvolvido na empresa Becton Dickinson Indústrias Cirúrgicas Ltda, localizada em Juiz de Fora - MG, entre os meses de setembro e dezembro de 2005. A empresa é composta por 14 divisões, tem cerca de 60 fábricas instaladas em mais de 39 países, empregando mais de 25.000 pessoas. A BD é responsável por uma ampla e diversificada linha de produtos médicos, cirúrgicos e de utilização em hospitais e laboratórios de análises clínicas.

Neste estudo participaram a equipe de manutenção da fábrica, líderes e supervisores da área que utiliza o referido produto, além das áreas de suporte (engenharia, compras, materiais, almoxarifado, dentre outros).

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

A finalidade era proporcionar 20% de redução de consumo do produto X, gerar maior confiabilidade ao processo (através da eliminação dos problemas que ocorrem no sistema) e reduzir a emissão de resíduos (decorrentes do sistema de filtração empregado).

Foi utilizada a análise DMAIC neste projeto. As etapas podem ser resumidas da seguinte forma:

Fase Definir. Consistiu em definir quais problemas deveriam ser eliminados, e fez-se um diagrama de causa e efeito sobre a perda de óleo.

Fase Medir. Iniciou-se a elaboração de um croqui do sistema de filtração, possibilitando o acompanhamento visual do fluxo de solução e uma melhor assimilação da função de cada equipamento deste sistema. Aproveitou-se o mapeamento do processo para montar a base da matriz FMEA. Definiu-se que duas análises eram críticas para o sistema: a concentração de óleo na solução e o volume de decantação (sujidades). A partir desta definição elaborou-se a análise do sistema de medição. Foi feita a leitura das sujidades (decantação) e a leitura da concentração de óleo na solução

As análises estatísticas demonstraram a necessidade de melhor treinamento para os analistas, e também a análise da capacidade do processo demonstrou que o processo não estava devidamente controlado.

Fase Analisar. Analisou-se o diagrama de Ishikawa, montou-se uma matriz FDM (Matriz do Desenvolvimento Funcional) e, assim, verificou-se que a principal ação a ser tomada seria avaliar o grau de decantação entre as semanas e verificar como o meio filtrante poderia ser mais efetivo na remoção de sujidades. No modelo criado para avaliar o consumo de óleo, verificou-se que as perdas de solução por vazamentos e durante a limpeza dos filtros eram as principais fontes de consumo.

Fase Melhorar. Constatou-se que a concentração de óleo poderia ser reduzida numa escala considerável, possibilitando ao projeto ganhos superiores ao orçado inicialmente. Na semana seguinte a este experimento, a concentração de óleo na solução já havia sido alterada. Verificou-se que a limpeza poderia ser prorrogada por mais uma semana. Porém, neste instante constatou-se que o sistema corria sérios riscos de desestabilização.

Fase controlar: Esta fase iniciou-se com o consentimento de toda a equipe envolvida que as conclusões e os ganhos oriundos destas observações deveriam estar englobados nos planos de controle para garantir a sua continuidade no dia-a-dia, pois todos sabiam e reconheciam que havia uma tendência, inerente a qualquer ser humano, em violar novas regras. Este foi o principal problema enfrentado por este projeto, após a equipe dispersar-se para novos desafios. Imediatamente após a conclusão dos experimentos, criou-se um plano de controle extremamente minucioso e amplo, envolvendo todas as atividades e todos os responsáveis por estas para garantir que tudo fosse devidamente controlado. Objetivou-se controlar tanto o produto e o processo quanto o efeito colateral das ações a serem tomadas. Todos os envolvidos no plano de controle foram devidamente treinados e avaliados.

As conclusões tiradas deste projeto são de que há vários problemas durante a realização desta implementação, mas, sem dúvida, o maior desafio não é a técnica, mas o comportamento das pessoas. A quebra dos paradigmas foi, e será o principal problema, daí a necessidade do plano de controle.

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

De fato, é uma iniciativa que requer investimento em longo prazo de tempo e esforço da organização, particularmente da gerência.

3.4.2 Pensamento Sistêmico em Projetos Seis Sigma: Buscando Mudanças de Alta Alavancagem (JANSEN e JANSEN, 2007)

O projeto foi aplicado em uma empresa de pequeno porte, filial de uma organização multinacional que atua no setor eletroeletrônico e está sediada no estado de Minas Gerais, Brasil. Ela é uma planta multi propósitos que opera com processos em

batelada. Apesar de ser uma empresa de pequeno porte, ela possui um forte compromisso com a qualidade de seus produtos e processos.

A iniciativa surgiu porque a empresa apresentava um desempenho abaixo do esperado no Indicador de Eficiência da Planta. A causa raiz identificada dessa ineficiência era o tempo parado para lavagens dos reatores.

Como a Disponibilidade de reatores era diretamente afetada por operações de lavagem dos mesmos, a direção da empresa decidiu abrir um Projeto Seis Sigma denominado “Redução do tempo empregado na lavagem de reatores”. Outro fator que incentivou a empresa a lançar esse projeto Seis Sigma foi a constatação de que cerca de 15% do tempo produtivo consumido nas operações de lavagem dos reatores iriam limitar a disponibilidade de produção em um prazo de 6 meses, pois as vendas cresciam a taxas de 3% ao mês.

Como esta é uma empresa pequena, que não conta com recursos para montar um programa Seis Sigma e formar os *belts* necessários, ela recorreu à ajuda do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que lhe forneceu um curso introdutório de Seis Sigma e trabalhou em conjunto com a empresa para desenvolverem o projeto.

O projeto também utilizou a metodologia DMAIC, e os resultados obtidos foram:

Fase Definir: Devido à aplicação do Pensamento Sistêmico, a primeira etapa foi perguntar ao responsável pelo projeto por que era necessário lavar tantas vezes os reatores. A resposta obtida foi que, como a planta busca aumentar a flexibilidade, muitas trocas de produção são necessárias e conseqüentemente, muitas lavagens dos reatores são feitas para deixá-los limpos para as próximas bateladas. Acrescentou ainda a importância da maior diminuição possível do tempo de lavagens dos reatores, para aumentar o tempo disponível para produção. O questionamento desse modelo mental permitiu que a equipe percebesse que uma parte do problema era gerada pelo próprio PCP, que, devido ao sequenciamento inadequado das ordens de produção, provocava a necessidade de lavagens

adicionais dos equipamentos. Com isso, o responsável pelo planejamento da produção foi inserido na equipe do projeto e algumas alterações foram feitas em elementos como o escopo do projeto, as metas e os indicadores, de forma a considerar o planejamento da produção como uma parte do problema a ser melhorada.

Fase Medir: Foi feito um levantamento da quantidade de lavagens mensais dos reatores, e constatou-se a ocorrência de mais de uma lavagem de equipamento por dia.

Fase Analisar: Foi constatado que parte das lavagens se devia exclusivamente às trocas de produtos e que um número ótimo de lavagens poderia ser estabelecido a partir de uma simulação que minimizasse essas trocas.

Fase Melhorar: Como o problema na área do PCP permitia que fosse tratado separadamente dos demais da área de produção, as ações de melhoria puderam ser implantadas em menos de um mês. E a diminuição do número absoluto de lavagens foi observada em um mês após a implantação.

Fase Controlar: Nessa fase foi possível evidenciar uma queda acentuada na quantidade de lavagens de reatores. Percebeu-se que a média antes das mudanças era de 19 lavagens por mês e após as mudanças passou a 13, ultrapassando a meta a ser alcançada, que era de reduzir em 20% o número de lavagens. Isso representou um aumento de capacidade de produção de 2,7%.

Como conclusão, verificou-se que a aplicação da metodologia DMAIC do Seis Sigma foi de grande valia para a empresa, e que a utilização do Pensamento Sistêmico dentro da etapa Definir foi extremamente útil na determinação do escopo do projeto e na busca de pontos de alavancagem não óbvios para a melhoria.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia da pesquisa se baseia no estudo de caso a ser apresentado. Inicialmente se apresenta a estrutura da empresa, e o problema a ser abordado.

Os conceitos que serão abordados serão do método de solução DMAIC, que, conforme foi citado anteriormente consiste em definir, medir, analisar, melhorar e controlar o processo.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Objeto de Estudo

O estudo de caso deste trabalho foi um Projeto Seis Sigma implementado em uma grande empresa nacional de Engenharia e Construção para a redução das perdas de embarque para as plataformas.

A referida empresa tem cerca de 4000 empregados no país, e é uma das maiores empresas nacionais. Possui quatro grandes divisões de negócios, divididas em: Equipamentos e Sistemas Elétricos; Construções e Montagens; Geração e Equipamentos Pesados; e Óleo e Gás. A sinergia entre suas divisões é o seu grande diferencial competitivo. E a empresa acredita que a estratégia Seis Sigma é, sem dúvida, o caminho para se alcançar com sucesso o status de Empresa Classe Mundial.

Esta empresa presta serviços *offshore* à Petrobras, e, portanto, seus funcionários precisam embarcar nas plataformas para a execução dos mesmos. Quando um ou mais funcionários dessa empresa deixam de embarcar por determinado motivo, isso gera um custo muito alto para a empresa. Além do trabalho que este funcionário deixa de exercer, esta ausência também pode comprometer o trabalho de toda uma equipe.

Além disso, as perdas de embarque constituem faltas contratuais passíveis de multa e de pontuação negativa no sistema de avaliação da Petrobras, denominado BAD (Boletim de Avaliação de Desempenho), o que pode acarretar até em suspensão da empresa.

O objetivo do projeto foi eliminar as causas-raiz dessas perdas, aumentando assim a capacidade do processo, e conseqüentemente, diminuindo os gastos gerados em decorrência dessas perdas.

O contrato da empresa em questão era de prestação de serviços de manutenção industrial, planejamento, projeto de engenharia, preparação para instalação e instalação de modificações em oito plataformas do Ativo de Produção Nordeste da Unidade de Negócios da Bacia de Campos. São elas:

- PPG-1 A/B (Plataformas Pargo A e B)
- PCP-1/2/3 (Plataformas Carapeba 1, 2 e 3)
- PVM-1/2/3 (Plataformas Vermelho 1, 2 e 3)

O funcionamento dessas plataformas é integrado, e se realiza da seguinte forma:

PCP-2 e PCP-3 passam sua produção para a PCP-1, que repassa para a PPG-1 A.

PVM-3 passa para a PVM-2, que por sua vez passa para PVM -1, e esta para PPG-A.

E, por fim, PPG-1 B passa sua produção para PPG-1 A.

Vale ressaltar que PPG-1 A escoar toda essa produção para a Plataforma de Garoupa (PGP-1), uma das mais importantes da Bacia de Campos, visto que é para onde é escoada a produção de muitas outras plataformas.

Este processo pode ser mais bem entendido através da figura 9.

Em suma, toda a produção do Ativo Nordeste é escoada via a Plataforma de Pargo PPG-1 A. Desta forma, uma parada em Pargo causa uma parada em todas as plataformas satélites (PCP-1/2/3 e PVM-1/2/3)

Portanto, o estudo se concentrou nas Plataformas PPG-1 A/B, e as melhorias decorrentes deste estudo foram estendidas a todas as outras plataformas do Ativo Nordeste.

Sabe-se que para o atendimento de cada plataforma demanda uma média de embarques/mês de aproximadamente 50 funcionários.

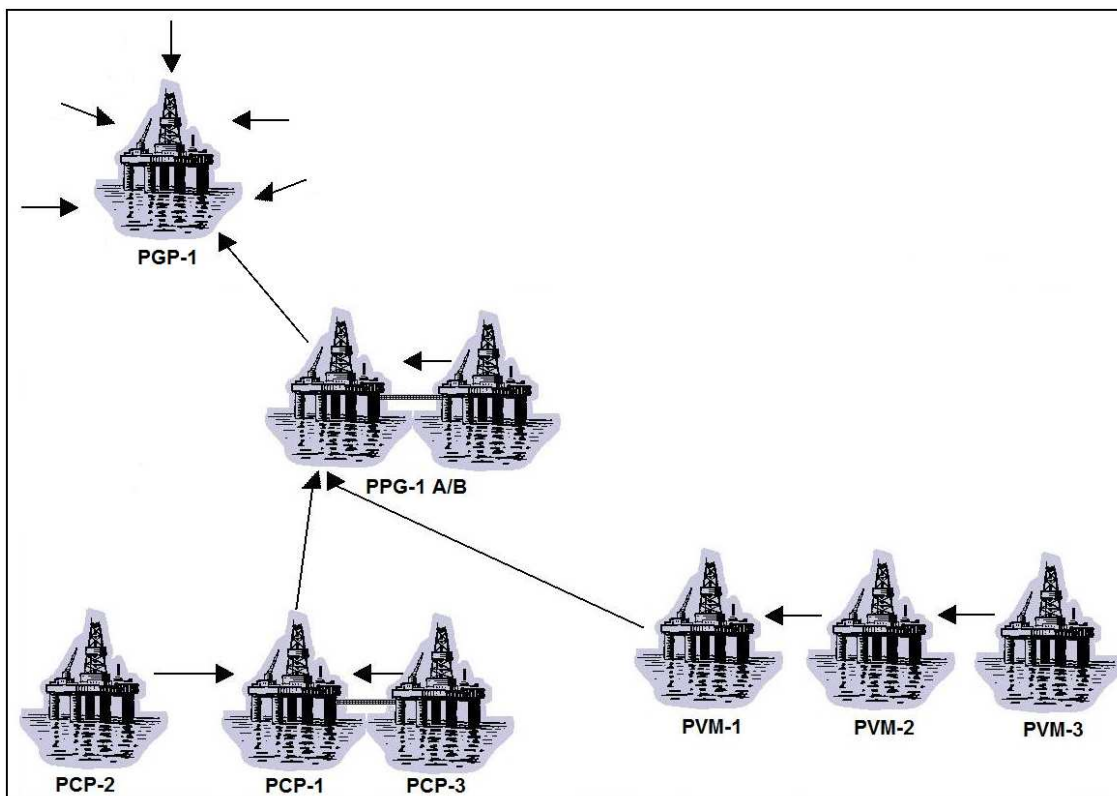


Figura 9: Diagrama de funcionamento do Ativo Nordeste. Elaborado a partir da figura disponível em: <<http://www.campo.org.br/imagens/desenho%20plataforma%20petroleo.JPG>>.

5.2 Programa Seis Sigma

A iniciativa de implantar o Programa Seis Sigma na empresa partiu da alta gerência. E a motivação pelo Projeto de Redução do Índice de Perdas de Embarque foi o *saving* que seria gerado com isso.

5.2.1 Treinamento

A primeira etapa para implantação do Programa Seis Sigma na empresa foi o treinamento do pessoal. A empresa contava com 981 funcionários ligados ao setor de Óleo e Gás, no qual foi implementado o projeto.

O Gerente Base desse segmento recebeu o treinamento necessário para ser o *Champion* do Projeto. A duração do treinamento foi de 2 dias.

O Master Black Belt (MBB) não faz parte da equipe, e prestou consultoria à empresa. O treinamento que o MBB recebeu para assumir esta função teve duração de 6 meses.

Foram selecionados dois gerentes, que receberam treinamento intensivo para Black Belt (BB) com duração de 2 meses.

A empresa contou ainda com a formação de 60 Green Belts (GB).

Além disso, toda a *front-line* da empresa recebeu treinamento básico em Seis Sigma. Os 918 funcionários receberam treinamento durante 2 dias.

5.2.2 Metodologia DMAIC

Para a solução do problema de perda de embarque o método utilizado foi o DMAIC, e suas etapas serão descritas a seguir:

5.2.2.1 D – Define

Nesta fase foi feita a seleção do projeto. O primeiro passo foi o mapeamento do processo, o que permitiu à empresa conhecer de forma mais detalhada a sequência de atividades realizadas até o embarque, conforme pode ser visto no Anexo A.

De forma geral, as etapas do embarque são:

- 1) Recebimento da Solicitação de Embarque (SE);
- 2) Emissão da Requisição de Transporte (RT);

- 3) Autorização gerada pela Petrobras;
- 4) Confirmação com os funcionários;
- 5) Caso seja necessário, reprogramação;
- 6) Embarque.

5.2.2.2 M - Measure

Nesta etapa foi medida a capacidade do processo, ou seja, foi medida a sua capacidade em atender seus requisitos. Foi feito um estudo acerca do número de embarques programados e do número de embarques reais das duas plataformas: PPG-1 A e PPG-1 B. Este resultado pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3: Número de Embarques Programados e Perdas de Embarque na Plataforma PPG-1 A/B antes do Projeto Seis Sigma

PPG-1 A/B								
	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Total	Média
Embarques Programados	97	100	102	99	98	103	599	99,8333
Perdas de Embarque	5	3	7	4	6	6	31	5,1667

Observa-se que o índice de perdas de embarque é de 5,1752%. Este índice está muito alto, e gera um valor de DPMO igual a 51.752. O nível sigma do processo é calculado através da Função Normal Inversa Padrão, que não pode ser expressa através de funções elementares. A Função Normal Inversa Padrão é a inversa da Função Distribuição Normal Padrão, dada pela equação 1.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde μ é a média, e σ é o desvio padrão. Essa distribuição é simétrica acerca de seu valor médio.

Calculando com o Microsoft Excel, utiliza-se o comando $=INV.NORMP(1-DPMO/1.000.000) + 1,5$. E para o DPMO encontrado, o nível sigma é 3,13.

Este valor também pode ser visto de forma aproximada no Apêndice A, que foi elaborado no Excel através deste mesmo comando.

5.2.2.3 A – Analyze

Com os dados obtidos, pode-se constatar que o número de perdas de embarque está muito alto, o que gera um nível sigma baixo. O próximo passo foi montar o Diagrama de Ishikawa para que se pudesse chegar às causas raiz do problema encontrado. Este diagrama pode ser observado na figura 10.

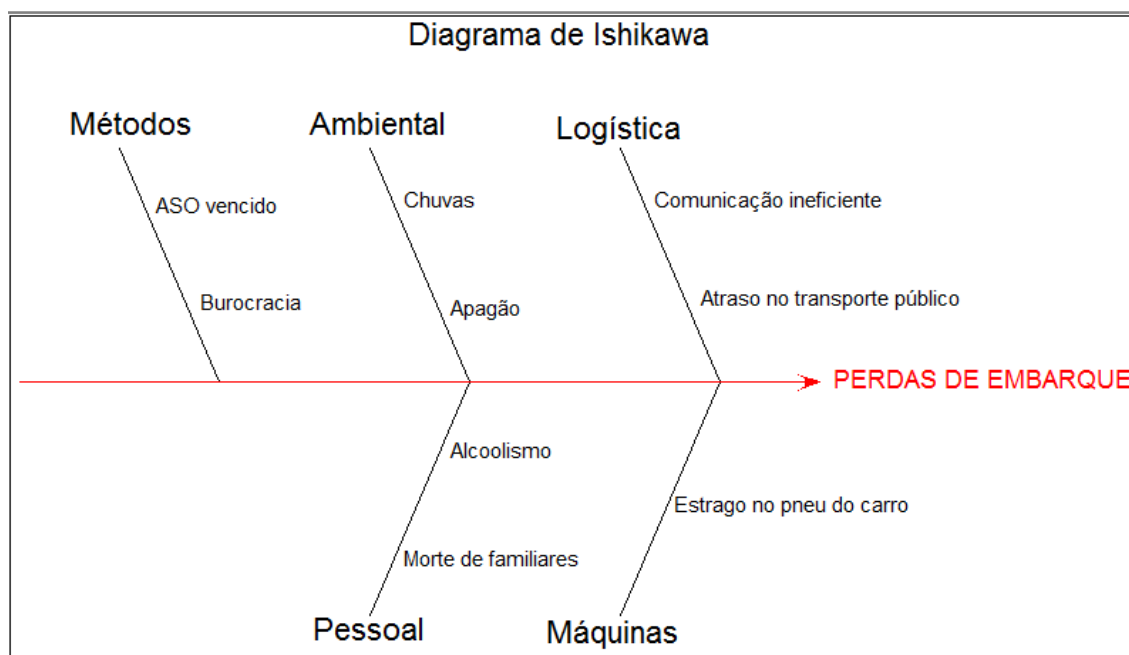


Figura 10: Diagrama de Ishikawa para as Perdas de Embarque.

A seguir fez-se um diagrama de Pareto para poder classificar e priorizar as causas causadoras do problema. O resultado pode ser visto na figura 11:

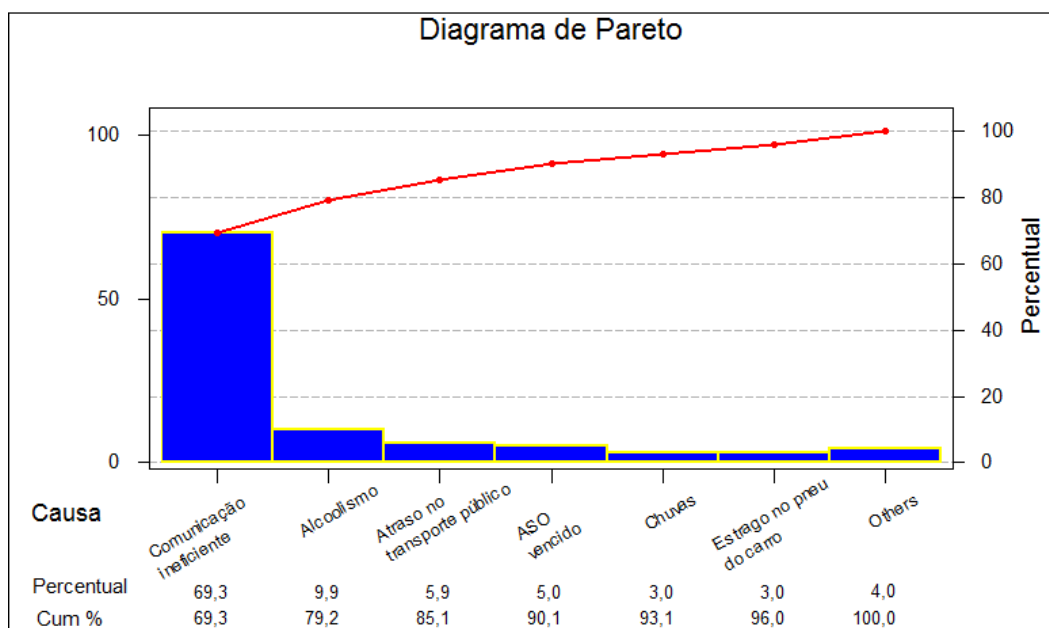


Figura 11: Diagrama de Pareto para as Perdas de Embarque

Com isto, constatou-se que a causa principal das perdas de embarque era a comunicação ineficiente, ou seja, o funcionário, por qualquer motivo, sabia previamente que não poderia embarcar, mas não conseguia comunicar isto à empresa. Outra causa relevante era que só havia três pontos em que o funcionário poderia pegar a condução da empresa até o aeroporto. Muitos funcionários deixavam de embarcar devido à dificuldade de se locomover até algum desses pontos.

5.2.2.4 I – Improve

A causa raiz do problema de perda de embarque escolhida para a implantação de melhorias foi a logística ineficiente, que abrange a falha na comunicação funcionário x empresa e a dificuldade de locomoção até a condução que leva os funcionários ao ponto de embarque. Além disso, foi implantado um serviço de Stand By para, caso seja necessário, suprir a demanda de serviço gerada pelas faltas.

i) **Comunicação Ineficiente**

Como o problema da comunicação ineficiente estava provocando uma grande ocorrência de perdas de embarque, a primeira providência tomada pela empresa

foi a instalação de uma linha telefônica 0800 para que os funcionários pudessem comunicar qualquer problema com antecedência de forma gratuita.

E para incentivar essa comunicação prévia, foi implantado também um sistema conhecido como *penalty x bônus*, no qual o empregado recebe penalidades quando comete algum erro e é premiado com um bônus quando as metas declaradas pela empresa são alcançadas. Neste caso, se a ausência fosse justificada com antecedência este funcionário não seria penalizado.

ii) Transporte Ineficiente

Para resolver o problema do transporte ineficiente, foi aumentada a flexibilidade do serviço de condução. O número de pontos de embarque na condução aumentou, e, além disso, foi criado um serviço de transporte especial para aqueles funcionários com dificuldade maior de locomoção. Foram disponibilizados dois carros com motorista para buscá-los em suas residências.

iii) Stand By

Para que não ocorressem mais perdas de embarque devido a falta de pessoal, foram colocados funcionários em Stand By, ou seja, funcionários que, se for necessário, podem embarcar para executar o serviço daqueles que não puderam ir. O número de funcionários em Stand By variou de acordo com a função.

Para comprovar que com estas medidas a incidência de perdas diminuiu, foi feito um novo estudo do número de embarques programados e reais das duas plataformas: PPG-1 A e PPG-1 B. Este resultado pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4: Número de Embarques Programados e Perdas de Embarque na Plataforma PPG-1 A/B após o Projeto Seis Sigma

PPG-1 A/B								
	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Total	Média
Embarques Programados	101	99	98	103	102	98	601	100,1667
Perdas de Embarque	1	0	2	0	0	0	3	0,5000

Observa-se que o índice de perdas de embarque sofreu uma redução considerável, passando de aproximadamente 5,17% para aproximadamente 0,5%. Este é um índice considerado bom para a empresa, e gera um valor de DPMO aproximado de 4.992. O novo nível sigma do processo é 4,08.

5.2.2.5 C – Control

Após a implantação das melhorias citadas anteriormente, criou-se um plano de controle contínuo para a verificação das mudanças geradas, e o mapa do processo foi refeito, para que fossem incluídas as melhorias implantadas no projeto. Este novo mapa pode ser visto no Apêndice B.

De forma geral, as etapas do embarque agora são:

- 1) Recebimento da Solicitação de Embarque (SE);
- 2) Emissão da Requisição de Transporte (RT);
- 3) Autorização gerada pela Petrobras;
- 4) Confirmação com os funcionários;
- 5) Verificação da necessidade de transporte especial;
- 6) Caso seja necessário, providenciar transporte especial;
- 7) Verificação se o funcionário teve algum problema;
- 8) Caso seja necessário, substituir o funcionário;
- 9) Embarque.

5.2.3 Ganhos com a Implantação do Projeto

Para se ter uma visão do impacto que este Projeto gerou nos lucros, deve ser feita uma análise dos custos envolvidos na sua implantação, e a economia gerada por ele.

5.2.3.1 *Custo do Projeto*

Os custos do projeto foram os gastos para implantar as melhorias.

- i) Comunicação – Para resolver o problema de comunicação foi implantada uma linha 0800, a um custo mensal de R\$ 800,00.
- ii) Transporte – Para o transporte especial foram locados dois carros com motorista, a um custo mensal total de R\$ 3200,00. Já a mudança na rota não agregou custos ao Projeto.
- iii) Stand By por função – O Stand By gerou um aumento de 2% na folha de pagamento. Como a média de salário dos funcionários é em torno de R\$ 4.000,00, este aumento na folha foi de aproximadamente R\$ 8.000,00.

O custo total do Projeto, então, é de R\$ 12.000,00 ao mês.

5.2.3.2 *Custo Padrão por Perda de Embarque*

Os custos decorrentes da perda de embarque podem ser divididos em duas categorias: intangíveis e tangíveis.

i) Custos Intangíveis

São considerados custos intangíveis aqueles que de alguma forma influenciam o lucro do processo, mas não são possíveis de mensurar. Como exemplo destaca-se:

- Satisfação do cliente;
- Perda de novos contratos, visto que com a nota ruim no sistema, a contratante pode vir a escolher outras empresas;
- Perda de cadastro para futuras licitações do Sistema Petrobras, já que de acordo com a pontuação no BAD, a empresa pode ser suspensa do sistema por determinado período de tempo;

ii) Custos Tangíveis

Os custos tangíveis são aqueles capazes de mensuração, como:

– A multa gerada pela contratante devido à falta do funcionário é de R\$160,00/dia/funcionário. Totalizando, em um mês, um custo de R\$2.400,00 por funcionário.

– O custo do voo, de R\$ 900,00/passageiro.

– AS (Autorização de Serviço) perdida. Este cálculo é feito pela média histórica de perdas em prazo e faturamento da seguinte forma:

Considerando que o faturamento mensal médio em Pargo é de R\$1.000.000,00 com uma média de 20 AS's em andamento, temos uma média de faturamento por AS de R\$50.000,00/AS*mês. Como uma equipe é composta, geralmente, por 8 funcionários. Então, a perda por funcionário por AS é de aproximadamente R\$6250,00.

Portanto, chegou-se ao resultado de um custo padrão por perda de embarque de um funcionário de aproximadamente R\$ 9550,00.

5.2.3.3 Resultados

Considerando o primeiro semestre analisado, onde ocorreram 31 perdas de embarque, o custo que a empresa teve foi de aproximadamente R\$296.050,00

Já no segundo semestre, após o Projeto Seis Sigma, o custo das perdas foi de R\$28.650,00. Como o Projeto tem um custo mensal de R\$12.000,00, conclui-se que o *saving* gerado no primeiro semestre após a implantação do projeto foi de R\$195.400,00. O que produz uma economia anual de R\$390.800,00 em média.

Com o projeto sendo estendido a todo o Ativo Nordeste, composto por 8 plataformas, a economia anual será de aproximadamente R\$1.563.200,00.

Considerando um horizonte de 5 anos, estima-se uma economia de aproximadamente R\$ 7,8 milhões.

Além disso, há os ganhos intangíveis, como a satisfação do cliente, e os novos contratos que a empresa pode vir a fazer, em decorrência de ter prestado o serviço de forma satisfatória.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foi visto um exemplo de aplicação do Seis Sigma. Este exemplo dá apenas uma pálida ideia do potencial desta metodologia. Se olharmos as empresas *benchmark* na área, como a GE, que em apenas um ano teve retorno de investimentos de US\$750 milhões, ou a AlliedSignal, que em um ano economizou mais de US\$600 milhões, conforme mencionado por Pande *et al.* (2001), vemos que no Brasil, apesar do Seis Sigma já ser uma realidade, ainda estamos longe de alcançar a maturidade encontrada em outros países.

Pode-se analisar também, que o Seis Sigma não é apenas um modismo, e sim uma abordagem concreta, baseada em ferramentas estatísticas e da qualidade, e que gera uma nova forma de enxergar o processo. Seu foco é eliminar os defeitos ou falhas, para obter resultados de forma direta, principalmente financeiros.

Além disso, este trabalho mostrou que o Seis Sigma pode ser aplicado com sucesso no setor de serviços, e não apenas em empresas manufatureiras. Neste aspecto, muitas empresas, de diferentes portes e segmentos, vêm tendo sucesso com sua implantação, e com isso, estão garantindo sua permanência no mercado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Adélia Maria Dal-Cere Paes de *et al.* **O uso de ferramentas de qualidade para conhecimento analítico do processo de devolução de produtos em um centro de distribuição.** Anais em mídia eletrônica do IV EMEPRO – Encontro Mineiro de Engenharia de Produção. Ouro Preto, 2008.

ANDRIETTA, João Marcos e MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil:** resultados de um levantamento tipo *survey* exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. Revista Gestão da Produção, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 203-219, maio/ago, 2007.

ARAUJO, Cesar Augusto Campos de e RENTES, Antonio Freitas. **A metodologia Kaizen na condução de Processos de Mudança em Sistemas de Produção Enxuta.** Revista Gestão Industrial, São Paulo, v. 02, n. 02: p. 133-142, 2006.

Bacia de Campos - A maior reserva de petróleo do Brasil. Disponível em <http://www2.petrobras.com.br/Petrobras/portugues/plataforma/pla_bacia_campos.htm>, acessado em 22 de outubro de 2009.

BAGNOLI, Alexandre Cunha. **Seleção de Projetos Seis Sigma:** uma análise de benchmark. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia de Produção, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2008.

BAÑUELAS, R.; ANTONY, J. **Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations.** *The TQM Magazine*, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2002.

BEHARA, R. S.; FONTENOT, G. F.; GRESHAM, A. **Customer satisfaction measurement and analysis using six sigma.** *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 12, n. 3, p. 9-18, 1995.

CIACCIA, Vicente. **Aplicação do Seis Sigma: Um caso na Indústria Química.** Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Engenharia de Produção, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2004.

Exemplo de Diagrama de Pareto. Disponível em <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/eder_silva_e_erico_machado/fig_06.jpg>, acessado em 14 de outubro de 2009.

FARIA, A. F. *et al.* **Gestão por processos aplicada em estruturas de *contact center***. Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, 2006.

FERREIRA, Natália. **A melhoria contínua através do Ciclo PDCA**. Disponível em <<http://blog.campe.com.br/a-melhoria-continua-atraves-do-ciclo-pdca/>>, acessado em 10 de agosto de 2009.

FIGUEIREDO, Thiago Gomes e BORGES, Marcos Martins. **Seis Sigma como Estratégia para Redução de Custos: Estudo de Caso Sobre a Redução de Consumo de Óleo Sintético**. Juiz de Fora.

FIGUEIREDO, Marcelo Gonçalves *et al.* **Reestruturação produtiva na Bacia de Campos: a terceirização e suas implicações para o trabalho petrolífero *offshore***. Anais em mídia eletrônica do XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2005.

Figura de plataforma. Disponível em <<http://www.campo.org.br/imagens/desenho%20plataforma%20petroleo.JPG>>, acessado em 13 de outubro de 2009.

Fluxograma de Análise de Processo. Disponível em <<http://www.portaldadministracao.org/tag/fluxograma+de+an%C3%A1lise+de+processo>>, acessado em 10 de agosto de 2009.

HENDERSON, M. H.; EVANS, J. R. **Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company**. *Benchmarking: An International Journal*, v. 7, n. 4, p. 260-281, 2000.

JANSEN, Leila Keiko Casegusuco e JANSEN, José Ulisses. **Pensamento Sistêmico em Projetos Seis Sigma: Buscando Mudanças de Alta Alavancagem**. Anais em mídia eletrônica do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, 2007.

JURAN, Joseph M. **Qualidade no século XXI**. *HSM Management*, v 03, julho/agosto, 1997.

LIZARELLI, Fabiane Letícia *et al.* **Análise das Similaridades e Diferenças entre as Diferentes Abordagens para Melhoria**. Anais em mídia eletrônica do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, 2007.

Lean Six Sigma. Disponível em <<http://www.rioconsulting.com.br/lean.html>>, acesso em 10 de agosto de 2009.

MAGALHÃES, Saulo Santos e FIGUEIREDO, Veruschka Franca de. **Fatores Críticos para Implementação de Seis Sigma em Pequenas e Médias Empresas da Cadeia Produtiva de Petróleo e Gás.** Anais em mídia eletrônica do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, 2007.

MOTA, Daniel de Oliveira. **Aplicação de ferramentas de qualidade (*six-sigma*) em um projeto de balanceamento de produção.** Anais em mídia eletrônica do III EMEPRO – Encontro Mineiro de Engenharia de Produção. Belo Horizonte, 2007.

PANDE, P.S., NEUMAN R. P., CAVANAGH R. R. **Estratégia seis sigma. Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho.** Rio de Janeiro: QUALITYMARK, 2001.

PINTO, Virgínia Bentes. **Informação: a chave para a qualidade total.** Revista Ciência da Informação, Brasília, pág. 133-137, maio/agosto, 1993.

REDE PETROGAS. **Diagnóstico Empresarial da Cadeia Produtiva de Petróleo e Gás.** 2006.

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

SENAPATI, S. R. **Six Sigma: myths and realities.** *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 21, n. 6, p. 683-690, 2004.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. e ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo.** Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1992.

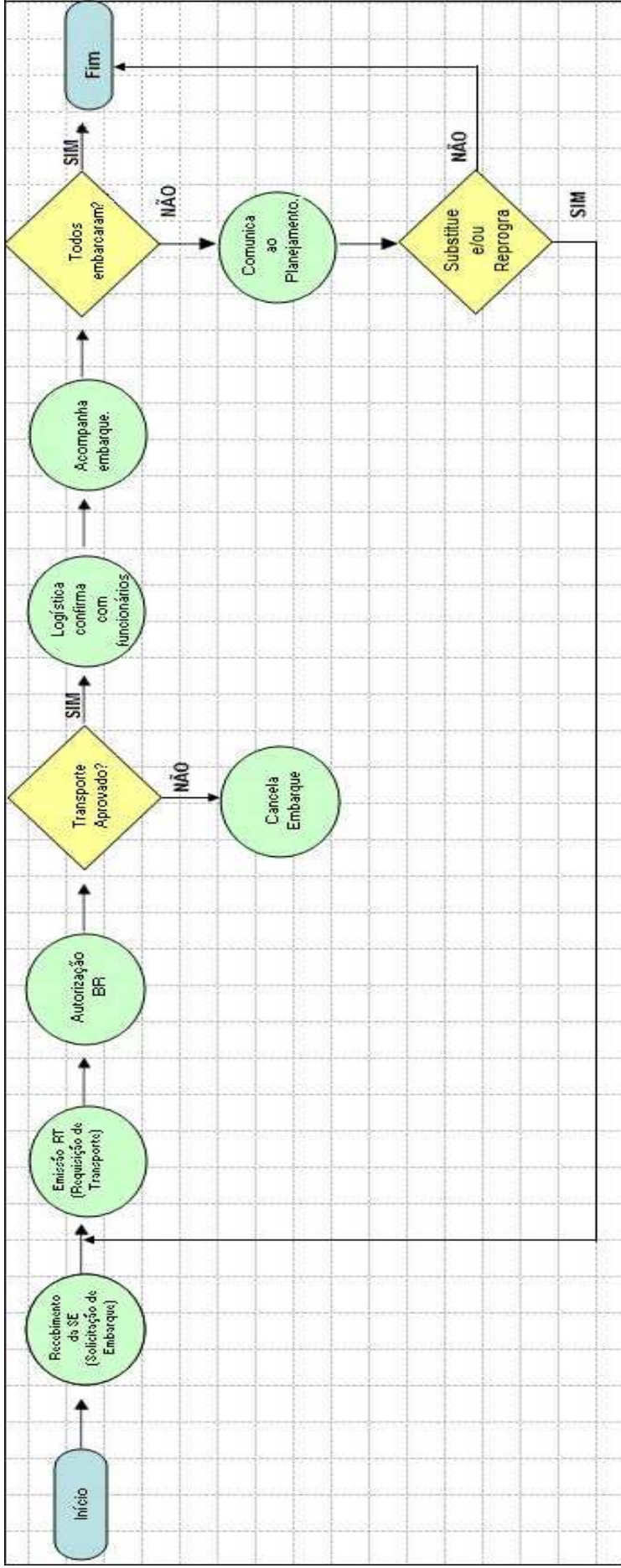
WOMACK, J. P. e JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** 4a Edição. Rio de Janeiro, 1998.

APÊNDICE A – Tabela com valores de Sigma e DPMO

Sigma	DPMO	Sigma	DPMO	Sigma	DPMO
-6	1000000,00	-2	999767,37	2	308537,54
-5,9	1000000,00	-1,9	999663,07	2,1	274253,12
-5,8	1000000,00	-1,8	999516,58	2,2	241963,65
-5,7	1000000,00	-1,7	999312,86	2,3	211855,40
-5,6	1000000,00	-1,6	999032,40	2,4	184060,13
-5,5	1000000,00	-1,5	998650,10	2,5	158655,25
-5,4	1000000,00	-1,4	998134,19	2,6	135666,06
-5,3	1000000,00	-1,3	997444,87	2,7	115069,67
-5,2	1000000,00	-1,2	996533,03	2,8	96800,48
-5,1	1000000,00	-1,1	995338,81	2,9	80756,66
-5	1000000,00	-1	993790,33	3	66807,20
-4,9	1000000,00	-0,9	991802,46	3,1	54799,29
-4,8	1000000,00	-0,8	989275,89	3,2	44565,46
-4,7	1000000,00	-0,7	986096,55	3,3	35930,32
-4,6	1000000,00	-0,6	982135,58	3,4	28716,56
-4,5	1000000,00	-0,5	977249,87	3,5	22750,13
-4,4	1000000,00	-0,4	971283,44	3,6	17864,42
-4,3	1000000,00	-0,3	964069,68	3,7	13903,45
-4,2	999999,99	-0,2	955434,54	3,8	10724,11
-4,1	999999,99	-0,1	945200,71	3,9	8197,54
-4	999999,98	0	933192,80	4	6209,67
-3,9	999999,97	0,1	919243,34	4,1	4661,19

-3,8	999999,94	0,2	903199,52	4,2	3466,97
-3,7	999999,90	0,3	884930,33	4,3	2555,13
-3,6	999999,83	0,4	864333,94	4,4	1865,81
-3,5	999999,71	0,5	841344,75	4,5	1349,90
-3,4	999999,52	0,6	815939,87	4,6	967,60
-3,3	999999,21	0,7	788144,60	4,7	687,14
-3,2	999998,70	0,8	758036,35	4,8	483,42
-3,1	999997,89	0,9	725746,88	4,9	336,93
-3	999996,60	1	691462,46	5	232,63
-2,9	999994,59	1,1	655421,74	5,1	159,11
-2,8	999991,46	1,2	617911,42	5,2	107,80
-2,7	999986,65	1,3	579259,71	5,3	72,35
-2,6	999979,34	1,4	539827,84	5,4	48,10
-2,5	999968,33	1,5	500000,00	5,5	31,67
-2,4	999951,90	1,6	460172,16	5,6	20,66
-2,3	999927,65	1,7	420740,29	5,7	13,35
-2,2	999892,20	1,8	382088,58	5,8	8,54
-2,1	999840,89	1,9	344578,26	5,9	5,41
				6	3,40

ANEXO A – Mapa do Processo antes do Projeto Seis Sigma



ANEXO B – Mapa do Processo após o Projeto Seis Sigma

