

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE**  
**DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

**SEIS SIGMA: FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO DE SUA IMPLANTAÇÃO E  
IMPACTO SOBRE DESEMPENHO ORGANIZACIONAL**

**Samir Trad**

**Orientador: Prof. Dr. Antonio César Amaru Maximiano**

**SÃO PAULO**

**2006**

Profa. Dra. Suely Vilela  
Reitora da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Carlos Roberto Azzoni  
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Isak Kruglianskas  
Chefe do Departamento de Administração

Prof. Dr. Lindolfo Galvão de Albuquerque  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Administração

**SAMIR TRAD**

**SEIS SIGMA: FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO DE SUA IMPLANTAÇÃO E  
IMPACTO SOBRE DESEMPENHO ORGANIZACIONAL**

Dissertação apresentada ao Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Administração.

**Orientador: Prof. Dr. Antonio César Amaru Maximiano**

**SÃO PAULO**

**2006**

Trad, Samir

Seis sigma: fatores críticos de sucesso de sua implantação e impacto sobre desempenho organizacional / Samir Trad.

– São Paulo, 2006.

177 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2006

Bibliografia

1. Desempenho organizacional 2. Eficácia organizacional  
3. Administração da qualidade 4. Eficiência organizacional I.  
Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. II. Título.

CDD – 389.63

**A Stella,  
querida esposa,  
companheira de jornada.**



**Agradeço primeiramente a Deus, pela existência e amparo invisível. Agradeço a meus pais pela vida e cuidados que me proporcionaram. Agradeço a minha esposa Stella, companheira de jornada que me deu o apoio necessário para completar este trabalho. Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Cesar Amaru Maximiano, pelo suporte e orientação, essenciais para o desenvolvimento desta obra. Agradeço aos colegas e professores da FEA com quem tive oportunidade de conviver durante um período prazeroso. Em particular, agradeço ao Prof. Dr. Silvio Aparecido dos Santos e aos colegas Márcio Shoiti Kuniyoshi e Marisa Villas Bôas Dias pelas animadas discussões sobre o escopo deste trabalho. A etapa de pesquisa exigiu, como esperado, período de intenso trabalho e muitos contatos com profissionais experientes numa área específica de atuação. Agradeço ao amigo e antigo colega de trabalho Eng. Aparecido Schmidt Simões por tornar essa etapa menos árdua e pelas ricas contribuições a este trabalho. Agradeço igualmente ao meu professor de formação nos conceitos Seis Sigma, Roberto Colacioppo, pelas contribuições dadas e por me colocar em contato com diversos profissionais da área. Agradeço à Profa. Dra. Júlia Maria Pavan Soler pelo apoio e suporte à parte estatística e metodológica deste trabalho. Finalmente, agradeço ao Prof. Dr. Alonso Mazini Soler pelo inesgotável interesse e apoio acadêmico. Suas contribuições foram de enorme valia durante o desenvolvimento deste trabalho até sua conclusão.**





## RESUMO

Esta dissertação teve por objetivos principais investigar os fatores críticos de sucesso para implantação do programa Seis Sigma nas empresas, bem como o impacto desse programa no desempenho operacional, na satisfação dos clientes e na construção de uma cultura organizacional voltada para a qualidade. Em adição, procurou-se investigar relações entre aspectos como percepção de sucesso alcançado pelas empresas que implantaram o Seis Sigma; tamanho e nacionalidade das empresas; tempo de implantação do Seis Sigma e de treinamento continuado; nível de comunicação entre os profissionais; regime de dedicação de tempo dos Black Belts; taxa de conclusão de projetos, sua duração e economia gerada. Os dados foram coletados em questionário na Internet, distribuído por correio eletrônico e em fóruns de discussão envolvendo profissionais do Seis Sigma. O desenvolvimento do questionário envolveu pesquisa bibliográfica e entrevistas com profissionais experientes do Seis Sigma. Os resultados indicaram oito fatores considerados críticos para o sucesso na implantação do Seis Sigma: (a) Liderança, (b) Projetos, (c) Treinamento, (d) Comunicação e Revisão, (e) Processo Gerencial, (f) Perfil dos Black Belts, (g) Equipe de Projetos e (h) Iniciativas Prévias de Qualidade. Foram também identificados aspectos que tiveram melhoria após a implantação do programa Seis Sigma nas três áreas de interesse.



## **ABSTRACT**

*The main objective of this research was to investigate the critical success factors to implement Six Sigma in organizations, as well as the impact of Six Sigma on operating performance, customer satisfaction and organizational quality culture. Besides that, a secondary objective was to investigate the relationship between aspects like success perception among those companies which implemented Six Sigma, company size, company nationality, Six Sigma time of implementation, continuous training, communication level between professionals, full-time and part-time Black Belts, project completion, project duration and project savings. Data was collected through an Internet questionnaire, distributed by email and sent to discussion groups involving Six Sigma professionals. Questionnaire development has included literature review and interviews with experienced Six Sigma professionals. Results have indicated eight critical success factors to Six Sigma implementation: (a) Leadership, (b) Projects, (c) Training, (d) Communication and Review, (e) Managerial Process, (f) Black Belts Profile, (g) Project Teams and (h) Previous Quality Initiatives. Moreover, several aspects were identified to be enhanced after Six Sigma implementation in the three areas of interest.*



## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	3
LISTA DE QUADROS .....	4
LISTA DE TABELAS .....	5
LISTA DE GRÁFICOS .....	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	8
1 O PROBLEMA DE PESQUISA .....	9
1.1 Introdução .....	9
1.2 Definição da situação problema .....	9
1.3 Questões da Pesquisa .....	13
1.4 Definições Teóricas e Operacionais Relevantes .....	13
1.5 Objetivos da Pesquisa .....	14
1.6 Pressupostos Conceituais .....	15
1.7 Delimitação da Pesquisa .....	15
1.8 Modelo Conceitual .....	16
1.9 Estrutura do Trabalho .....	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	19
2.1 Busca da Eficiência .....	19
2.1.1 Administração Científica .....	19
2.1.2 Sistema Toyota de Produção .....	21
2.1.3 Reengenharia .....	21
2.2 Seis Sigma .....	22
2.2.1 Os Profissionais do Seis Sigma .....	29
2.2.2 Métodos de Implantação do Seis Sigma .....	33
2.2.3 Método DMAIC .....	39
2.2.3.1 D – Definir .....	40
2.2.3.2 M – Medir .....	42
2.2.3.3 A – Analisar .....	42
2.2.3.4 I – Melhorar .....	44
2.2.3.5 C – Controlar .....	45
2.2.4 DFSS – <i>Design for Six Sigma</i> (Desenvolvimento para Seis Sigma) .....	46
2.2.5 Método DMADV para DFSS .....	48
2.2.6 Casos de Sucesso .....	49
2.2.6.6 Motorola .....	50
2.2.6.7 AlliedSignal .....	51
2.2.6.8 General Electric .....	52
3 METODOLOGIA DE PESQUISA .....	55
3.1 Método de Pesquisa .....	55
3.2 As Questões de Pesquisa .....	57
3.3 Desenvolvimento do Questionário .....	63
3.4 Validação do Questionário .....	64
3.4.1 Teste de Confiabilidade das Escalas de Medição .....	64
3.4.2 Teste de Validade do Instrumento de Medição .....	65
3.5 Definição do Universo de Pesquisa .....	68
3.6 Definição da Amostra de Pesquisa .....	68
3.7 Estratégia de Coleta de Dados .....	70
3.8 Tratamento dos dados .....	71
3.9 Limitações do Método de Pesquisa .....	72
3.10 Considerações Finais .....	73

4	RESULTADOS E ANÁLISE .....	75
4.1	Informação Geral sobre os Respondentes .....	75
4.1.1	Análise dos Dados Demográficos .....	76
4.1.1.9	Análise das Empresas dos Respondentes .....	77
4.1.1.10	Análise dos Respondentes .....	83
4.2	Confiabilidade das Escalas de Medição .....	87
4.3	Validade do Questionário.....	89
4.4	Primeira Questão de Pesquisa .....	90
4.4.1	Hipótese 1.....	91
4.4.2	Hipótese 2.....	93
4.4.3	Hipótese 3.....	95
4.4.4	Hipótese 4.....	96
4.4.5	Hipótese 5.....	97
4.4.6	Hipótese 6.....	98
4.4.7	Hipótese 7.....	99
4.4.8	Hipótese 8.....	100
4.4.9	Sumário da Primeira Questão de Pesquisa .....	102
4.5	Segunda Questão de Pesquisa .....	104
4.5.1	Hipótese 9.....	105
4.5.2	Hipótese 10.....	106
4.5.3	Hipótese 11.....	106
4.5.4	Sumário da Segunda Questão de Pesquisa .....	107
4.6	Questões Adicionais de Pesquisa .....	108
4.6.1	Questão Adicional 1 .....	109
4.6.2	Questão Adicional 2 .....	111
4.6.3	Questão Adicional 3 .....	111
4.6.4	Questão Adicional 4 .....	114
4.6.5	Questão Adicional 5 .....	115
4.6.6	Questão Adicional 6 .....	117
4.6.7	Questão Adicional 7 .....	119
4.6.8	Questão Adicional 8 .....	120
4.6.9	Questão Adicional 9 .....	121
4.6.10	Sumário das Questões Adicionais .....	122
5	CONCLUSÕES.....	125
6	REFERÊNCIAS .....	133
7	ANEXOS.....	139

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5W2H: what, who, when, where, why, how, how much  
BB: Black Belt  
CEO: chief executive office  
CTQ: critical to quality  
DFSS: design for Six Sigma  
DMADV: define, measure, analyze, design, validate  
DMAIC: define, measure, analyze, improve, control  
GB: Green Belt  
GE: General Electric  
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICQ: impacto na cultura de qualidade (uso específico nesta pesquisa)  
IOP: impacto na operação (uso específico nesta pesquisa)  
ISC: impacto na satisfação dos clientes (uso específico nesta pesquisa)  
ISO: International Organization for Standardization  
MBB: Master Black Belt  
PDCA: plan, do, check, act  
PDSA: plan, do, study, act  
PIB: produto interno bruto  
SPC: Statistical Process Control  
SPSS: Statistical Package for Social Science  
SQC: Statistical Quality Control  
TQM: Total Quality Management  
USD: United States dollar; US\$

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Sugestão para treinamento de papéis .....	33
Quadro 2 – Esquema geral da pesquisa.....	57
Quadro 3 – Proposta de Fatores Críticos de Sucesso para implantação do Seis Sigma.....	58
Quadro 4 – Elementos de medição para as áreas de impacto.....	61
Quadro 5 – Resumo das estimativas de confiabilidade.....	64
Quadro 6 – Resumo das estimativas de validade .....	66
Quadro 7 – Algumas das empresas a serem contatadas para seleção da amostra e o nível de acesso deste pesquisador ao contato responsável.....	69
Quadro 8 – Resumo da metodologia de pesquisa .....	73
Quadro 9 – Questões pesquisadas sobre os respondentes e suas empresas .....	76
Quadro 10 – Efeito dos testes de confiabilidade e validade sobre as variáveis – F1 a F4.....	156
Quadro 11 – Efeito dos testes de confiabilidade e validade sobre as variáveis – F5 a F8.....	157
Quadro 12 – Efeito dos testes de confiabilidade e validade sobre as variáveis das áreas de impacto .....	158



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Significado da Escala Sigma .....	29
Tabela 2 – Número de questões elaboradas para cada fator proposto e área de impacto .....	63
Tabela 3 – Comparativo da participação do PIB e localização das empresas por região .....	79
Tabela 4 – Tipos de projetos Seis Sigma conduzidos pelos respondentes .....	85
Tabela 5 – Áreas onde os respondentes aplicaram seus projetos Seis Sigma .....	86
Tabela 6 – Resultados das medidas de confiabilidade interna .....	88
Tabela 7 – Resultados das estimativas de validade de constructo .....	89
Tabela 8 – Estatísticas para fatores propostos com limites para média – 95% de nível de confiança .....	90
Tabela 9 – Resultados do Fator 1: Iniciativas Prévias de qualidade adotadas pela empresa ...	92
Tabela 10 – Resultados do teste-t pareado entre variável F1.7 e demais do Fator 1 .....	92
Tabela 11 – Comparativo das variáveis F8.5 e F8.6 conforme papel desempenhado no Seis Sigma.....	101
Tabela 12 – Resumo dos testes de hipóteses para os Fatores Críticos de Sucesso .....	102
Tabela 13 – Resumo dos fatores de sucesso por importância .....	103
Tabela 14 – Fatores de sucesso e áreas de impacto por importância relativa .....	103
Tabela 15 – Estatísticas para áreas de impacto com limites para média – 95% de nível de confiança .....	104
Tabela 16 – Resumo dos testes de hipóteses para impacto organizacional .....	107
Tabela 17 – Resumo das áreas de impacto por melhoria percebida.....	108
Tabela 18 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme tamanho da empresa.....	109
Tabela 19 – Resultados do teste LSD de Fischer para sucesso percebido do Seis Sigma conforme tempo de implantação para 95% de nível de confiança .....	112
Tabela 20 – Resumo das questões adicionais de pesquisa .....	123
Tabela 21 – Fóruns de discussão convidados para participar da pesquisa.....	150
Tabela 22 – Principal área de atividade das empresas dos respondentes.....	151
Tabela 23 – Número de funcionários nas empresas dos respondentes .....	151
Tabela 24 – Nacionalidade das empresas dos respondentes .....	151
Tabela 25 – Origem do capital das empresas dos respondentes .....	151
Tabela 26 – Tempo de implantação do Seis Sigma no local de trabalho.....	151
Tabela 27 – Localização das empresas dos respondentes nos estados da federação .....	152
Tabela 28 – Duração média dos projetos Seis Sigma nas empresas dos respondentes.....	152
Tabela 29 – Número de profissionais <i>Black Belts</i> e <i>Green Belts</i> nas empresas dos respondentes .....	152
Tabela 30 – Economia média anual em R\$ por projeto Seis Sigma nas empresas dos respondentes .....	152
Tabela 31 – Nível de educação formal dos respondentes .....	152
Tabela 32 – Área de formação dos respondentes .....	153
Tabela 33 – Papel dos respondentes no programa Seis Sigma .....	153
Tabela 34 – Tempo em que os respondentes desempenham o papel atual no programa Seis Sigma.....	153
Tabela 35 – Regime de dedicação de tempo entre os <i>Black Belts</i> .....	153
Tabela 36 – Tempo dedicado à função de <i>Black Belt</i> entre aqueles de regime parcial.....	153
Tabela 37 – Taxa anual de conclusão de projetos entre os <i>Black Belts</i> .....	153
Tabela 38 – Número de projetos Seis Sigma concluídos anualmente pelos respondentes ...	153
Tabela 39 – Cálculo detalhado de autovalores e cargas para os 11 constructos .....	159
Tabela 40 – Médias e Desvios-padrão para cada Variável do Questionário.....	160

Tabela 41 – Resultados do Fator 2: Liderança.....	161
Tabela 42 – Resultados do teste-t pareado entre variável F2.6 e demais do Fator 2 .....	161
Tabela 43 – Resultados do Fator 3: Processo Gerencial .....	161
Tabela 44 – Resultados do teste-t pareado entre variável F3.6 e demais do Fator 3 .....	162
Tabela 45 – Resultados do Fator 4: Perfil dos <i>Black Belts</i> .....	162
Tabela 46 – Resultados do teste-t pareado entre variável F4.6 e demais do Fator 4 .....	163
Tabela 47 – Resultados do Fator 5: Treinamento .....	163
Tabela 48 – Resultados do teste-t pareado entre variável F5.1 e demais do Fator 5 .....	163
Tabela 49 – Resultados do Fator 6: Projetos.....	164
Tabela 50 – Resultados do teste-t pareado entre variável F6.1 e demais do Fator 6 .....	164
Tabela 51 – Resultados do Fator 7: Equipes de Projetos .....	164
Tabela 52 – Resultados do teste-t pareado entre variável F7.2 e demais do Fator 7 .....	164
Tabela 53 – Resultados do Fator 8: Comunicação e Revisão .....	164
Tabela 54 – Resultados do teste-t pareado entre variável F8.4 e demais do Fator 8 .....	165
Tabela 55 – Resultados da Área de Impacto IOP: Operação .....	165
Tabela 56 – Resultados do teste-t pareado entre variável IOP12 e demais da Área IOP.....	165
Tabela 57 – Resultados da Área de Impacto ISC: Satisfação dos Clientes.....	166
Tabela 58 – Resultados do teste-t pareado entre variável ISC5 e demais da Área ISC .....	166
Tabela 59 – Resultados da Área de Impacto ICQ: Cultura de Qualidade.....	166
Tabela 60 – Resultados do teste-t pareado entre variável ICQ5 e demais da Área ICQ.....	166
Tabela 61 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme nacionalidade da empresa ....	168
Tabela 62 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme tempo de implantação do Seis Sigma.....	168
Tabela 63 – Novas estatísticas para percepção de sucesso conforme tempo de implantação do Seis Sigma .....	169
Tabela 64 – Tabulação da taxa de conclusão de projetos entre <i>Black Belts</i> de tempo integral e parcial .....	169
Tabela 65 – Tabulação da taxa de conclusão de projetos entre <i>Black Belts</i> de tempo integral e parcial – 2 .....	170
Tabela 66 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme comunicação entre <i>Black Belts</i> e Campeões.....	170
Tabela 67 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme comunicação entre <i>Black Belts</i> e membros das equipes de projetos .....	172
Tabela 68 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme comunicação entre Campeões e membros das equipes de projetos .....	172
Tabela 69 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme treinamento semanal das equipes de projeto.....	173
Tabela 70 – Resultados do teste LSD de Fischer para sucesso percebido do Seis Sigma conforme tempo de treinamento semanal das equipes de projeto para 95% de nível de confiança.....	173
Tabela 71 – Tabulação da duração média de projetos Seis Sigma conforme nacionalidade da empresa.....	174
Tabela 72 – Nova tabulação da duração média de projetos Seis Sigma conforme nacionalidade da empresa.....	174
Tabela 73 – Estatísticas para economia anual gerada por projetos Seis Sigma conforme nacionalidade da empresa.....	174
Tabela 74 – Estatísticas para economia anual gerada por projetos Seis Sigma conforme tempo de implantação do Seis Sigma.....	176

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico de caixa para economia gerada pelos projetos Seis Sigma.....	81
Gráfico 2 – Gráfico de caixa para economia gerada pelos projetos Seis Sigma sem valores aberrantes.....	82
Gráfico 3 – Gráfico e estatística para teste de distribuição normal de dados: economia gerada pelos projetos Seis Sigma – 55 dados originalmente fornecidos.....	154
Gráfico 4 – Gráfico e estatística para teste de distribuição normal de dados: economia gerada pelos projetos Seis Sigma – sem pontos aberrantes.....	155
Gráfico 5 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P1.....	167
Gráfico 6 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P2.....	167
Gráfico 7 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P3.....	168
Gráfico 8 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P3 com 2 grupos.....	169
Gráfico 9 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P5a.....	170
Gráfico 10 – Teste de distribuição normal de dados: percepção geral de sucesso.....	171
Gráfico 11 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P5b.....	171
Gráfico 12 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P5c.....	172
Gráfico 13 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P6.....	173
Gráfico 14 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P8.....	175
Gráfico 15 – Gráficos de caixa para economia gerada pelos projetos Seis Sigma em função da nacionalidade das empresas.....	175
Gráfico 16 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P9.....	176
Gráfico 17 – Gráficos de caixa para economia gerada pelos projetos Seis Sigma em função do tempo de implantação do programa.....	177

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Ilustração 1 – Modelo conceitual da pesquisa.....	16
Ilustração 2 – Etapas do trabalho de pesquisa.....	18
Ilustração 3 – Resumo histórico do Seis Sigma .....	24
Ilustração 4 – Dois níveis de variabilidade para uma mesma especificação.....	27
Ilustração 5 – Curva normal centrada no valor nominal .....	28
Ilustração 6 – Curva normal deslocada do valor nominal.....	28
Ilustração 7 – Ciclo PDSA: o ciclo de Shewhart de aprendizagem e melhoria .....	34
Ilustração 8 – Modelo de melhoria com ciclo PDSA.....	35
Ilustração 9 – Uso de múltiplos ciclos PDSA .....	35
Ilustração 10 – Metodologia M/PCpS para dois tipos de processos .....	37
Ilustração 11 – Método DMAIC .....	40
Ilustração 12 – Ciclo de análise de hipóteses para identificação de causas-raiz.....	43
Ilustração 13 – Componentes de influência no custo de produtos .....	47
Ilustração 14 – Método DMADV .....	49

## **1 O PROBLEMA DE PESQUISA**

### **1.1 Introdução**

A busca pela eficiência das operações tem ocupado administradores e pesquisadores como resposta aos desafios que têm surgido desde o início da era industrial. O cenário atual não deixa dúvidas de sua relevância. O ambiente de negócios está cada vez mais competitivo com clientes mais exigentes, informados e protegidos. O processo de globalização da economia, iniciado no final do século passado, acelerou as transformações sociais e econômicas na maior parte do mundo. A facilidade com que o capital pode migrar e a tênue fronteira entre os mercados acabam por submeter um maior número de empresas a um ambiente competitivo agressivo. A busca pela eficiência nunca esteve tão em evidência.

### **1.2 Definição da situação problema**

Desde a década de 1980 a força dominante na relação envolvendo fornecedores e clientes têm se deslocado a favor dos clientes – cada vez mais eles informam o que querem, como querem, quando e como querem e até quanto estão dispostos a pagar por bens e serviços (HAMMER e CHAMPY, 1994, p. 10). Esta é situação bem distinta do que se experimentou no mercado de produção em massa, onde os clientes podiam aceitar qualquer coisa por falta de alternativas: os clientes exigem produtos e serviços adaptados às suas necessidades (HAMMER e CHAMPY, *Ibid.*). A competição em busca do cliente tem levado as empresas a buscar formas de aprimorar a eficiência de suas operações e a qualidade de seus produtos e serviços.

Para aumentar sua competitividade, empresas aplicam diversos programas de qualidade e iniciativas como TQM, ISO, Produção Enxuta e outras. A preocupação com a qualidade, que tem sua origem no desenvolvimento da produção em massa e na migração das atividades essencialmente agrícolas para uma sociedade industrial (ECKES, 2001), teve grande impulso após a II Guerra Mundial. O ambiente de baixa demanda no Japão, no pós-guerra, levou um fabricante de automóveis e caminhões – a Toyota – a desenvolver um conceito novo para aumentar a eficiência das operações e permitir a continuidade do negócio: o Sistema Toyota

de Produção (OHNO, 1997). Esse sistema, apoiado na redução de várias formas de desperdício, contrastava com a abordagem americana de basear seus sistemas de qualidade em inspeções de grande escala: “Em vez da produção em massa de produtos ou peças, inspecionando-as ao final do processo, os fabricantes japoneses de automóveis estavam comprometidos com o aprimoramento contínuo dos produtos e dos processos de produção.” (ECKES, *Ibid.* p. 17).

No final dos anos 1980 surgiu nova abordagem no combate às ineficiências a partir da experiência bem sucedida em algumas grandes corporações como IBM e Ford, o que veio a se chamar de Reengenharia: reorganização da empresa em torno de seus processos de negócios para aumento drástico de desempenho (HAMMER, 1990). Com ênfase nos processos que agregam valor aos clientes, o redesenho organizacional permitiu a eliminação de desperdício na forma de pesadas estruturas funcionais, inchadas por décadas de especialização de tarefas, herança da administração científica (HAMMER e CHAMPY, 1994, p. 14-16).

Entretanto, o sucesso de ontem não é garantia do sucesso de amanhã. Segundo Pande *et al* (2000, p. 3), manter o sucesso alcançado tem sido mais desafiador para as lideranças empresariais que a própria questão de alcançar o sucesso<sup>1</sup>. Como resultado, as empresas continuam buscando meios de aumentar sua eficiência, a qualidade de seus produtos e serviços e de reduzir custos e desperdícios.

Ainda nos anos 1980, os conceitos de Deming sobre variabilidade de processos<sup>2</sup> influenciaram um engenheiro da Motorola, que procurou utilizá-los para melhorar o desempenho dos processos industriais a fim de enfrentar empresas concorrentes que fabricavam produtos de melhor qualidade a preços menores (ECKES, 2001 p. 19-20). A Motorola criou um programa interno que foi denominado de Seis Sigma cuja meta era reduzir a variabilidade dos processos de manufatura de forma a reduzir a ocorrência de defeitos para a ordem de 3,4 partes por milhão de oportunidades (3,4 ppm ou 0,00034%). A Motorola recebeu o Prêmio Malcolm Baldrige em 1988, o que divulgou o Seis Sigma como fator de sucesso: a partir de então, inúmeras outras empresas se interessaram por essa iniciativa (ECKES, *Ibid.*).

---

<sup>1</sup> “The most challenging question confronting business leaders and managers in the new millennium is not ‘How do we succeed?’ It’s: ‘How do we stay successful?’”

<sup>2</sup> Segundo Deming, todo processo produz resultados que variam dentro de certos padrões sendo, portanto, inerentes ao próprio processo.

Vale ressaltar que a adoção dos princípios contidos no Seis Sigma não implica, necessariamente, em melhorar processos até o nível de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades: pode-se operar em outros níveis da escala numérica como, por exemplo, 3 Sigma ou 4 Sigma. Segundo Adams *et al* (2003, p. 28-29) uma empresa denominada “Seis Sigma” é aquela que aceita seus princípios e conduz projetos – previamente selecionados e priorizados – para reduzir a variabilidade dos processos e, assim, reduzir o nível de defeitos de forma a alcançar as especificações críticas dos clientes. Maior variabilidade dos processos significa maior nível de defeitos porque mais resultados são produzidos fora dos limites de especificação dos clientes. Esse comportamento será mais bem detalhado no tópico 2.2 e com exame da Ilustração 4.

Os ganhos que podem ser obtidos com esses princípios são significativos: segundo Harry e Schroeder (2000, p.17), empresas que operam com nível 3 Sigma têm custo de qualidade entre 25% e 40% da receita de vendas; empresas que operam com nível 4 Sigma têm custo de qualidade entre 15% e 25% da receita de vendas; e empresas que operam com 6 Sigma gastam menos que 1% de sua receita com qualidade. Quanto aos ganhos efetivamente alcançados, alguns resultados são propagados por defensores do modelo. De acordo com Harry e Schroeder (2000), a General Electric (doravante denominada GE), iniciou o programa em 1996 e obteve ganhos de US\$ 1,5 bilhão em 1999; a Asea Brown Boveri obteve ganhos de US\$ 1,8 bilhão num período de dois anos, além de redução de 68% em defeitos e redução de custos da ordem de 30% por conta do programa Seis Sigma; a AlliedSignal obteve ganhos de US\$ 1,2 bilhão em quatro anos; e a própria Motorola obteve ganhos de US\$ 2,2 bilhões entre o início do programa em 1987 até o início dos anos 90.

A GE foi a grande vitrine do Seis Sigma. Seus esforços para desdobrar o programa Seis Sigma para além da melhoria dos processos existentes levaram-na a criar novo conceito para o desenvolvimento de novos produtos e serviços. As iniciativas bem sucedidas na GE Capital e GE Medical “abriram as portas para as operações de serviços.” (BASU; WRIGHT, 2003, p. 58). Referindo-se aos resultados anunciados aos acionistas em 1999, Welch (1999, p.5), CEO da GE, afirmou que:

[...] esses resultados financeiros são consequência do aumento de market share, à medida que os consumidores, cada vez mais, ‘sentem’ os benefícios do Programa Seis Sigma da GE em seus próprios negócios.

Com tantos casos de sucesso era de se esperar que um número crescente de empresas estivesse adotando o Seis Sigma. Entretanto, de acordo com uma pesquisa conduzida no mercado americano, Dusharme (2001, p.3) relata que após 15 anos de introdução da metodologia, 62% das empresas que utilizavam Seis Sigma tinham apenas dois anos ou menos de programa. Além disso, um aspecto relevante apontado por Dusharme (2003<sup>a</sup>, p. 5 e 2003b, p.3) é o abandono do Seis Sigma por empresas após três anos de programa e uma baixa participação de pequenas empresas: 90% são grandes empresas das quais 60% têm mais de 10 mil funcionários (DUSHARME, 2001, p.2). Que motivos podem estar associados ao abandono do programa e à não adoção “em massa” do Seis Sigma? O próprio alcance das metas esperadas pelo programa é confirmado pelas pesquisas: “[...] a grande maioria dos respondentes de 2004 reportam fabulosos resultados na última linha tanto por redução de desperdício quanto por aumento da eficiência.”<sup>3</sup> (DUSHARME, 2004, p.1).

Estudos sobre os fatores chave para o sucesso do Seis Sigma poderiam ajudar a responder essas indagações, mas são relativamente novos ou limitados em número e foco de análise. Tsung-Ling Chang (2002) apresentou pesquisa sobre 10 fatores críticos de sucesso para implantação do Seis Sigma em ambiente empresarial para pequenas e médias empresas. Outra pesquisa de escopo limitado foi conduzida por Ou-Chuan Chang (2004) com foco em estudo de caso sobre os fatores de sucesso em projetos de *Green Belts*<sup>4</sup> em comunidade treinada pela GE. Ainda que a GE sirva de referência quando se trata do tema Seis Sigma, suas características únicas de tamanho e pioneirismo do processo certamente dificultam a extrapolação de resultados para o ambiente empresarial mais amplo.

As contribuições de Lee (2002) parecem mais compatíveis com o desejo investigativo do fenômeno geral, mas estão restritas ao mercado americano. Indo além dos fatores críticos de sucesso para implantação do Seis Sigma, Lee (*Ibid.*) pesquisou o alcance dos benefícios do Seis Sigma em aspectos não financeiros, como nível de satisfação de clientes e cultura voltada à qualidade.

---

<sup>3</sup> “[...] the vast majority of 2004 respondents claim outstanding results to the bottom line either through waste reduction or increased efficiency.”

<sup>4</sup> Termos como “*Green Belts*” serão explorados no tópico 2.2 deste trabalho.



Enfocando a realidade brasileira, a primeira experiência com o programa Seis Sigma foi a do Grupo Brasmotor, que a iniciou em 1997 e obteve ganhos de mais de R\$ 20 milhões em 1999 (ROSENBERG, 1999, p.89). Entretanto, poucos são os estudos sobre os fatores críticos de sucesso para implantação de um programa Seis Sigma no ambiente empresarial brasileiro. Em seu estudo exploratório junto a uma consultoria de implantação de Seis Sigma no Brasil, Andrade (2003) analisa forças impulsionadoras e inibidoras para implantação bem sucedida do Seis Sigma.

Justifica-se a realização desta pesquisa diante do desconhecimento de fatores e condições críticas para o sucesso na adoção do Seis Sigma no mercado brasileiro e da importância do tema diante dos benefícios que podem ser obtidos em termos de redução de desperdício e aumento de eficiência, qualidade de produtos e serviços e de competitividade das empresas nacionais.

### **1.3 Questões da Pesquisa**

A partir da contextualização apresentada no tópico anterior, são duas as questões de pesquisa:

**Quais são os fatores críticos significativos de sucesso para implantação do Programa Seis Sigma nas organizações?**

**Qual é o impacto do programa Seis Sigma no desempenho operacional, na satisfação dos clientes e na construção de uma cultura organizacional voltada para a qualidade?**

Para melhor entendimento destas questões, fazem-se necessárias algumas definições para efeito de padronização de conceitos relevantes ao contexto desta pesquisa.

### **1.4 Definições Teóricas e Operacionais Relevantes**

Para efeito desta pesquisa, Programa Seis Sigma é uma iniciativa da organização que conta com o patrocínio de sua administração executiva e que consiste na execução de projetos

destinados a melhorar processos existentes, desenvolver ou melhorar produtos e serviços, reduzir custos e níveis de defeito, aumentar a produtividade e a satisfação de clientes. Além disso, esses projetos devem ser conduzidos por equipes lideradas por pessoas previamente treinadas, tipicamente com formação *Black Belt*, *Green Belt* ou *Master Black Belt* e que se apoiem em dados e ferramentas estatísticas, conforme detalhado no tópico 2.2.

Para efeito deste trabalho, as expressões Programa Seis Sigma e Iniciativa Seis Sigma são equivalentes e poderão aparecer alternadamente no transcorrer do texto.

## 1.5 Objetivos da Pesquisa

Tendo em vista as duas questões de pesquisa apresentadas anteriormente, este estudo tem os seguintes objetivos primários:

- a) Investigar os fatores críticos de sucesso para implantação do programa Seis Sigma;
- b) Investigar o impacto do Seis Sigma no desempenho operacional percebido nas empresas que o implantam, na satisfação dos clientes e na construção de uma cultura organizacional voltada para a qualidade.

Em adição, seguem os objetivos secundários deste estudo:

- a) Investigar se o tamanho da empresa tem efeito no sucesso alcançado por empresa que implanta o Seis Sigma.
- b) Investigar se a nacionalidade da empresa tem efeito no sucesso alcançado por empresa que implanta o Seis Sigma.
- c) Investigar se o tempo de implantação tem influência no sucesso do Seis Sigma.
- d) Investigar se os *Black Belts* de tempo integral têm maiores taxas de conclusão de projetos que os *Black Belts* de tempo parcial.
- e) Investigar se o nível de comunicação entre os profissionais do Seis Sigma tem efeito no sucesso percebido por empresas que implantam o Seis Sigma.
- f) Investigar se o tempo aplicado em treinamento dos membros das equipes de projeto do Seis Sigma tem efeito no sucesso percebido por empresas que implantam o Seis Sigma.

- g) Investigar se a nacionalidade da empresa tem efeito na duração dos projetos Seis Sigma conduzidos pela empresa.
- h) Investigar se a nacionalidade da empresa tem efeito na economia gerada pelos projetos Seis Sigma conduzidos pelas empresas.
- i) Investigar se o tempo de implantação do Seis Sigma nas empresas tem efeito sobre a economia gerada pelos projetos.

## **1.6 Pressupostos Conceituais**

Para a condução deste estudo alguns pressupostos são considerados. São eles:

- a) Os respondentes serão capazes de compreender, de forma inequívoca, as questões relativas ao tema;
- b) Os respondentes terão conhecimento das informações necessárias para responder as perguntas;
- c) Os respondentes contribuirão com suas próprias percepções no questionário;
- d) Os respondentes estarão dispostos a dedicar o tempo necessário para responder as questões e adicionar as informações que julgarem relevantes.

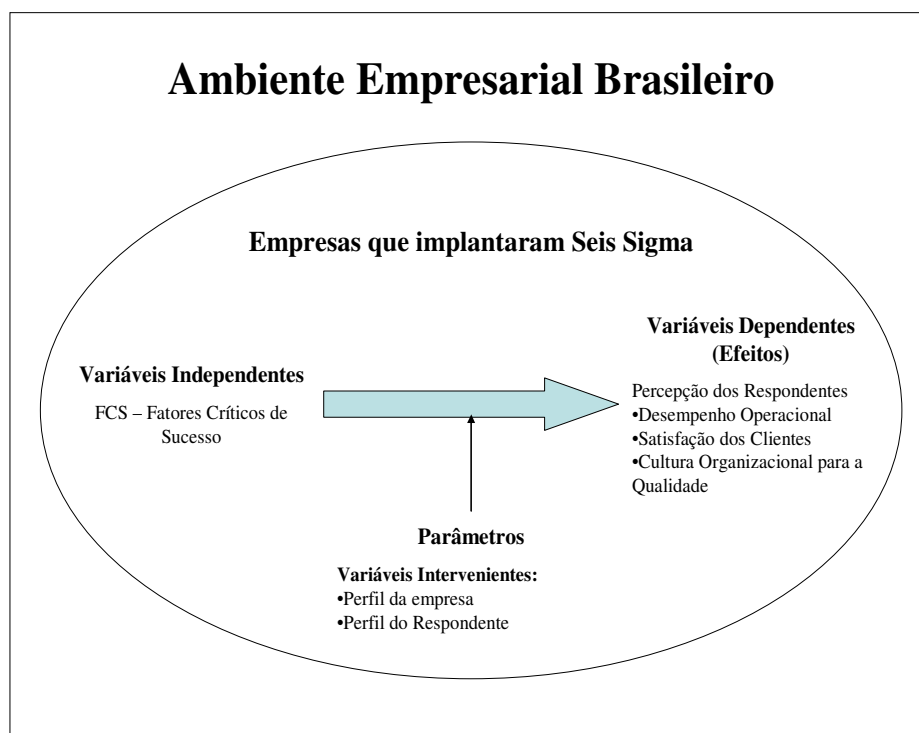
## **1.7 Delimitação da Pesquisa**

Diante da abrangência do tema e para garantir sua exeqüibilidade e viabilidade sem prejuízo de sua relevância, esta pesquisa pretende capturar as percepções e experiências de profissionais envolvidos nas atividades relativas ao Seis Sigma em empresas que implantaram esse programa.

É importante destacar que, diante das características de condução da pesquisa descritas no Capítulo 3 - METODOLOGIA DE PESQUISA, as conclusões alcançadas devem se limitar ao âmbito do presente trabalho, não podendo ser estendidas a outras situações.

## 1.8 Modelo Conceitual

A partir da preparação deste projeto, montou-se o modelo conceitual conforme representado na Ilustração 1. Neste modelo, as variáveis independentes são os fatores críticos de sucesso na implantação do Seis Sigma; as variáveis dependentes são as percepções dos respondentes quanto ao desempenho operacional, satisfação dos clientes e cultura organizacional voltada para a qualidade; e as variáveis intervenientes correspondem às características de perfil da empresa e perfil dos respondentes.



**Ilustração 1 – Modelo conceitual da pesquisa**

## 1.9 Estrutura do Trabalho

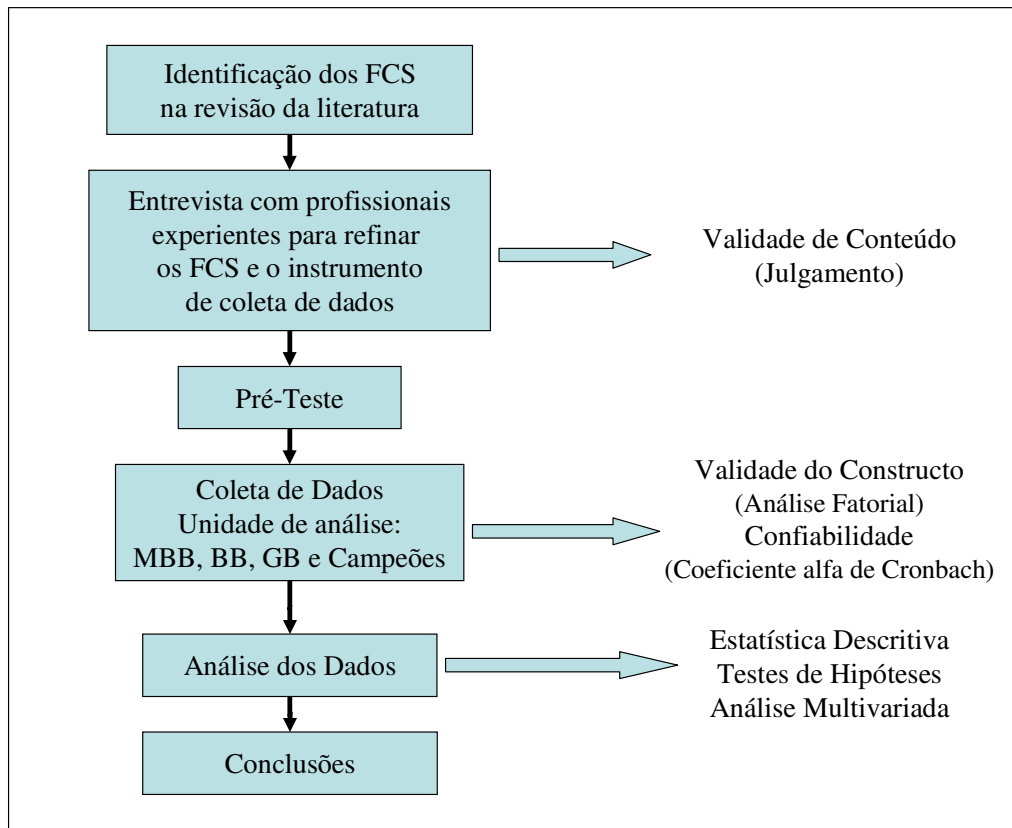
Esta dissertação está dividida em capítulos, a saber:

1. *O problema de Pesquisa*, que contém uma introdução, definição da situação problema, as questões de pesquisa, definições teóricas e operacionais relevantes, os objetivos e

pressupostos conceituais relevantes, além do modelo conceitual e desta definição da estrutura do trabalho;

2. *Fundamentação Teórica*, incluindo revisão de estudos e contribuições da literatura disponível sobre o tema;
3. *Metodologia de Pesquisa*, que contém os aspectos metodológicos envolvidos no tipo de pesquisa utilizada neste estudo, o desenvolvimento do questionário, definição do universo e amostra de pesquisa, estratégia da coleta de dados, seu tratamento e limitações do método de pesquisa;
4. *Resultados e Análise*, com informações gerais sobre os respondentes, análise da confiabilidade das escalas de medição, validade do instrumento de medição, testes das hipóteses e respostas às questões de pesquisa;
5. *Conclusões*, com a conclusão das análises, limitações, contribuições, considerações finais desta pesquisa e sugestões para trabalhos futuros;
6. *Referências*, contendo a lista de fontes de pesquisa utilizadas no estudo;
7. *Anexos*, contendo material adicional de suporte.

As atividades pertinentes a esta pesquisa estão representadas esquematicamente conforme Ilustração 2. Aspectos específicos sobre os conteúdos de pré-teste, testes de validade e ferramentas estatísticas a serem empregadas estão detalhados no Capítulo 3, METODOLOGIA DE PESQUISA.



**Ilustração 2 – Etapas do trabalho de pesquisa**

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Busca da Eficiência

Eficiência pode ser definida como a correta utilização dos recursos disponíveis para se obter um resultado. De acordo com Emerson (1912), a eficiência é sinônimo de conservação de recursos e eliminação do desperdício, tendo a produtividade como consequência direta. De fato, em seu estudo sobre processos, Harrington (1981, p. 74) define eficiência como “A extensão do quanto os recursos são minimizados e o desperdício é eliminado na busca da eficácia. Produtividade é uma medida de eficiência.”<sup>5</sup> e define eficácia como “A extensão do quanto as saídas [...] atendem as necessidades e expectativas dos clientes. Um sinônimo para eficácia é qualidade.”<sup>6</sup> Há, dessa forma, relação entre eficiência, produtividade e qualidade.

A definição geral de produtividade, segundo Prokopenko (1987, p.3), “[...] é a relação entre produtos gerados por um sistema de serviços ou de produção e os insumos providos para gerar esses produtos.”<sup>7</sup> A importância da qualidade no contexto da eficiência pode ser evidenciada pela afirmação de Deming (1990, p. 1) segundo a qual maior qualidade transfere desperdícios dos meios de produção para a fabricação de melhores produtos ou prestação de melhores serviços. De acordo com Juran (1993, p. 1-13), entretanto, a percepção da qualidade teve sua perspectiva alterada ao longo do tempo: da confiança nos artesãos na época dos primeiros fabricantes até o envolvimento pessoal dos gerentes na revolução japonesa de qualidade nos anos 1960, passando pelas cartas de controle estatístico desenvolvidas por Walter Shewhart nos anos 1920.

#### 2.1.1 Administração Científica

Na busca pela eficiência, é importante mencionar a contribuição da administração científica, cujo início é creditado ao engenheiro americano Frederick Winslow Taylor (1856-1915) nos

---

<sup>5</sup> “*The extent to which resources are minimized and waste is eliminated in pursuit of effectiveness. Productivity is a measure of efficiency.*”

<sup>6</sup> “*The extent to which the outputs [...] meets the needs and expectations of its customers. A synonym of effectiveness is quality.*”

<sup>7</sup> “[*A general definition is that productivity*] is the relationship between the output generated by a production or service system and the input provided to create this output.”

primeiros anos do século XX a partir de sua preocupação com o desperdício e com a baixa eficiência dos trabalhadores da indústria metalúrgica, da qual ele próprio fazia parte. Segundo George Jr (1974, p. 133-134.), Taylor percebera que só poderia obter mais dos empregados se soubesse mais do que eles a respeito dos aspectos técnicos das tarefas executadas. Nas palavras de Drury (1922, p. 43), “Como podem os trabalhadores se responsabilizarem por seu trabalho quando a gerência não tem idéia da capacidade de trabalho deles?”<sup>8</sup> Os experimentos iniciados por Taylor duraram mais de duas décadas envolvendo estudo de tempos e movimentos, equipamentos, formas de manipulação, materiais e interação homem-máquina. Entre os fundamentos da administração científica, Taylor (1957, p. 13)<sup>9</sup> afirma que todas as atividades de planejamento de execução de tarefas devem ser retiradas dos trabalhadores e direcionadas exclusivamente à gerência.

Com o propósito de aumentar a eficiência e aumentar a produtividade do trabalhador, a administração científica deu bastante ênfase à padronização de máquinas e ferramentas, e à racionalização do trabalho, simplificando as tarefas executadas pelos trabalhadores e levando-os à especialização. Cada trabalhador ficaria restrito a uma tarefa específica, que deveria ser executada de maneira repetitiva. Isso caracterizava o conceito de linha de montagem onde, ao invés de cada operário executar um conjunto de tarefas (até então planejadas por ele) para produzir um produto, vários operários executavam, então, cada um uma tarefa específica e seqüencial até a conclusão do produto. Esse conceito de linha de montagem ganhou grande impulso com Henry Ford ao implantar a linha de montagem móvel: o produto em processo desloca-se ao longo de um percurso enquanto os trabalhadores ficam parados, executando suas tarefas específicas. Como resultado, houve grande aumento de produtividade. De acordo com Maximiano (2002. p. 167), “A grande aceitação dos princípios da administração científica e da linha de montagem é responsável pela notável expansão da atividade industrial em todo o mundo.”

---

<sup>8</sup> “*How could the men be held accountable for their full duty when the management had no idea of a man’s capacity?*”

<sup>9</sup> Esta referência trata da versão em português em sua 3ª edição. O título original “*The Principles of Scientific Management*” foi inicialmente publicado em 1911.



### **2.1.2 Sistema Toyota de Produção**

O modelo de produção em massa de Ford, porém, era visto como fonte de grandes desperdícios pelos executivos da *Toyota Motor Company* (OHNO, 1997, p.25 e MAXIMIANO, 2002, p. 209). A necessidade de produzir pequenas quantidades de muitos tipos de carros levou a Toyota a desenvolver o Sistema Toyota de Produção com foco na eliminação do desperdício em suas diversas formas de manifestação: superprodução, espera, transporte, processamento, estoque, movimentação e produção defeituosa (OHNO, *Ibid.*).

O sistema procurava dar ênfase na produção apenas da quantidade necessária, na redefinição das atividades dos operadores e na qualidade assegurada dos produtos. Os conceitos *just-in-time* e Kanban foram estabelecidos por Ohno durante o seu desenvolvimento. Os benefícios do Sistema Toyota de Produção foram evidenciados por ocasião da recessão econômica que se seguiu à crise do petróleo de 1973, que afetou negativamente as demais empresas do setor automobilístico no período de 1975 a 1976.

### **2.1.3 Reengenharia**

A Reengenharia surgiu no final dos anos de 1980, mas foi a partir do artigo de Michael Hammer, *Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate* (Reengenharia no Trabalho: Não Automatize, Elimine) publicado em 1990, que o conceito foi disseminado. O ponto-chave de sua idéia é a necessidade de se romper regras e premissas herdadas do modelo de gestão empresarial, fruto da extensa fragmentação do trabalho e criação das inúmeras camadas hierárquicas que se formaram nas organizações (HAMMER e CHAMPY, 1994, p. 8-9). Os autores são categóricos ao apontar o engano das empresas que se organizam em torno da divisão de trabalho e tarefas, e defendem que as empresas precisam se organizar em torno de processos. Os autores definem “processo empresarial” como um conjunto de atividades envolvendo diversas espécies de entrada e que cria uma saída de valor para o cliente.

Segundo Hammer e Stanton (1995, p. 3), Reengenharia “É o repensar fundamental e o *reprojeto radical dos processos* empresariais para produzir melhorias *drásticas* em desempenho.” Talvez o aspecto mais relevante da experiência da Reengenharia tenha sido o reconhecimento da importância dos processos e sua implicação na forma de organização e

gerenciamento das empresas. Afinal, “Os problemas que afligem as organizações modernas não são problemas de tarefa. São problemas de processo.” (HAMMER, 1997, p. 5).

## 2.2 Seis Sigma

Na década de 80, os conceitos de Deming sobre variação de processos influenciaram um engenheiro da Motorola, que procurou utilizá-los para melhorar a eficiência dos processos a fim de enfrentar empresas concorrentes que fabricavam produtos de melhor qualidade a preços menores (ECKES, 2001 p. 19-20; WERKEMA, 2002, p. 13). Segundo Deming (1990, p. xx-xxii), a variabilidade estará sempre presente nos produtos e serviços que são gerados por quaisquer processos, sendo que é possível fazer previsões sobre o resultado de um processo estável a partir de sua variação comum. Como a medida estatística de variação é representada pela letra grega sigma ( $\sigma$ ) e a Motorola resolvera adotar a meta de  $6\sigma$  para a variação permitida, o programa recebeu o nome de “Seis Sigma”. Segundo Pande *et al* (2000, p. 7), o programa ofereceu para a Motorola – ainda que ele envolva muitas outras coisas hoje – uma forma simples e consistente de rastrear e comparar a performance em relação aos requisitos dos clientes e um objetivo ambicioso de praticamente zero defeito. A meta Seis Sigma de variação equivale a uma taxa de defeitos da ordem 3,4 partes por milhão de oportunidades (3,4 ppm ou 0,00034%).

A partir do Prêmio Malcolm Baldrige recebido pela Motorola em 1988, inúmeras empresas se interessaram pela iniciativa Seis Sigma (ECKES, *Ibid.*; WERKEMA, *Ibid.*). Segundo Werkema (2002, p.15),

É possível definir Seis Sigma como uma estratégia gerencial disciplinada e **altamente quantitativa** que tem como objetivo **aumentar drasticamente a lucratividade das empresas** por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores.

De acordo com Pande *et al* (2000, p. xi), esta é uma definição de Seis Sigma:

Seis Sigma: Um *sistema* amplo e flexível para alcance, sustentação e maximização do sucesso do negócio. O Seis Sigma é unicamente orientado pelo bom entendimento dos requisitos dos clientes,

pelo uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas, e pela atenção diligente ao gerenciamento, melhoria e reinvenção dos processos de negócios.<sup>10</sup>

De acordo com Perez-Wilson (1999, p. 148-150), o Seis Sigma tem múltiplos significados, entre eles:

- a) Seis Sigma é *Benchmark*: parâmetro para comparar o nível de qualidade entre diversos processos, operações e produtos;
- b) Seis Sigma é Meta: aproximar-se de zero defeito;
- c) Seis Sigma é Medida: representação do nível de qualidade;
- d) Seis Sigma é Filosofia: de melhoria perpétua do processo e eterna redução de sua variabilidade;
- e) Seis Sigma é Estatística: calculada para cada característica crítica da qualidade;
- f) Seis Sigma é Estratégia: baseada na inter-relação existente entre projeto, fabricação, qualidade final, confiabilidade, ciclo de controle, inventários, reparos, sucata, defeitos, falhas e entrega de um produto a um cliente;
- g) Seis Sigma é Valor: derivado da multiplicação de 12 vezes um sigma característico;
- h) Seis Sigma é Visão: a de levar a empresa a ser a melhor em seu ramo estendendo a qualidade para além do que é esperado pelos clientes.

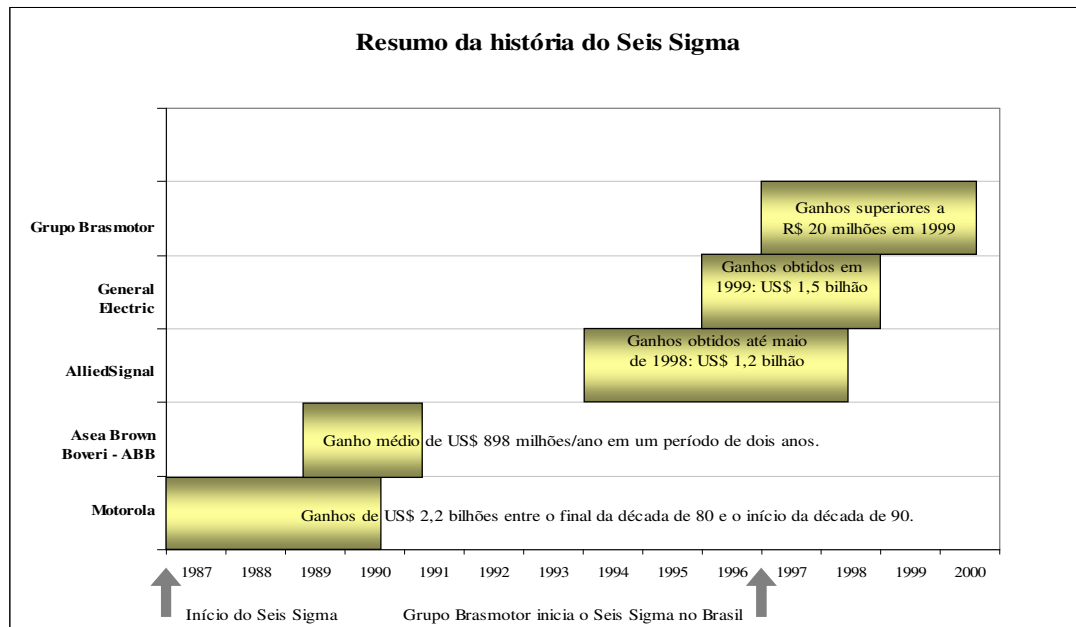
O Seis Sigma é considerado a metodologia da qualidade para este novo século. O seu propósito de ganhos drásticos na lucratividade das empresas tem levado várias delas a alcançar resultados importantes. Além da própria Motorola, empresas como Asea Brown Boveri – ABB, AlliedSignal e General Electric reportam ganhos de centenas de milhões de dólares na aplicação dessa metodologia.

De acordo com Adams *et al* (2003, p. 182), a Motorola reportou ganhos em suas operações de manufatura da ordem de US\$ 2 bilhões durante os cinco primeiros anos do programa (de 1987 a 1992). Ainda segundo os autores, “Durante esse período as vendas da companhia dobraram, as margens de lucro subiram e sua reputação decolou”.<sup>11</sup> Segundo Harry e Schroeder (2000, p. 21), a Asea Brown Boveri obteve ganhos de US\$ 1,8 bilhão num período de dois anos, além de redução de 68% em defeitos e redução de custos da ordem de 30% por conta do programa

<sup>10</sup> “Six Sigma: A comprehensive and flexible system for achieving, sustaining and maximizing business success. Six Sigma is uniquely driven by close understanding of customer needs, disciplined use of facts, data, and statistical analysis, and diligent attention to managing, improving, and reinventing business processes.”

<sup>11</sup> “During this time, the company’s sales doubled, profit margins improved, and its reputation soared.”

Seis Sigma; a AlliedSignal obteve ganhos de US\$ 1,2 bilhão em quatro anos, enquanto a General Electric (doravante denominada GE), que iniciou o programa em 1996, obteve ganhos de US\$ 1,5 bilhão em 1999.



**Ilustração 3 – Resumo histórico do Seis Sigma**

Fonte: Werkema, 2002, p. 19

No Brasil, a aplicação dessa metodologia iniciou-se através do conhecimento aplicado nas matrizes das empresas multinacionais. Segundo Rosenberg (1999, p. 89), “A pioneira na implementação do Seis Sigma com tecnologia nacional foi o Grupo Brasmotor, que, em 1999, obteve mais de 20 milhões de reais de retorno, a partir dos projetos Seis Sigma”. A Ilustração 3 mostra um resumo histórico com a evolução do Seis Sigma.

Examinando os relatos de sucesso na implementação, Pande *et al* (2000, p. 11-13) apontam benefícios do Seis Sigma em áreas como: (a) geração continuada de sucesso para a companhia; (b) objetivos de desempenho para todas as áreas da companhia; (c) maior valor entregue aos clientes; (d) aceleração dos índices de melhoria; (e) promoção do aprendizado e (f) execução de mudanças estratégicas propostas pela companhia. Os autores (*Ibid.*, p. xi) apontam os seguintes ganhos de negócio para as empresas, entre outros:

- Redução de custo
- Aumento da produtividade
- Crescimento da participação de mercado

- Maior retenção de clientes
- Redução dos tempos de ciclo
- Redução dos níveis de defeito
- Mudança cultural
- Desenvolvimento de novos produtos e serviços

Perez-Wilson (1999, p. 165) afirma que o que se pode obter como Seis Sigma é “[...] minimizar custos através da redução ou eliminação de atividades que não agregam valor ao processo e da maximização da qualidade de saída para obter um lucro em níveis ótimos.”

Pande *et al* (2000, p. 15-17) enumeram seis princípios que norteiam a concepção do Seis Sigma e que justificam sua utilização:

- a) *Foco genuíno no cliente*: o cliente é o ponto de partida para qualquer processo de melhoria. O que distingue o Seis Sigma é que o cliente define o que é defeito.
- b) *Gerenciamento baseado em dados e fatos*: a disciplina do Seis Sigma norteia as decisões sem influência de opiniões pessoais e crenças infundadas por parte dos gestores. As decisões e análises são feitas com base em dados concretos, frutos de medições.
- c) *Gerenciamento, melhoria e foco nos processos*: a importância da gestão dos processos é chave para o sucesso do Seis Sigma.
- d) *Gerenciamento pró-ativo*: transformar o comportamento criando hábitos gerenciais saudáveis, tais como definir objetivos ambiciosos, revê-los com frequência, definir prioridades com clareza e foco na prevenção em lugar de “apagar incêndios”, entre outros.
- e) *Colaboração sem fronteiras*: o Seis Sigma explora com profundidade o trabalho em equipes e demanda visão ampla dos processos globais da companhia.
- f) *Busca da perfeição com tolerância a falhas*: a aparente contradição deve ser entendida como aceitação dos riscos de qualquer iniciativa. O medo das conseqüências de uma atitude errada leva à estagnação, putrefação e morte da companhia.

Segundo Werkema (2002, p. 21-22), o Seis Sigma não envolve essencialmente nada de novo: as ferramentas estatísticas utilizadas já eram conhecidas e parte do arsenal da qualidade para

eliminação de defeitos. É a abordagem do Seis Sigma e sua forma de implementação que justificam seu sucesso. A autora aponta os principais elementos responsáveis por esse sucesso:

- a) Comprometimento da alta administração da empresa;
- b) Uso de método estruturado DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) para alcance das metas. O método DMAIC será detalhado no capítulo 2.2.3;
- c) Mensuração direta dos benefícios do Seis Sigma em termos de lucratividade da empresa;
- d) Foco na satisfação dos clientes;
- e) Infra-estrutura criada na empresa em termos de patrocinadores e especialista do Seis Sigma;
- f) Busca contínua na redução da variabilidade dos processos;
- g) Extensão do método para novos produtos, serviços e processos;
- h) Aplicação do Seis Sigma a processos administrativos e transacionais, não apenas à manufatura e procedimentos técnicos.

Foi a GE, impulsionada pela determinação de seu CEO, Jack Welch, que expandiu a atuação do Seis Sigma para áreas não fabris ao incorporá-lo na GE Capital. Pande *et al* (2000, p. xiii) afirmam que “Os ganhos potenciais do Seis Sigma são igualmente significativos (se não maiores) em organizações de serviço e em atividades de não-manufatura assim como são em ambientes ‘técnicos’”.<sup>12</sup> De acordo com Basu e Wright (2003, p. 5), Bob Galvin, CEO da Motorola na época da criação do Seis Sigma, admitiu erro estratégico da companhia ao restringir o alcance da iniciativa Seis Sigma às áreas de manufatura, erro que custou à Motorola pelo menos US\$ 5 bilhões em um período de quatro anos.

No aspecto estatístico, o sigma pode ser entendido como uma medida da variabilidade intrínseca de qualquer processo, seu desvio-padrão, representado pela letra grega sigma ( $\sigma$ ). De acordo com Werkema (2002, p. 217), se o valor do desvio-padrão de um processo é alto, há pouca uniformidade do processo com muita variação entre os resultados gerados; se o valor do desvio-padrão é baixo, há muita uniformidade do processo com pouca variação entre os resultados gerados pelo processo. Quanto menor for o desvio padrão, melhor será o

---

<sup>12</sup> “The potential gains from Six Sigma are equally significant (if not greater) in service organizations and non-manufacturing activities as they are in ‘technical’ environments.”

processo. Quanto mais contida estiver essa variação em relação a sua especificação, menor a possibilidade de erros ou falhas.

A Ilustração 4 evidencia dois processos com diferentes variabilidades e sujeitos às mesmas especificações. A medida pode ser qualquer uma de interesse como, por exemplo, a dimensão de uma peça. O processo da esquerda tem maior variabilidade e, como tal, gera resultados que vão além dos limites de especificação dados pelo cliente. Esses produtos fora da especificação constituem defeitos do processo. Quanto mais disperso for o processo, maior o nível de defeitos. Por outro lado, o processo da direita tem variabilidade menor e praticamente todos os produtos gerados são isentos de defeito, pois estão contidos pelos limites de especificação do cliente.

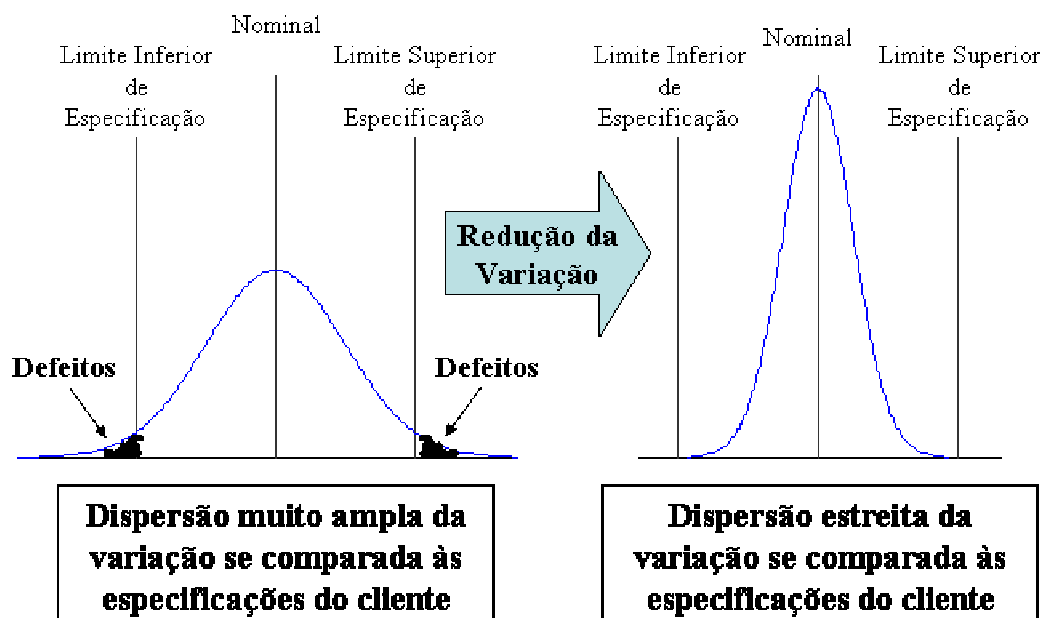
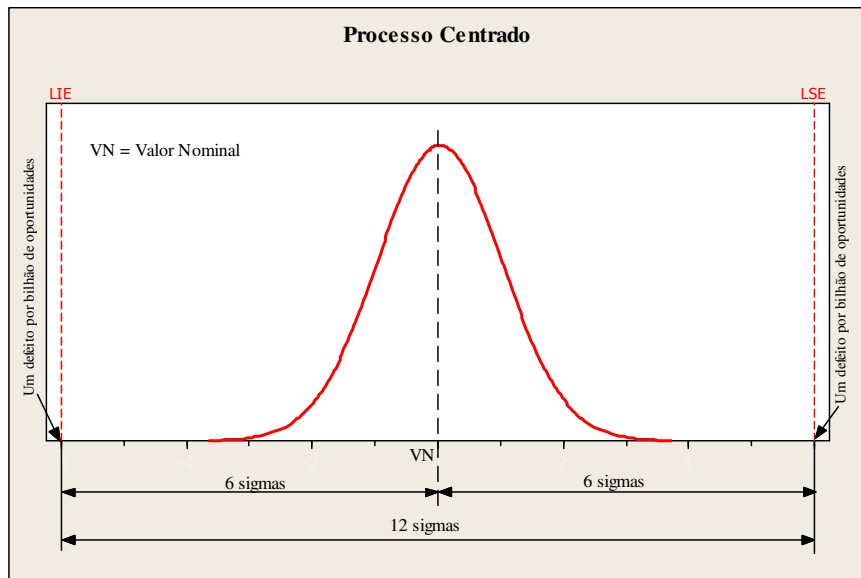


Ilustração 4 – Dois níveis de variabilidade para uma mesma especificação

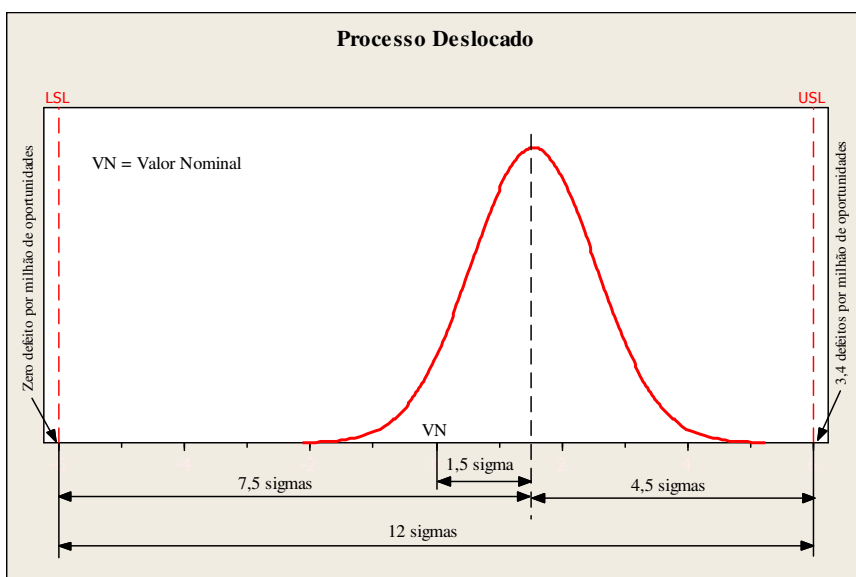
A métrica Seis Sigma ( $6\sigma$ ) significa que a distância entre o valor médio das saídas do processo e cada um dos limites de especificação é de 6 desvios-padrão do processo. Neste caso, no intervalo de especificação caberão 12 desvios-padrão. Já foi dito que o Seis Sigma implica em taxa de defeitos da ordem de 3,4 partes por milhão de oportunidades (ou 99,99966% de acerto). Entretanto, essa taxa de erro é muito maior que a porção da curva normal que fica além dos limites de especificação. A Ilustração 5 mostra que a taxa de erro para uma curva normal centralizada entre os limites de especificação e com 12 desvios

padrões nesse intervalo é de 2 ppb (2 partes por bilhão) ou 0,0000002%. Esses valores são obtidos a partir das tabelas de distribuição normal, disponíveis na literatura estatística.



**Ilustração 5 – Curva normal centrada no valor nominal**

A taxa de 3,4 ppm é o resultado da curva anterior quando a média do processo se desloca  $1,5\sigma$  para um dos lados, conforme evidenciado pela Ilustração 6. Neste caso, continua havendo 12 desvios-padrão entre os limites de especificação, mas a média deslocada está a apenas  $4,5\sigma$  de um dos limites. O conceito Seis Sigma criado pela Motorola significa que, ainda que a média se desloque até  $1,5\sigma$  do seu valor nominal, podemos esperar até 3,4 defeitos em cada milhão de oportunidades.



**Ilustração 6 – Curva normal deslocada do valor nominal**



Para efeito de comparação, a Tabela 1 relaciona taxa de erro, taxa de acerto e o nível de Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO) para diversos valores da Escala Sigma. O nível Sigma adequado para um dado processo dependerá dos requisitos dos clientes: nível sigma acima significa desperdício de esforço por parte da empresa sem a contrapartida de valor reconhecido pelo cliente.

**Tabela 1 – Significado da Escala Sigma**

<b>Taxa de Acerto</b>	<b>Taxa de Erro</b>	<b>Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO)</b>	<b>Escala Sigma</b>
30,9%	69,1%	691.462	1,0
69,1%	30,9%	308.538	2,0
93,3%	6,7%	66.807	3,0
99,38%	0,62%	6.210	4,0
99,977%	0,023%	233	5,0
99,99966%	0,00034%	3,4	6,0

### **2.2.1 Os Profissionais do Seis Sigma**

Os textos sobre Seis Sigma são unânimes quanto à importância de se ter recursos humanos preparados para o desafio de sua implantação. A excelência pessoal é mais importante que a excelência técnica, e criatividade, colaboração, dedicação e comunicação são muito mais importantes que qualquer corpo de estatísticos (PANDE *et al*, 2000, p. xiii). Treinar pessoas com perfil apropriado, que se transformarão em patrocinadores e especialistas no método e nas ferramentas do Seis Sigma é fundamental para o sucesso do seis Sigma nas empresas (PANDE *et al*, *Ibid.*, p. 131-132; HARRY e SCHROEDER, 2000, p. 166; WERKEMA, 2002, p. 31). Esse treinamento será mais efetivo na medida em que tiver forte caráter prático (não apenas teórico); estiver embasado em exemplos relevantes relacionados ao mundo dos negócios e for progressivo; isto é, quando construir o conhecimento por etapas a partir do mais simples para o mais complexo (PANDE *et al*, *Ibid.*).

Desde a liderança da empresa, que detém a responsabilidade pelo sucesso do Seis Sigma, até o colaborador operacional que dá apoio, vários são os níveis de atribuição e responsabilidade. Na descrição dos papéis existentes, apontados logo a seguir, optou-se por manter a terminologia de alguns deles em idioma inglês em função de sua utilização no ambiente de negócios. Esses papéis são:

- Equipe de Liderança
- Campeões<sup>13</sup>
- Patrocinadores<sup>14</sup>
- *Master Black Belts* (MBBs)
- *Black Belts* (BBs)
- *Green Belts* (GBs)
- *White Belts* (WBs)

A hierarquia composta por Campeões, MBBs, BBs e GBs foi inicialmente desenvolvida na SSRI – *Six Sigma Research Institute* (Instituto de Pesquisa para Seis Sigma), pequena filial da *Motorola University*, em 1991 (PEREZ-WILSON, 1999, p. 208). No entanto, as atribuições não são rígidas, outros papéis foram desenvolvidos e mesmo a utilização da nomenclatura não é unânime nas empresas que adotaram o Seis Sigma (PANDE *et al*, *Ibid.*; ADAMS *et al*, *Ibid.*; PEREZ-WILSON, *Ibid.*).

Segundo Adams *et al* (2003, p. 65-66), a Equipe de Liderança equivale ao Conselho Executivo da Qualidade<sup>15</sup>, conceito desenvolvido no final da década de 1980 e responsável pela estratégia da organização. Segundo Pande *et al* (2000, p. 118), a Equipe de Liderança é um fórum onde os executivos podem discutir, planejar, deliberar e aprender com a iniciativa, da qual são responsáveis. Estão entre as suas responsabilidades: estabelecer a infra-estrutura para a iniciativa Seis Sigma; selecionar projetos e alocar recursos; rever o progresso dos projetos periodicamente, oferecendo idéias e ajuda; patrocinar a execução dos projetos selecionados; ajudar a quantificar o impacto dos projetos nos resultados financeiros; estimar o progresso das iniciativas identificando pontos fortes e fracos; compartilhar as melhores práticas na organização; eliminar barreiras trazidas pelas equipes de projetos; e aplicar as lições aprendidas ao estilo individual de gerenciamento (PANDE *et al*, *Ibid.*, p. 118). Indo além, Adams *et al* (*Ibid.*, p. 66-68) sugerem que a Equipe de Liderança defina de forma clara o macro-processo principal<sup>16</sup> da organização; desenvolva descrição completa dos fatores que

---

<sup>13</sup> “*Champions*”

<sup>14</sup> “*Sponsors*”

<sup>15</sup> “*Executive Quality Council*”

<sup>16</sup> “*Core process*”

determinam a satisfação dos clientes para os produtos e serviços; desenvolva sistema de medição de performance e estabeleça diretrizes para priorização de projetos de melhoria.

Ainda segundo Adams *et al* (*Ibid.*, p. 71-73), os Campeões reportam diretamente para a Equipe de Liderança, podendo mesmo fazer parte dela. São responsáveis pelo sucesso do Seis Sigma, devendo: representar os BBs junto à alta administração; oferecer guia e aconselhamento gerencial aos BBs de forma a promovê-los na organização; aproveitar a diversidade de habilidades dos BBs alocando-os nos projetos mais compatíveis e ampliando essas habilidades; buscar oportunidades de projetos futuros junto às diversas áreas e promover os resultados; obter recursos para os projetos; identificar possíveis candidatos para BB e substitutos para os atuais. Segundo os autores, os Campeões devem essencialmente assegurar o desenvolvimento das habilidades dos BBs levando em conta as necessidades atuais e futuras da organização. Pande *et al* (*Ibid.*, p. 120) denominam este papel como Líder de Implantação<sup>17</sup> ou Diretor do Seis Sigma<sup>18</sup>.

Patrocinadores são as pessoas que propõem projetos, tipicamente em suas áreas, tendo orçamento disponível para suportar as iniciativas (ADAMS *et al*, *Ibid.*, p.73). São muitas vezes diretores de áreas que apresentam oportunidades de melhorias. Como tal, podem colaborar na definição do escopo de projeto. Eckes (2001, p. 54-55) sugere duas responsabilidades principais para os Patrocinadores: “[...] remoção dos obstáculos que possam atrapalhar o sucesso do grupo.”; e tomar decisões sobre possíveis propostas de solução que venham a surgir como resultado do trabalho do grupo. A nomenclatura de papéis não é unânime no Seis Sigma. Os autores Pande *et al* e Eckes não fazem distinção entre Campeões e Patrocinadores, acumulando suas responsabilidades (PANDE *et al*, *Ibid.*, p.119; ECKES, *Ibid.*, p. 54-55).

Tipicamente, os *Master Black Belts* (MBBs) têm grande experiência em projetos bem sucedidos e possuem profundo e amplo conhecimento da filosofia Seis Sigma e de suas ferramentas, técnicas e métodos de implantação; possuem habilidades mais extensas que os BBs, servindo de consultores e mentores para eles; possuem habilidades interpessoais desenvolvidas e profundo conhecimento estatístico (ADAMS *et al*, *Ibid.*, p. 73-74). Os MBBs assessoram os Campeões e Patrocinadores do Seis Sigma.

---

<sup>17</sup> “Implementation Leader”

<sup>18</sup> “Six Sigma Director”

Os BBs são os líderes das equipes de projeto, têm conhecimento técnico suficiente para facilitar a utilização das técnicas estatísticas e são treinados na utilização das ferramentas do Seis Sigma, ainda que possam ter competência em outras áreas. Assumem essa função em caráter temporário – até dois anos – e retornam às suas áreas funcionais depois disso (ADAMS *et al*, *Ibid.*, p. 75). Segundo Eckes (2001, p. 55), como líderes de equipe, os BBs:

“[...] são responsáveis pelo gerenciamento tático do trabalho que está sendo realizado pelo grupo. Eles coordenam e conduzem as reuniões, asseguram que os membros completam suas tarefas de acordo com os cronogramas previamente estabelecidos e mantêm um vínculo permanente com o patrocinador”.

Pande *et al* (*Ibid.*, p.123) acrescentam que o papel inicial dos BB era essencialmente técnico, por ocasião do desenvolvimento do programa na Motorola, mas que esse papel evoluiu e não está limitado a esse escopo nos dias atuais. Além de elevado conhecimento técnico em sua área de atuação, Werkema (2002, p.31) sugere que o perfil dos BBs deve incluir:

- Iniciativa, entusiasmo, habilidades de relacionamento interpessoal e comunicação, motivação para alcançar resultados e efetuar mudanças, influência no setor em que atuam, habilidade para trabalhar em equipe, raciocínios analítico e quantitativo, capacidade de concentração.

De acordo com Adams *et al* (*Ibid.*, p. 76), os GBs são funcionários que adquirem competência na filosofia Seis Sigma, sua metodologia e ferramentas, através de treinamento e experiência. São tipicamente os profissionais membros das equipes de projetos liderados pelos BBs (WERKEMA, *Ibid.*). Perez-Wilson (*Ibid.*, p. 210) esclarece que os GBs são alocados aos projetos conforme o conhecimento que esses funcionários têm da área de atuação do projeto e sua capacidade de colaboração, ainda que não dediquem tempo integral ao projeto como os BBs. Alguns autores sugerem que os GBs podem liderar equipes de projetos que estejam limitados às suas áreas funcionais, deixando aos BBs a liderança dos projetos que são multifuncionais (PANDE *et al*, *Ibid.*; ECKES, *Ibid.*).

Os profissionais WBs não fazem parte do modelo hierárquico inicial desenvolvido pela Motorola. “São profissionais do nível operacional da empresa, treinados nos fundamentos do Seis Sigma para que possam dar suporte aos *Black Belts* e *Green Belts* na implementação dos projetos.” (WERKEMA, *Ibid.*).

Todos os profissionais envolvidos no Seis Sigma precisam ter conhecimento sobre as ferramentas e métodos estatísticos, ainda que com nível de proficiência diferenciado. A Equipe de Liderança, por exemplo, deve ser capaz de interpretar os conceitos estatísticos do Seis Sigma, mas não precisam ser especialistas como os BBs. O Quadro 1 apresenta uma sugestão para qualificação e treinamento dos papéis.

**Quadro 1 – Sugestão para treinamento de papéis**

<b>Papéis</b>	<b>Qualificações</b>	<b>Treinamento</b>
Equipe de Liderança Campeões Patrocinadores	Familiaridade com ferramentas estatísticas básicas e avançadas	Uma semana de treinamento
<i>Master Black Belts</i>	Maestria na utilização das ferramentas estatísticas básicas e avançadas	Duas sessões de uma semana de treinamento específico, além do treinamento para <i>Black Belts</i>
<i>Black Belts</i>	Maestria na utilização das ferramentas básicas da estatística	Quatro sessões de uma semana de treinamento com intervalos de três semanas para condução de projetos
<i>Green Belts</i> <i>White Belts</i>	Familiaridade com as ferramentas básicas da estatística	Duas sessões de três dias de treinamento com intervalos de três semanas para participação em projetos

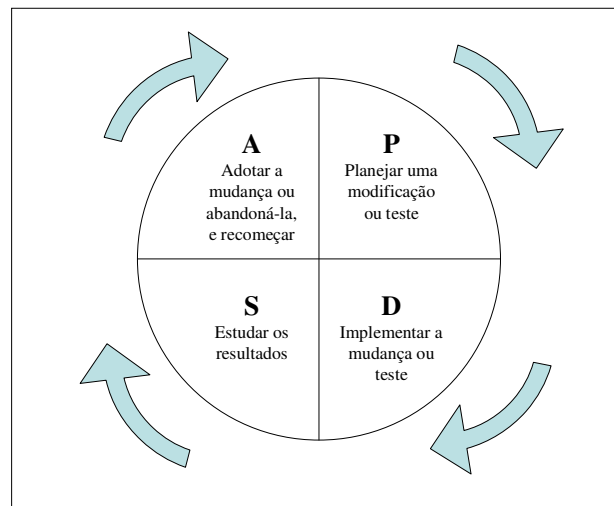
Fonte: Adaptado de Harry e Schroeder, 2000, p.192

### 2.2.2 Métodos de Implantação do Seis Sigma

Desde o início do movimento da qualidade, vários modelos para melhoria têm sido aplicados aos processos, a maioria deles baseados no ciclo PDCA (PANDE *et al*, *Ibid.*, p. 37). O ciclo PDCA é uma seqüência repetitiva de quatro passos, desenhados para melhoria contínua. Sua origem está no trabalho desenvolvido por Walter Andrew Shewhart, publicado em seu livro “*Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*” em 1939. Em sua concepção, Shewhart introduziu três passos cíclicos para controle de qualidade: *Specification* (Especificação); *Production* (Produção); e *Inspection* (Inspeção) (SHEWHART, 1939, p. 43-46). Deming modificou esse conceito adicionando um quarto passo e apresentando-os durante suas palestras no Japão na década de 1950 (DEMING, 1952, p. 9-12). Deming evoluiu o modelo para: *Plan* (Planejar), *Do* (Fazer), *Study* (Estudar) e *Act* (Agir) conforme pode ser evidenciado na Ilustração 7. Após a II Guerra Mundial e os esforços de Deming e Juran no Japão, o terceiro passo também foi modificado para *Check* (Checar). Por estas razões, o ciclo PDCA é também conhecido como ciclo PDSA, ciclo de Shewhart, ciclo (ou roda) de Deming ou espiral da melhoria contínua.

Langley *et al* (1996, p. 3-11) defendem modelo de melhoria usando ciclo PDSA ancorado em três questões orientativas. Segundo os autores, a melhoria surge da aplicação do conhecimento e a ciência envolvida na busca de melhorias inclui verdades gerais ou a operação de leis gerais que possam ser testadas pelos métodos científicos. O propósito dos autores é obter melhoria através de (1) desenvolvimento de mudanças; (2) teste de mudanças e (3) implantação de mudanças. Os autores (*Ibid.*, p. 3) argumentam que as seguintes questões fundamentais precisam ser feitas quando se busca melhoria de processos:

- O que estamos tentando alcançar?<sup>19</sup>
- Como saberemos que uma mudança é uma melhoria?<sup>20</sup>
- Que mudanças podemos fazer que resultem em melhoria?<sup>21</sup>



**Ilustração 7 – Ciclo PDSA: o ciclo de Shewhart de aprendizagem e melhoria**

Fonte: Adaptado de Deming, 1997, p. 104

A partir dessas questões, os autores definem resumidamente as atividades de cada etapa do ciclo:

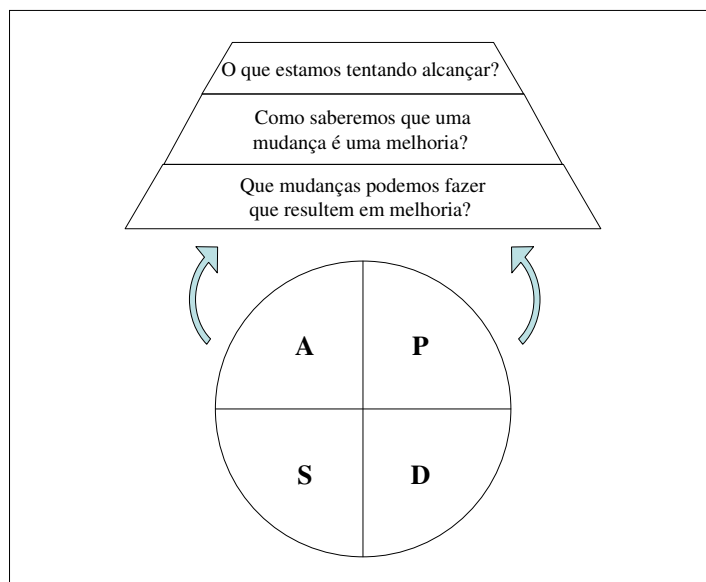
- a) *Plan* (Planejar): nesta fase planeja-se a mudança ou teste para melhoria. Este esforço deve contemplar coleta de dados, identificação de possíveis causas dos problemas, potenciais soluções e previsão de resultados;

<sup>19</sup> “What are we trying to accomplish?”

<sup>20</sup> “How will we know that a change is an improvement?”

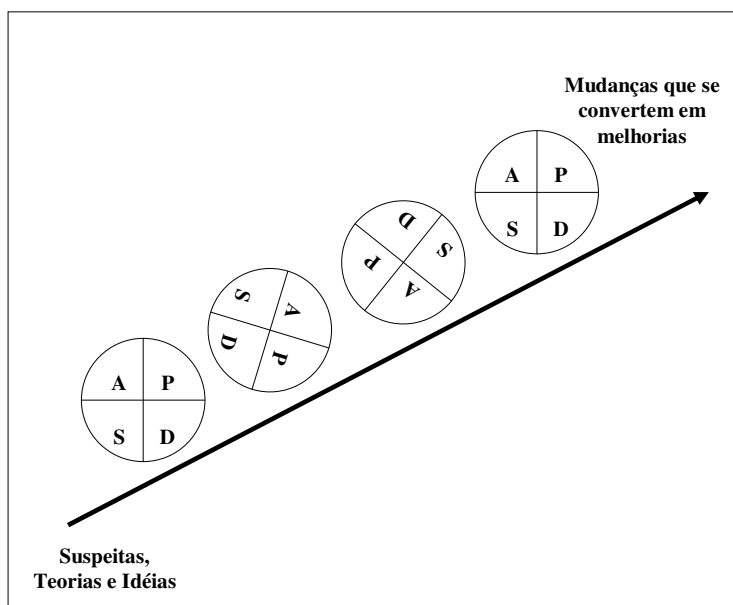
<sup>21</sup> “What changes can we make that will result in improvement?”

- b) *Do* (Executar): nesta fase executa-se o plano estabelecido de forma controlada;
- c) *Study* (Estudar): esta é a fase do aprendizado onde os resultados obtidos são checados;
- d) *Act* (Agir): nesta fase são tomadas as ações baseadas no aprendizado obtido. Pode-se refinar a solução, padronizá-la tornando-a permanente ou abandoná-la. Neste caso, novo ciclo deve ser iniciado.



**Ilustração 8 – Modelo de melhoria com ciclo PDSA**

Fonte: Langley *et al*, 1996, p. 10



**Ilustração 9 – Uso de múltiplos ciclos PDSA**

Fonte: Langley *et al*, 1996, p. 9

A Ilustração 8 mostra o modelo completo de melhoria envolvendo as três questões orientativas em torno do ciclo PDSA. Os autores sugerem que, conforme a complexidade dos problemas a serem resolvidos, vários ciclos PDSA sejam usados de forma a incorporar melhorias à medida que o conhecimento vai sendo construído com os ciclos anteriores. Dessa forma é possível partir de uma situação de pouco conhecimento concreto e alcançar resultados efetivos, conforme esquema representado na Ilustração 9. Esta aplicação de múltiplos ciclos ou espiral de melhoria contínua já fora proposta por Deming na definição do modelo para melhoria contínua.

Uma metodologia alternativa de implantação do Seis Sigma, também baseada no ciclo PDCA, é a denominada M/PCpS ou Estudo de Caracterização de Processos e Máquinas<sup>22</sup>, desenvolvida por engenheiros estatísticos que trabalharam na Motorola (PEREZ-WILSON, 1999, p. 215-222). Essa metodologia se propõe a tratar diferentemente processos técnicos (como os de manufatura) e não-técnicos (como os administrativos, de serviços e transacionais) reunindo ferramentas e técnicas mais apropriadas para cada um desses tipos de processos. De acordo com Perez-Wilson (*Ibid.*), essa divisão é necessária porque o conjunto de ferramentas e técnicas estatísticas é bastante distinto para os dois casos. O M/PCpS é composto de cinco estágios para cada tipo de processo, conforme Ilustração 10. Segundo o autor, para os processos técnicos os estágios da metodologia compõem um estudo permanente que só termina quando a curva normal que representa a saída do processo sob análise tem sua média distante 6 desvios-padrão ( $6\sigma$ ) do limite de especificação mais próximo. Isso garante pelo menos 12 desvios-padrão entre os limites de especificação, a exemplo do que se percebe na Ilustração 5 e na Ilustração 6.

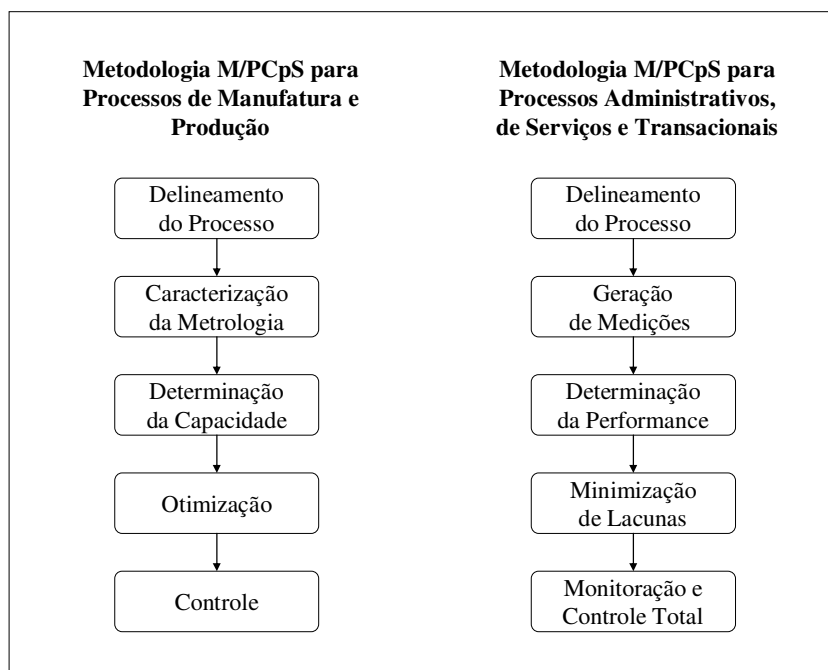
- a) Estágio 1: *Delineamento do Processo*. Descrição completa da máquina e processo em estudo através da identificação exaustiva das variáveis relacionadas às características funcionais.
- b) Estágio 2: *Caracterização da Metrologia*. Define as técnicas necessárias para mediação das variáveis de resposta e da influência do próprio sistema de medição.
- c) Estágio 3: *Determinação da Capacidade*. Determinação da capacidade do processo, ou seja, de atender às especificações, fazendo inferências e previsões sobre seu comportamento ao longo do tempo.

---

<sup>22</sup> “Machine/Process Characterization Study”



- d) Estágio 4: *Otimização*. Redução da variabilidade dos processos ou máquinas através da formulação de hipóteses e experimentação planejada.
- e) Estágio 5: *Controle*. Após o processo ou máquina ter se tornado capaz, neste estágio as variáveis críticas são monitoradas e controladas e, então, todo o conhecimento desenvolvido nos estágios anteriores é transferido para a produção e operadores.



**Ilustração 10 – Metodologia M/PCpS para dois tipos de processos**

A metodologia M/PCpS para os processos não-técnicos é semelhante e os cinco estágios progressivos são assim descritos:

- a) Estágio 1: *Delineamento do Processo*. Definição e mapeamento completo dos processos administrativos, de serviços e transacionais, incluindo seus limites, relações, interações e variáveis de entrada e saída.
- b) Estágio 2: *Geração de Medições*. Definição do sistema de medição para avaliar as variáveis de saída do processo sob estudo.
- c) Estágio 3: *Determinação da Performance*. Determinação da habilidade do processo em fornecer o serviço proposto em termos de capacidade Seis Sigma e das lacunas entre os níveis de resposta e o desejado.

- d) Estágio 4: *Minimização de Lacunas*. Melhorar ou eliminar as lacunas encontradas através do planejamento, projeto, testes e análises de possibilidades.
- e) Estágio 5: *Monitoração e Controle Total*. Neste estágio o propósito é manter a capacidade de performance Seis Sigma e satisfação dos clientes monitorando o sistema, prevendo deterioração e estabilizando controles e procedimentos do processo.

Um método de implantação que se tornou muito comum é o denominado DMAIC, também baseado no ciclo PDCA. O método DMAIC será detalhado no tópico 2.2.3.

Qualquer que seja o método selecionado, um fator crítico apontado pelos autores sobre Seis Sigma para implantação do programa é a seleção de projetos de melhoria. Adams *et al* (2003, p. 105) afirmam que “Uma boa seleção de projeto é fator de suma importância para o sucesso inicial e aceitação de longo prazo do Seis Sigma dentro da organização.”<sup>23</sup> Pande *et al* (2000, p. 137) afirmam que a seleção de projetos segue uma equação simples: projetos bem selecionados e definidos significam resultados melhores em menos tempo. Os autores defendem treinamento criterioso da equipe de liderança para a seleção apropriada: entre os cuidados estão a seleção de projetos pequenos, bem focados e que envolvam tanto o aumento de eficiência interna quanto o aumento de benefícios aos clientes.

Harry e Schroeder (2000, p. 243) recomendam que as empresas dêem preferência a vários projetos menores em lugar de poucos projetos grandes que envolvam a mesma necessidade de recursos, investimentos e tempo. Pande *et al* (2000, p. 147-147) afirmam que a seleção dos projetos iniciais do Seis Sigma deve considerar as necessidades correntes, capacidades e objetivos da organização, e sugerem critérios genéricos de seleção agrupados nas três categorias a seguir. Tais critérios são compatíveis com os apresentados por Adams *et al* (*Ibid.*, p. 112-115) e Harry e Schroeder (2000, p. 167-170).

- a) Critérios baseados em resultados e benefícios para o negócio: a seleção considera impacto nos clientes; requisitos externos de negócio; impacto na estratégia vigente; impacto na posição competitiva; impacto nas competências essenciais da empresa; impacto financeiro como redução de custos, aumento da eficiência, aumento das vendas

---

<sup>23</sup> “Good project selection is a major factor in early success and long-term acceptance of Six Sigma within the organization.”

e da participação de mercado; nível de urgência; tendência percebida; e dependência de projetos anteriores.

- b) Critérios baseados na exequibilidade: a seleção considera os recursos necessários; complexidade; disponibilidade de conhecimento e competências necessárias; chance de sucesso; e suporte de outras áreas.
- c) Critérios baseados no impacto organizacional: a seleção considera os benefícios de aprendizagem do programa em si; e benefícios intra-funcionais.

### 2.2.3 Método DMAIC

O método DMAIC é uma forma estruturada de desenvolvimento de projetos Seis Sigma. A sigla significa: *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyze* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar). De acordo com Pande *et al* (2002, p. 410), o método DMAIC “[...] teve sua origem na GE Capital e foi, mais tarde, adotada em toda a GE. O modelo original – ainda usado em algumas empresas – incluía apenas quatro etapas: Medir-Analisar-Melhorar-Controlar.”<sup>24</sup> As etapas do DMAIC estão representadas na Ilustração 11 e são assim descritas:

- a) *Define* (Definir): definir com precisão o escopo do projeto;
- b) *Measure* (Medir): determinar a localização ou foco do problema;
- c) *Analyze* (Analisar): determinar as causas-raiz de cada problema;
- d) *Improve* (Melhorar): propor, avaliar e implementar soluções para cada problema;
- e) *Control* (Controlar): garantir que o alcance da meta seja mantido em longo prazo.

Uma das vantagens de se adotar o modelo DMAIC, segundo Pande *et al* (*Ibid.*, p.151), é a ênfase que ele dá a dois componentes críticos do Seis Sigma: o Cliente e medições, conforme pode ser visto no detalhamento das etapas a seguir.

Uma característica importante do método DMAIC é que ele é interativo, de forma que suas atividades não são puramente lineares. Durante o desenvolvimento do projeto, a equipe pode fazer descobertas que os levem a revisar seus objetivos, por exemplo, ou a falha de soluções adotadas durante a etapa *Melhorar*, pode levar a equipe de volta à etapa *Analisar* (PANDE *et al*, *Ibid.*, p.1239).

---

<sup>24</sup> “[...] got its start at GE Capital and was later adopted by all of GE. The original model – still in use in some companies – included only four steps: Measure-Analyze-Improve-Control.”

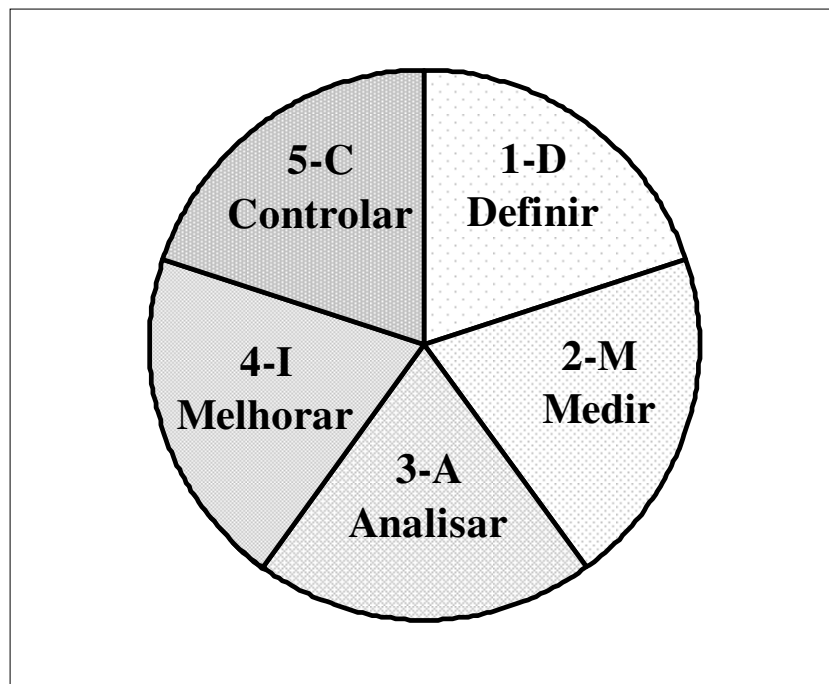


Ilustração 11 – Método DMAIC

### 2.2.3.1 D – Definir

A característica básica da etapa *Definir* do DMAIC é dar clareza ao escopo do projeto definindo o problema a ser abordado; metas a serem alcançadas e os meios a serem empregados. Pande *et al* (2000, p. 239) apontam quatro questões críticas que precisam ser respondidas nesta etapa:

- Qual é o problema ou oportunidade que vamos focalizar?
- Qual é nosso objetivo, ou seja, que resultados queremos alcançar e em que prazo?
- Quem é o cliente servido ou impactado por esse processo e problema?
- Qual é o processo que estamos investigando?

Os autores sugerem a confecção de um Decreto de Projeto<sup>25</sup>, para efeito de documentação, contendo as seguintes informações (PANDE *et al*, *Ibid.*, p. 240-245):

---

<sup>25</sup> “Project Charter”

- a) *Declaração do Problema.* Uma descrição concisa e clara do problema, ou oportunidade, a ser tratado no projeto. Deve descrever o que acontece de errado, onde é observado, em que processo ocorre e em quais circunstâncias é observado. Além disso, deve conter o tamanho do problema ou oportunidade, seu impacto, como é medido, o que pode acontecer se nada for feito a respeito e que benefícios serão obtidos se o problema for resolvido ou atenuado.
- b) *Declaração de Objetivo.* Uma descrição dos resultados que se deseja alcançar para eliminar ou aliviar os efeitos dos problemas relatados anteriormente. Deve ter clareza em definir o que deve ser alcançado, a forma de medir esses resultados e o prazo em que tais resultados devem ser alcançados.
- c) *Premissas e Restrições.* Devem-se antecipar quaisquer limitações ou premissas para o projeto, desde frequência das reuniões, disponibilidade dos participantes e contribuições dos Campeões até áreas “proibidas” de atuação, que por questões estratégicas ou políticas a empresa não quer abordar durante o projeto.
- d) *Membros da Equipe e Responsabilidades.* Uma relação das pessoas envolvidas no projeto, incluindo Patrocinadores, Campeões, MBBs, BBs, GBs e demais membros da equipe.
- e) *Guias Gerais.* Uma descrição de orientações pertinentes que ajudarão a equipe na condução do projeto. Pode envolver aspectos como revezamento de locais para reuniões, papéis de cada um nas reuniões e processos para tomada de decisões.
- f) *Plano de Projeto Preliminar.* Um cronograma simplificado para todo o projeto contendo, tipicamente, a data limite para finalização de cada etapa do DMAIC.

Outras atividades da etapa *Definir* incluem a identificação das necessidades dos clientes e detalhamento do processo que será afetado pelo projeto. Ouvir a “Voz do Cliente”<sup>26</sup> é assegurar “[...] que o problema e objetivos são definidos em termos verdadeiramente relacionados aos requisitos chaves dos clientes.” (PANDE *et al*, *Ibid.*, p.246).

A documentação do processo não precisa ser detalhada nesta etapa, mas deve conter seus elementos principais. As vantagens deste levantamento incluem: perspectiva do problema em seu contexto mais amplo; possibilidade de refinar o escopo do projeto ao se caracterizar as fronteiras do processo estudado; identificação preliminar de possíveis causas diante da

---

<sup>26</sup> “Voice of the Customer” or VOC.

estrutura de processo; e maior clareza das relações entre clientes e fornecedores do processo. Uma das ferramentas da qualidade que pode ser utilizada nesta atividade é o SIPOC<sup>27</sup>.

### **2.2.3.2 M – Medir**

A etapa *Medir* do DMAIC envolve a localização e foco do problema através de medições específicas. De acordo com Adams *et al* (2003, p. 30), a etapa *Medir* representa a identificação da situação corrente em relação ao problema ou oportunidade. Segundo Pande *et al* (*Ibid.*, p.246), a etapa *Medir* é uma transição que serve para validar ou refinar a declaração do problema antes de se iniciar a busca pelas causas-raiz dos problemas, objetivo da etapa *Analisar*.

Algumas medições podem estar disponíveis, mas tipicamente o entendimento do processo mapeado na etapa anterior leva a equipe a identificar novas medidas a serem feitas. Isso exige planejamento de coleta de dados, avaliação do sistema de medição e outras ferramentas estatísticas para esta etapa. Além disso, a focalização do problema deve exigir análises estratificadas dos dados coletados, também integrantes do ferramental da qualidade. A necessidade de se coletar dados em várias fases é uma das principais razões para que projetos Seis Sigma levem meses até sua conclusão (PANDE *et al*, *Ibid.*, p.253). Entretanto, a experiência com projetos ao longo do tempo leva a encurtar o tempo de projeto pela definição e utilização mais apropriada das medições.

A conclusão desta etapa se dá com uma nova Declaração do Problema, mais focada e refinada em torno dos componentes que mais contribuem para o problema ou oportunidade, cujas medições vão acompanhar todo o desenrolar do projeto para efeito de resultado do projeto.

### **2.2.3.3 A – Analisar**

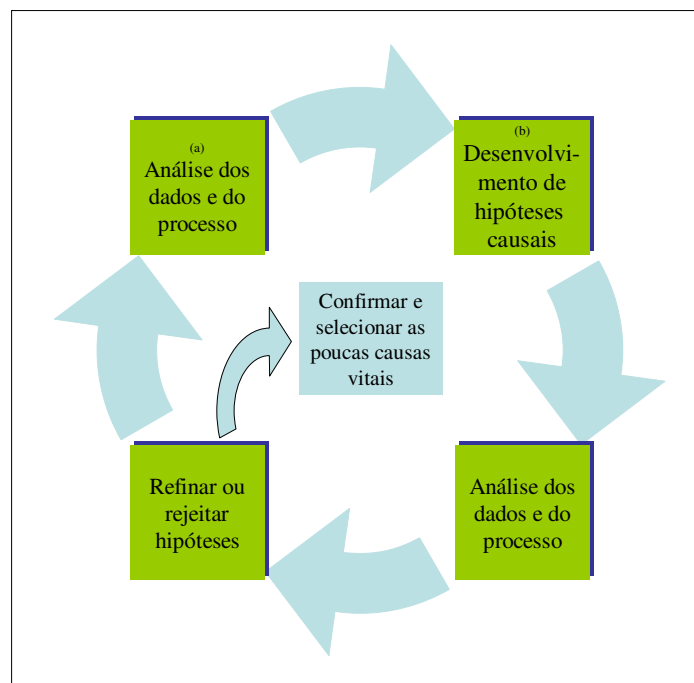
A essência da etapa *Analisar* do DMAIC é identificar as causas-raiz dos problemas que foram apontados na etapa anterior, retratados na Declaração do Problema definitiva. Deve-se partir da análise dos dados coletados ou do processo em busca dessas causas-raiz. São várias as ferramentas que podem ser utilizadas nesta etapa. Algumas delas são: Gráficos de Pareto,

---

<sup>27</sup> “Supplier-Input-Process-Output-Customer”

Diagrama de Causa-Efeito, Histogramas e Diagramas de Frequência, Diagramas de Dispersão, Diagramas de Afinidade, *Brainstorming*, Estratificação, Correlação, Séries Temporais e Gráficos de Controle, entre outras.

Pande *et al* (2000, p.256) sugerem abordagem de busca das causas-raiz através de um ciclo conforme representado pela Ilustração 12: o ciclo se inicia tanto pela análise dos dados ou a partir de hipóteses causais desenvolvidas pelo conhecimento do processo. O importante é que cada hipótese levantada seja validada através de análise dos dados. Se ela não se confirmar, deve-se aprimorar a hipótese buscando nova explicação para o fenômeno. O resultado será um conjunto limitado de causas verificadas para o problema selecionado.



**Ilustração 12 – Ciclo de análise de hipóteses para identificação de causas-raiz**

Fonte: Pande *et al*, 2000, p. 256

Há duas armadilhas para as equipes de projeto ao adotarem esse ciclo: (1) definir prematuramente a causa de um problema, sem a devida comprovação embasada em dados e medições e (2) permanecer indefinidamente no ciclo, sem se convencer que há evidência suficiente para caracterizar uma causa-raiz.

#### 2.2.3.4 I – Melhorar

O objetivo da equipe na etapa *Melhorar* do DMAIC é o de propor, avaliar e implementar soluções em torno das causas-raiz encontradas anteriormente. Pande *et al* (2000, p. 276) sugerem que as seguintes questões norteiem o trabalho da equipe nesta etapa:

- a) Que possíveis ações ou idéias podem nos ajudar a endereçar as causas-raiz do problema e atingir nossos objetivos?
- b) Quais dessas idéias são potencialmente aplicáveis?
- c) Qual solução pode proporcionar o alcance do objetivo com menor custo e dificuldades?
- d) Como podemos testar a solução escolhida para assegurar sua eficácia e, então, implantá-la permanentemente?

*Brainstorming* é uma ferramenta típica a ser usada para geração de idéias. Tais idéias, porém, são como matéria-prima: precisam ser refinadas para poderem de fato agregar valor à organização (PANDE *et al*, *Ibid.*, p. 280). Com várias soluções possíveis e elaboradas, o passo seguinte é selecionar a mais apropriada para implantação. Ferramentas com Matriz de Priorização podem ser úteis então. Essa matriz permite comparar múltiplas possibilidades conforme critérios variados como custo de implantação, custo de operação, facilidade de implantação, tempo necessário, impacto sobre as causas-raiz, impacto na satisfação do cliente e potencial para gerar novos problemas, entre outros.

Uma vez selecionada a solução, a equipe deve obter o aval da alta administração para implantá-la antes de agir. Uma vez obtida a aprovação para seguir adiante, a equipe deve desenvolver um plano de implantação, preferencialmente em menor escala: um plano piloto. Algumas ferramentas podem ser aplicadas nesta atividade como Simulações e Testes de Mercado. A importância de se fazer teste piloto pode ser explicada nestas palavras de Pande *et al* (*Ibid.*, p. 285): “Falhar em fazer piloto de soluções é quase um desastre garantido. Você pode se recuperar de pequenos imprevistos e gerenciar problemas limitados; você pode *não* se recuperar se a solução incendiar a empresa.”<sup>28</sup>

A execução do teste piloto oferece ainda a oportunidade de refinamento da solução e da identificação de efeitos colaterais que a acompanham. Além disso, as medições devem

---

<sup>28</sup> “*Failure to pilot solutions is an almost guaranteed disaster. You can recover from small setbacks and manage limited problems; you may not recover if your solution backfires on the organization.*”



comprovar sua eficácia na eliminação ou redução do problema que consta do Decreto de Projeto. Se os resultados do piloto não forem satisfatórios, a equipe deve retornar à etapa *Medir* do DMAIC para aprofundar os conhecimentos sobre o fenômeno ou deve considerar a possibilidade de implementar o DFSS – *Design for Six Sigma* (Desenvolvimento para Seis Sigma). O DFSS será tratado no tópico 2.2.4.

Se os resultados do teste piloto comprovarem sua eficácia na redução do problema e ausência de efeitos colaterais, deve ser elaborado novo plano, desta vez para implantação em larga escala, da solução refinada. As ferramentas que são úteis para esta atividade são Diagrama de Gantt, Diagrama de Processo Decisório, 5W2H, entre outras.

### **2.2.3.5 C – Controlar**

O propósito da etapa *Controlar* do DMAIC é assegurar que os ganhos obtidos na etapa *Melhorar* sejam perpetuados na organização. Para isso é importante a continuidade das medições por algum tempo com uso das ferramentas já mencionadas. Se essas medições não confirmarem os resultados, a equipe deve retornar à etapa *Medir* ou considerar o uso do DFSS a exemplo do que foi mencionado na etapa anterior.

Uma vez que os resultados se sustentam com o tempo, a equipe deve padronizar as alterações que foram feitas com a implantação da solução, levando em conta mecanismos de prevenção e detecção de problemas. O Poka-Yoke pode ser uma ferramenta útil para esta atividade. Também manuais, políticas e treinamentos devem ser colocados em prática para disseminar as modificações realizadas, inclusive com envolvimento do Dono do Processo<sup>29</sup>. O Dono do Processo é o profissional responsável pelo processo que foi modificado pelo projeto, não necessariamente tendo participado da equipe de projeto. Como tal, ele deve assumir a responsabilidade pela manutenção dos resultados em sua esfera de atuação – o processo – a partir da conclusão e encerramento do projeto. Este papel equivale ao de “proprietário do processo” desenvolvido na Reengenharia e explorado no tópico 2.1.3.

Adams *et al* (2003, p. 34) recomendam que os resultados sejam compartilhados dentro da organização e que sejam exploradas as oportunidades de replicação em outras áreas. Esta é

---

<sup>29</sup> “*Process Owner*”

uma oportunidade para que os gestores do programa Seis Sigma compartilhem experiências e acumulem ensinamentos úteis para os próximos projetos da organização.

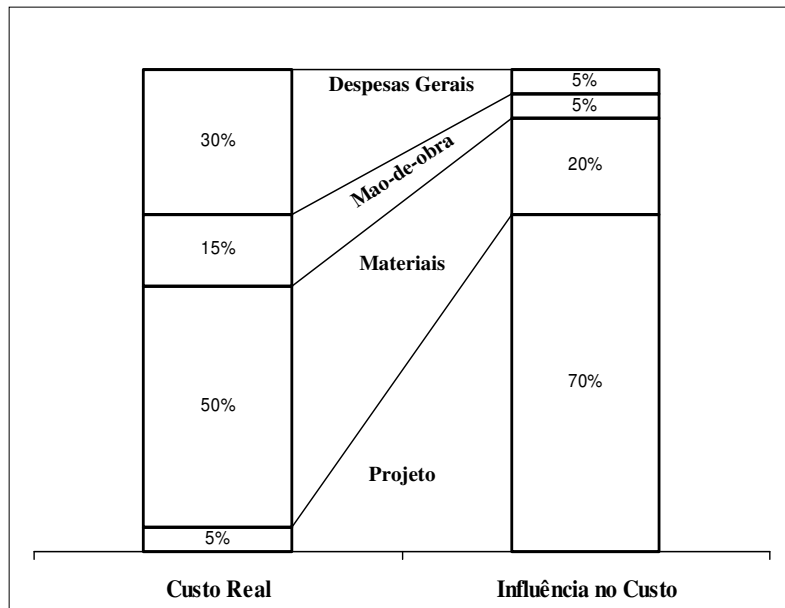
#### **2.2.4 DFSS – *Design for Six Sigma* (Desenvolvimento para Seis Sigma)**

Segundo Harry e Schroeder (2000, p. 149), as organizações que adotaram Seis Sigma encontraram uma barreira de superação quando alcançaram nível de performance em torno de 4,7 Sigma e descobriram que a única maneira de ir além dessa barreira era “[...] reprojeter seus produtos e serviços a partir do zero usando o Desenvolvimento para Seis Sigma (DFSS).”<sup>30</sup> Ainda, segundo os autores, o DFSS é uma abordagem rigorosa para projetar produtos e serviços, bem como seus processos habilitadores, desde o início, para assegurar que eles atendam às expectativas dos clientes.

Numerosos estudos revelam que cerca de 70% dos custos totais de um produto são determinados por decisões durante seu projeto (HARRY e SCHROEDER, *Ibid.*, p. 36). Isso pode ser evidenciado através do Ilustração 13, que mostra de que forma os custos diretamente alocados a um produto se relacionam com demais custos associados a esse produto. O elemento projeto, que representa apenas 5% dos custos diretamente alocados ao produto, influencia 70% dos custos totais. Já o elemento materiais representa 50% dos custos diretamente alocados, mas está associado a apenas 20% dos custos totais de produtos. Isto sugere que investir mais esforço na etapa de projeto trará maior benefício com relação ao custo total dos produtos.

---

<sup>30</sup> “[...] *to redesign their products and services from scratch using Design for Six Sigma (DFSS)*”



**Ilustração 13 – Componentes de influência no custo de produtos**

Fonte: Harry e Schroeder, 2000, p. 153

Pande *et al* (2000, p. 287) afirmam que uma das competências essenciais para as empresas do século 21 é sua capacidade de criar novos ou inteiramente novos processos. Os autores apontam as seguintes vantagens do DFSS em comparação com os esforços de Reengenharia surgidos nos anos 1990:

- a) Ênfase em valor e no Cliente. Enquanto os esforços de Reengenharia tipicamente focavam a redução do tamanho das organizações, o DFSS busca aumentar o valor entregue aos clientes e grandes melhorias de eficiência e produtividade na organização.
- b) Processo focado. Os esforços do DFSS são voltados a segmentos específicos ou oportunidades críticas, o que os torna mais facilmente gerenciados. Em contraste, os esforços de Reengenharia eram amplos e demorados, estimulando desinteresse por parte da organização.
- c) Aplicações mais amplas para DFSS. O caráter multifuncional das equipes Seis Sigma e sua filosofia proporcionam participação mais ampla na geração de idéias e criatividade. Os esforços de Reengenharia eram tipicamente desenvolvidos por uma camada seleta de profissionais, mais próximos do topo da organização e distantes dos processos onde, se encontram as oportunidades.
- d) Melhor uso das tecnologias. A existência de tecnologia à disposição não garante processos mais eficazes. A experiência da Reengenharia mostrou isso.

Segundo Harry e Schroeder (2000, p. 149), o objetivo do DFSS é criar projetos que (1) sejam eficientes na utilização dos recursos; (2) sejam eficazes no nível de resposta independentemente da complexidade ou volume de produtos; e (3) sejam robustos em termos de variabilidade de processo.

Segundo Hahn *et al* (2000, p. 320), são quatro os princípios básicos do DFSS: (1) identificação das especificações dos clientes com objetivo de definir as Características Críticas para a Qualidade - CTQ<sup>31</sup>; (2) desdobramento das especificações dos clientes em especificações para o projeto; (3) verificação da capacidade com uso dos dados existentes e (4) modelagem da combinação do desdobramento das especificações e da verificação de capacidade.

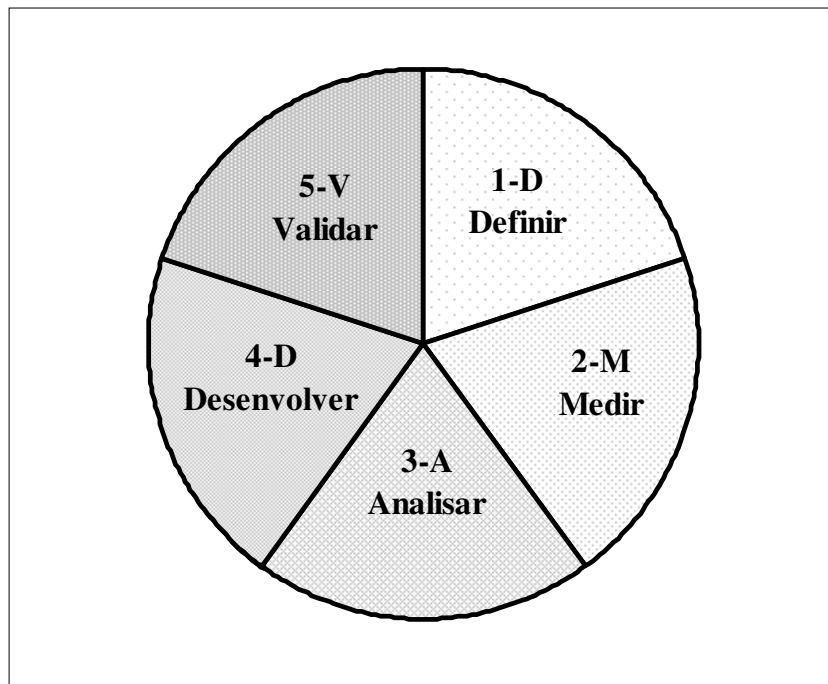
Nos anos 1990 a GE introduziu um método para implantação do DFSS denominado DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*) como um desdobramento da iniciativa Seis Sigma e similar ao DMAIC. Esse método, que se popularizou, será detalhado no tópico 2.2.5. Assim, enquanto o método DMAIC é utilizado para melhorar os processos existentes, o método DMADV é utilizado para reprojeta-lo, seja porque melhorias adicionais não são suficientes (por limitação do próprio processo existente), seja porque o produto ou serviço não existe. No entanto, não há fórmulas mágicas para decidir previamente se o melhor é modificar um processo existente para melhorá-lo (DMAIC) ou desenhar um novo, através do DFSS (PANDE *et al*, 2000, p. 293). Esses autores mantêm a utilização do método DMAIC para implantação do DFSS, apenas dando caráter especial às atividades de cada etapa.

### **2.2.5 Método DMADV para DFSS**

O método DMADV é uma forma estruturada de desenvolvimento de projetos DFSS. A sigla significa: *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyze* (Analisar), *Design* (Desenvolver) e *Verify* (Validar). Essas etapas estão representadas na Ilustração 14 e são assim descritas (WERKEMA, 2005, p. 20):

---

<sup>31</sup> “Critical to Quality”



**Ilustração 14 – Método DMADV**

- a) *Define* (Definir): definir claramente o novo produto ou processo a ser projetado;
- b) *Measure* (Medir): identificar as necessidades dos clientes e traduzi-las em Características Críticas para a Qualidade;
- c) *Analyze* (Analisar): desenvolver conceitos, selecionar o melhor e gerar um Decreto de Desenvolvimento<sup>32</sup> para o projeto;
- d) *Design* (Desenvolver): desenvolver o projeto detalhado com prototipagem, realizar os testes necessários e preparar a produção em pequena e larga escala;
- e) *Verify* (Validar): testar e validar a viabilidade do projeto e lançar o novo produto no mercado.

### **2.2.6 Casos de Sucesso**

Neste tópico pretende-se apresentar alguns casos de sucesso na implantação do Seis Sigma devido seu caráter relevante, seja na concepção do Seis Sigma (caso da Motorola), seja por sua visibilidade e divulgação (casos da AlliedSignal e General Electric).

<sup>32</sup> “*Design Charter*”

### 2.2.6.6 Motorola

O Seis Sigma nasceu na Motorola na década de 1980 a partir do interesse de um engenheiro estatístico, Mikel Harry, nos conceitos de Deming sobre a variação de processos. Seu objetivo era encontrar formas de melhorar o desempenho de sua própria área, o que chamou a atenção do presidente da companhia, Bob Galvin, para a utilização desse conceito em toda a organização (ECKES, 2001, p. 19).

Em 1987 a Motorola definiu a seguinte visão para a companhia (Adams *et al*, 2003, p. 171):

- Visão: satisfação total dos clientes;
- Crenças: respeito mútuo, integridade e confiança;
- Objetivos: ser a melhor empresa em cada aspecto dos negócios, incluindo desenvolvimento de produtos, manufatura, marketing e vendas;
- Iniciativas-chaves: qualidade Seis Sigma e redução dos tempos de ciclo.

A Motorola desenvolveu ciclos de quatro treinamentos, envolvendo áreas gerenciais e funcionários, com o propósito de disseminar o conceito: Entendendo Seis Sigma, Projeto para Manufatura<sup>33</sup>, Gerenciamento do Tempo de Ciclo e Melhoria do Processo de Qualidade. Um elemento chave, porém, foi o estabelecimento de um sistema corporativo de medições confiáveis para permitir o acompanhamento da evolução do programa que se iniciava (ADAMS *et al*, *Ibid.*, p.172-173).

Os resultados positivos levaram a companhia a receber o prêmio Malcolm Baldrige em 1988. Os treinamentos foram estendidos aos fornecedores para se inserirem no programa. A Motorola lançou uma série de produtos inovadores creditados à iniciativa Seis Sigma, entre eles o telefone celular MicroTac (ADAMS *et al*, *Ibid.*). Entre os ganhos obtidos pela Motorola até 1992 estão:

- Economia nas áreas de manufatura acumuladas em mais de US\$ 2 bilhões;
- Redução dramática nos tempos de resposta;
- Rentabilidade multiplicada várias vezes; e
- Vendas por funcionário quase dobradas.

---

<sup>33</sup> “Design for Manufacturability”

Segundo os autores, com o rápido crescimento da companhia – fruto dos resultados do Seis Sigma – a contratação de novos funcionários, bem como novos gerentes, se deu em velocidade maior que a sua capacidade para comunicar o programa. Como resultado, os esforços do Seis Sigma foram diluídos. No entanto, a Motorola estabeleceu meta de reduzir o nível de defeitos em dez vezes a cada dois anos através do Seis Sigma (ADAMS *et al*, *Ibid.*).

#### **2.2.6.7 AlliedSignal**

A adoção do Seis Sigma na AlliedSignal se deu por iniciativa de Lawrence Bossidy, executivo que saía da General Electric para assumir o cargo de CEO em 2001. Ele já ouvira relatos de sucesso por parte de Bob Galvin da Motorola (ECKES, 2001, p. 20; HARRY e SCHROEDER, 2000, p. 215).

Tão logo assumiu a AlliedSignal, Bossidy colocou o plano em prática, estimulando toda a companhia com objetivos agressivos. De acordo com Eckes (*Ibid.*, p. 20), as vendas dobraram na década de 1990. Segundo Harry e Schroeder (*Ibid.*, p. 215-216), no período de 1991 a 1998, o valor de mercado da AlliedSignal subiu de US\$ 4 bilhões para US\$ 29 bilhões e as economias chegaram a US\$ 2 bilhões, ambos por crédito ao programa Seis Sigma.

De acordo com Bossidy, citado por Harry e Schroeder (*Ibid.*, p. 216), o Seis Sigma se tornou essencial para os planos de crescimento da AlliedSignal, pois: (1) o Seis Sigma permitiu o incremento da taxa de sucesso no desenvolvimento de novos produtos; (2) o Seis Sigma ajudou a companhia a reduzir o tempo de ciclo e a lançar novos produtos mais rapidamente ao mercado e (3) a redução dos tempos de ciclo reduziram as despesas gerais, tornando a AlliedSignal mais produtiva com menos recursos.

Harry e Schroeder (*Ibid.*) relatam um episódio representativo: em 1997 um dos sistemas fornecidos pela empresa à Boing provocou falha em quatro aviões Boing 777, que tiveram que fazer pousos de emergência. As falhas ocorreram num intervalo de seis semanas envolvendo quatro companhias aéreas diferentes. A empresa montou equipe multifuncional envolvendo mais de 85 funcionários, fornecedores e clientes para diagnosticar o problema e desenvolver solução em 90 dias. Entre os resultados obtidos, evitaram que as companhias

aéreas perdessem dezenas de milhões de dólares, evitaram seus próprios custos em reparos de emergência e obtiveram plena satisfação do cliente, a Boeing.

Harry e Schroeder (*Ibid.*, p. 217-229) relatam alguns problemas encontrados na experiência de implantação do Seis Sigma na AlliedSignal. São eles:

- a) Trabalhar em projetos demais ao mesmo tempo;
- b) Não existir um responsável por um problema;
- c) Não haver estruturação por processos;
- d) Falta de profissionais treinados e experientes;
- e) Gerência média com medo de incertezas e papéis futuros;
- f) Inexistência de métricas focadas nos processos que agregam valor aos clientes;
- g) Inexistência de sistemas de medições financeiras integradas;
- h) Abordagem fragmentada.

É interessante notar que o primeiro problema relatado – trabalhar com projetos demais simultaneamente – parece conflitante com a recomendação dos próprios autores quando sugerem vários projetos menores em lugar de poucos projetos grandes (*Ibid.*, p.243). Fatores como treinamento, parcela de tempo que os membros das equipes dedicam aos projetos e alinhamento desses projetos à estratégia empresarial podem estar relacionados com esse aparente conflito. Uma sugestão para trabalhos futuros é investigar a capacidade que as empresas têm de conduzir projetos Seis Sigma simultâneos de forma satisfatória.

#### **2.2.6.8 General Electric**

A GE começou a se interessar pelo Seis Sigma em 1995 quando Jack Welch, CEO da GE pediu para que Lawrence Bossidy relatasse a experiência da AlliedSignal. Apesar de cético quanto a eficácia de programas de qualidade, Jack Welch verificou que o Seis Sigma na AlliedSignal estava dando os resultados prometidos simultâneos, nas áreas de enfoque do programa, dadas por Bossidy: aumento da rentabilidade; redução de custos; redução de defeitos; redução dos tempos de ciclo; manutenção de inventário; e melhoria de produtos (HARRY e SCHROEDER, 2000, p. 40-41).



As expectativas iniciais da GE sobre o Seis Sigma eram tímidas: medições preliminares indicaram que o nível Sigma da organização estava entre 3 e 4 (aproximadamente 35000 defeitos por milhão de oportunidades), o que era compatível com o nível de defeito das empresas bem sucedidas. No entanto, a operação ao nível de defeitos de 3 Sigma custava à GE entre US\$ 7 bilhões e US\$ 10 bilhões por ano por conta das ineficiências. A decisão de adotar o Seis Sigma foi anunciada na reunião anual de 1996: o objetivo era alcançar nível de 3,4 defeitos por milhão até o ano 2000 (HARRY e SCHROEDER, *Ibid.*, p. 41-42).

No ano de 1996, a GE investiu US\$ 200 milhões para treinar 200 MBBs, 800 BBs e 20 mil engenheiros em DFSS. Em 1997, a GE investiu US\$ 250 milhões para treinar perto de 4000 BBs e MBBs e mais de 60 mil GBs. A força total de trabalho na GE era de 222 mil empregados na época. Em termos de resultado, apenas no ano de 1997 o Seis Sigma adicionou US\$ 300 milhões ao lucro operacional da GE (HARRY e SCHROEDER, *Ibid.*).

Eckes (2001, p. 20-21) relaciona alguns exemplos de sucesso do Seis Sigma na GE:

- A GE Sistemas Médicos lançou equipamento de tomografia de US\$ 1,25 milhão que fazia leitura do paciente em 17 segundos. Os equipamentos concorrentes levavam três minutos;
- A GE Plásticos aumentou sua produção permitindo aumento de receita e habilitando a empresa a se tornar fornecedora de gabinetes para os computadores iMac da Apple;
- Incremento da eficiência no uso e manutenção dos equipamentos frente sua depreciação.

De acordo com Adams *et al* (2003, p. 174), a GE estabeleceu internamente os seguintes conceitos na implantação do Seis Sigma:

- Atributos críticos para a qualidade: aqueles que são os mais importantes para os clientes;
- Defeito: falha em entregar o que o cliente quer;
- Capacidade de processo: o que podemos entregar;
- Variação: o que os clientes vêem e percebem;
- Operação estável: aquelas que garantem confiança;

- DFSS: inovações para atender as necessidades dos clientes e capacidade de processo.

Na área de serviços a GE Capital investiu US\$ 6 milhões em treinamento aplicando 5% de sua força de trabalho em tempo integral. Até 2000, cerca de 28000 projetos foram realizados com resultados importantes para a divisão de serviços. Entre 1990 e 2000 a participação na receita total da área de manufatura encolheu de 56% para 33,2% enquanto a participação da GE Capital aumentou de 25,6% para 45,8% (HARRY e SCHROEDER, *Ibid.*, p. 49).

Um retrato do impacto do Seis Sigma está no relatório anual da GE de 1998. Em comparação com 1996 (HARRY e SCHROEDER, *Ibid.*, p. 58):

- A receita de vendas chegou a US\$ 110 bilhões, crescimento de 11%;
- Os lucros aumentaram 13% alcançando US\$ 9,3 bilhões;
- O lucro por ação cresceu 14% chegando a US\$ 2,80;
- A margem operacional alcançou o recorde de 16,7%;
- O capital de giro aumentou para 9,2%, acima do recorde de 7,4% obtido em 1997.

Finalmente, foram gerados US\$ 10 bilhões em fluxo de caixa, montante que contribuiu para o programa de aquisições de empresas que se seguiu na GE.

### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Segundo Gil (1973, p. 19), “Pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem por objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos.” Para alcançar esse objetivo, a pesquisa, como procedimento formal, requer tratamento científico fundamentado na observação e exigindo pensamento crítico, uso de evidência empírica, raciocínio lógico e questionamento constante de crenças e conclusões (MARCONI; LAKATOS, 2005, p. 157 e RICHARDSON, 1999, p. 25-26).

A seguir serão apresentados os elementos do método aplicado a esta pesquisa incluindo tipologia do estudo e técnicas para coleta de dados e análise.

#### 3.1 Método de Pesquisa

Em termos de metodologia, este projeto de pesquisa foi planejado em dois estágios: um primeiro estágio exploratório para identificar, a partir da literatura disponível e de entrevistas com profissionais do Seis Sigma, os possíveis fatores críticos de sucesso para implantação do Seis Sigma; e um segundo estágio, desta vez quantitativo-descritivo, para testar as hipóteses criadas no primeiro estágio, através de uma *survey* com questionário auto-administrado.

Este método está de acordo com o defendido por reconhecidos autores sobre metodologia de pesquisa em ciências sociais. Segundo Selltiz *et al* (1975, p. 60) e Marconi e Lakatos (2005, p. 190), um estudo exploratório tem entre outras funções, a de aumentar o conhecimento do pesquisador acerca do fenômeno que deseja investigar e esclarecer conceitos. Segundo Cooper e Schindler (2003, p. 131), através da exploração é possível desenvolver conceitos mais claros, estabelecer prioridades e melhorar o planejamento final da pesquisa. De acordo com Selltiz *et al* (1975, p. 75-76), estudos descritivos podem se referir à “[...] verificação da ligação entre determinadas variáveis [...]” sem levar em consideração relações de causalidade, como se pretende neste estudo. Segundo Marconi e Lakatos (2005, p. 189), um estudo quantitativo-descritivo emprega artifícios quantitativos para, entre outras finalidades, verificar hipóteses derivadas da teoria, sem se ocupar de uma relação causal entre as variáveis.

Com relação ao planejamento em dois estágios, Cooper e Schindler (2003, p. 136) defendem esse desenho quando não se sabe muito sobre o problema, mas se deseja saber antes de comprometer todo o esforço e recursos. Segundo os autores, o estágio exploratório termina quando, entre outras razões, é possível “Definir um conjunto de questões investigativas subsidiárias que podem ser usadas como guia para um planejamento de pesquisa detalhado.”

As informações serão coletadas através do método *survey*, a ser materializado por meio de questionário auto-administrado. De acordo com Freitas *et al* (2000, p. 105):

A *survey* é **apropriada** como método de pesquisa quando:

- se deseja (sic) responder questões do tipo “o quê?”, “por que?” (sic), “como?” e “quanto?”, ou seja, quando o foco de interesse é sobre “o que está acontecendo” ou “como e por que isso está acontecendo”;
- não se tem interesse ou não é possível controlar as variáveis dependentes e independentes;
- o ambiente natural é a melhor situação para estudar o fenômeno de interesse;
- o objeto de interesse ocorre no presente ou no passado recente.

O objetivo do pesquisador no presente trabalho está alinhado com as características acima quando investiga “quais” são os fatores críticos de sucesso na implantação do programa Seis Sigma nas empresas. Além disso, não há interesse em controlar as variáveis do fenômeno, que deverá ser estudado em seu ambiente natural – nas empresas – e com interesse no momento presente.

Como consequência, o presente estudo tem corte transversal como escopo de momento. Segundo Richardson (1999, p. 148) e Sampieri, citado por Freitas *et al* (2000, p. 106), uma pesquisa de corte transversal coleta os dados num dado momento, o que restringe a análise do fenômeno a esse momento pesquisado.

Em se tratando das respostas a uma *survey*, Pinsonneault e Kraemer (1993, p. 84), esclarecem que a unidade de análise pode ser um indivíduo, nesse caso coincidindo com o respondente. No presente estudo as unidades de análise serão os profissionais do Seis Sigma de empresas com atuação nacional, sejam eles *Master Black Belts*, *Black Belts*, *Green Belts* ou Campeões.

O Quadro 2 apresenta o esquema geral da presente pesquisa. No estágio exploratório deste estudo, fatores críticos para o sucesso na implantação do Seis Sigma identificados a partir da literatura são submetidos à apreciação por parte de profissionais experientes do Seis Sigma

através de entrevistas semi-estruturadas pessoais e por telefone. Com base nas discussões, foram geradas proposições e hipóteses relativas aos fatores críticos de sucesso para implantação do Seis Sigma e impactos sobre desempenho conforme enunciadas no tópico 3.2.

**Quadro 2 – Esquema geral da pesquisa**

<b>Etapa</b>	<b>Atividades</b>	<b>Resultados</b>
Pesquisa de possíveis fatores críticos de sucesso e impacto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisão da literatura</li> <li>• Entrevistas com profissionais experientes do Seis Sigma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fatores Propostos</li> <li>• Áreas de Impacto</li> <li>• Hipóteses e questões de pesquisa</li> </ul>
Desenvolvimento de questionário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teste de validação de conteúdo</li> <li>• Teste piloto (pré-teste)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questionário revisado</li> </ul>
Coleta de dados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questionário auto-administrado na Internet</li> <li>• Convite a empresas e fóruns de discussão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respostas de profissionais do Seis Sigma</li> </ul>
Análise de dados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teste de confiabilidade</li> <li>• Teste de validade de <i>constructo</i></li> <li>• Teste de hipóteses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultados da pesquisa</li> </ul>

As hipóteses e proposições levantadas foram utilizadas para desenvolvimento preliminar do instrumento de coleta de dados, neste caso um questionário. Segundo Cooper & Schindler (2003, p. 83), um teste-piloto é conduzido para detectar os pontos fracos de um instrumento de coleta de dados, para fornecer dados sobre amostragem de probabilidade e, como tal, deve ser conduzido junto a um grupo selecionado da população-alvo usando os mesmos protocolos desenvolvidos para a coleta de dados. No caso da presente pesquisa, um pré-teste foi conduzido através da Internet junto a um grupo de profissionais do Seis Sigma usando o questionário na sua versão preliminar. Segundo Cooper & Schindler (*Ibid.*), o pré-teste é uma forma de teste-piloto que “pode basear-se em colegas, representantes dos respondentes ou os próprios respondentes para refinar um instrumento de mensuração.”

### **3.2 As Questões de Pesquisa**

Como visto no tópico 1.3, a primeira das duas questões de pesquisa deste estudo refere-se aos fatores críticos significativos de sucesso. A partir da revisão da literatura disponível e das entrevistas com profissionais experientes do Seis Sigma, oito fatores foram propostos como críticos para o sucesso de implantação do Seis Sigma nas empresas. Tais fatores estão

relacionados no Quadro 3 e são assim descritos, sem importância de sua ordem, com suas respectivas hipóteses formuladas:

*Fator Proposto 1: Iniciativas prévias de qualidade adotadas pela empresa.* Acredita-se que a existência de iniciativas prévias de qualidade tenha influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas. Tais iniciativas incluem programas como ISO 9000, TS 16949, Produção Enxuta, TQM, SPC/SQC, Zero Defeito, mas não se limitam a elas. A partir do exposto, desenvolve-se a primeira hipótese:

- H1: A existência de iniciativas prévias de qualidade tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

*Fator Proposto 2: Liderança.* Acredita-se que a liderança exercida pela alta administração tenha influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas. Sob liderança encontram-se aspectos como entusiasmo, persistência e compromisso da alta administração, suporte ao programa, acompanhamento, estímulo e determinação de metas e objetivos para o programa. Como desdobramento do fator liderança, desenvolve-se a segunda hipótese:

- H2: Liderança da alta administração tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

**Quadro 3 – Proposta de Fatores Críticos de Sucesso para implantação do Seis Sigma**

Oito Fatores Propostos	
F1	Iniciativas prévias de qualidade
F2	Liderança
F3	Processo Gerencial
F4	Perfil dos <i>Black Belts</i>
F5	Treinamento
F6	Projetos
F7	Equipes de Projetos
F8	Comunicação e Revisão

*Fator Proposto 3: Processo Gerencial.* Acredita-se que o processo gerencial e práticas aplicadas tenham influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas. Entre essas práticas, estão a seleção de profissionais e projetos para o programa, treinamento e acompanhamento dos projetos, resolução de conflitos entre programas e dos recursos

aplicados, medição dos ganhos e utilização do Seis Sigma como ferramenta de implantação da estratégia empresarial. Como desdobramento deste fator, desenvolve-se a terceira hipótese:

- H3: O Processo Gerencial tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

*Fator Proposto 4: Perfil dos Black Belts.* Acredita-se que o perfil desses profissionais exerça influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas. No perfil são considerados conhecimentos prévios e habilidades desses profissionais, como carreira profissional relacionada, área de formação, experiência prévia no trato de equipes, na gestão de projetos, na gestão de conflitos e em comunicação. Ainda no perfil considera-se a dedicação integral desses profissionais ao programa como elemento de influência positiva na implantação do Seis Sigma. Como desdobramento deste fator, desenvolve-se a quarta hipótese:

- H4: O Perfil dos *Black Belts* tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

*Fator Proposto 5: Treinamento.* Acredita-se que o treinamento aplicado exerça influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas. O treinamento relativo ao programa inclui o de liderança para os profissionais envolvidos, de ferramentas analíticas e estatísticas, de uso de software estatístico, de gerenciamento de projetos, de trabalho em equipe, de conceitos de qualidade e para solução de problemas. Como desdobramento deste fator, desenvolve-se a quinta hipótese:

- H5: Treinamento tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

*Fator Proposto 6: Projetos.* Acredita-se que os projetos selecionados para o programa tenham influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas. Entre as características relevantes dos projetos estão seu alinhamento com os objetivos estratégicos, conveniência de sua seleção, clareza de metas e datas e revisões periódicas com participação da alta administração. Como desdobramento deste fator, desenvolve-se a sexta hipótese:

- H6: Os Projetos têm influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

*Fator Proposto 7: Equipes de Projetos.* Acredita-se que as equipes alocadas aos projetos tenham influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas. Entre as características relevantes das equipes incluem-se seu caráter multifuncional, presença de representantes das áreas afetadas pelo projeto e da alta administração, habilidades de seus integrantes e existência de reservas para eventuais sobrecargas de trabalho da equipe. Como desdobramento deste fator, desenvolve-se a sétima hipótese:

- H7: As Equipes de Projetos têm influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

*Fator Proposto 8: Comunicação e Revisão.* Acredita-se que a comunicação e revisão do programa Seis Sigma tenham influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas. Neste fator considera-se se há comunicação periódica dos resultados, se há comunicação clara de sucessos e fracassos, reconhecimento dos resultados e créditos para as equipes de trabalho. Como desdobramento deste fator proposto, desenvolve-se a oitava hipótese:

- H8: Comunicação e Revisão têm influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

A segunda questão de pesquisa deste estudo refere-se ao impacto do programa Seis Sigma no desempenho operacional, na satisfação dos clientes e na construção de uma cultura voltada para a qualidade. A partir da revisão da literatura disponível e das entrevistas conduzidas, vários elementos de impacto foram propostos para cada uma dessas áreas. A seguir encontram-se as áreas de impacto percebido, seus elementos propostos e a respectiva hipótese criada.

*Área 1: Operação.* Acredita-se que a operação das empresas apresente melhoria significativa após implantação do Seis Sigma em seus elementos caracterizados por taxa de refugo, taxa de retrabalho, tempo de parada e de processamento, redução de custos e dos níveis de erro, tempo de ciclo, produtividade e outros elementos. A relação dos elementos considerados para impacto na operação está no Quadro 4. A hipótese desenvolvida é a nona:



- H9: A operação das empresas tem melhora significativa após implantação do Seis Sigma.

*Área 2: Satisfação dos Clientes.* Acredita-se que a satisfação dos clientes melhore significativamente após implantação do Seis Sigma pelas empresas. Os elementos de satisfação dos clientes incluem os níveis de reclamação e de retenção dos clientes, reclamações e *recall* de produtos. A relação dos elementos considerados para este impacto percebido está no Quadro 4. Assim, desenvolve-se a décima hipótese:

- H10: A satisfação dos clientes das empresas apresenta melhora significativa após implantação do Seis Sigma.

**Quadro 4 – Elementos de medição para as áreas de impacto**

<b>Área 1: Operação</b>
Taxa de Refugo ( <i>scrap</i> )
Taxa de Retrabalho
Tempo de parada ( <i>downtime</i> ) de máquinas de linha
Tempo de preparação de máquinas ( <i>setup</i> )
Lead Time de produtos
Tempo de processamento ( <i>order process time</i> )
Custo da não-qualidade
Redução de custo dos produtos
Redução do nível de erros
Nível de inventário
Tempo de ciclo
Produtividade
Pontualidade de entrega
<b>Área 2: Satisfação dos Clientes</b>
Reclamações dos clientes
Retenção de clientes
Reclamações em garantia
<i>Recall</i> de produtos
Satisfação geral dos clientes
<b>Área 3: Cultura de Qualidade</b>
Os funcionários compreenderam como eliminar os desperdícios
Funcionários compreenderam como eliminar variação nos processos
Todos têm melhor entendimento dos conceitos de qualidade
Há entendimento geral que todos são responsáveis pela melhoria da qualidade
Todos compreenderam que é necessário aprender mais sobre trabalho em equipe para resolver os problemas de qualidade

*Área 3: Cultura de Qualidade.* Acredita-se que implantação do Seis Sigma nas empresas contribua para o desenvolvimento de atitudes dos seus funcionários de forma que eles se sintam responsáveis pela qualidade dos produtos e serviços, pela eliminação de erros e

desperdícios, pela melhoria contínua, contribuindo para o desenvolvimento de uma cultura de qualidade. O Quadro 4 apresenta os elementos que compõem esta área de impacto percebido, cuja hipótese criada é:

- H11: A implantação do Seis Sigma nas empresas promove o desenvolvimento de sua cultura de qualidade.

Além das questões de pesquisa (e desdobradas acima), questões adicionais foram elaboradas a partir dos objetivos secundários expressos no tópico 1.5 deste trabalho. Tais perguntas adicionais foram assim definidas:

P1. O tamanho da empresa tem efeito no sucesso alcançado por empresa que implanta o Seis Sigma?

P2. A nacionalidade da empresa tem efeito no sucesso alcançado por empresa que implanta o Seis Sigma?

P3. O tempo de implantação tem influência no sucesso do Seis Sigma?

P4. *Black Belts* de tempo integral têm maiores taxas de conclusão de projetos que os *Black Belts* de tempo parcial?

P5. O nível de comunicação entre os profissionais do Seis Sigma tem efeito no sucesso percebido por empresas que implantam o Seis Sigma?

P6. O tempo aplicado em treinamento dos membros das equipes de projeto do Seis Sigma tem efeito no sucesso percebido por empresas que implantam o Seis Sigma?

P7. A nacionalidade da empresa tem efeito na duração dos projetos Seis Sigma conduzidos pela empresa?

P8. A nacionalidade da empresa tem efeito na economia gerada pelos projetos Seis Sigma conduzidos pelas empresas?

P9. O tempo de implantação do Seis Sigma nas empresas tem efeito sobre a economia geradas pelos projetos?

### 3.3 Desenvolvimento do Questionário

Com base nos fatores propostos e nas áreas de impacto obtidos na etapa exploratória deste estudo – levantamento da literatura disponível e entrevistas com profissionais experientes do Seis Sigma – foi desenvolvido questionário para coleta de dados. A validação de seu conteúdo foi feita a partir das entrevistas e da condução de pré-teste.

O pré-teste foi feito utilizando a mesma ferramenta da Internet que seria posteriormente usada para a coleta de dados. Foi enviado a 12 profissionais sendo que houve retorno de seis deles, ou seja, índice de retorno de 50%. Entre os comentários obtidos, houve sugestões para dar clareza a algumas questões, compactação de tópicos e aprimoramento de algumas das categorias existentes. Como resultado, o questionário preliminar foi aprimorado para sua versão definitiva, cujo conteúdo está transcrito no Anexo B. Como referência, o número de questões relacionadas a cada um dos fatores críticos propostos e às áreas de impacto está listado na Tabela 2.

**Tabela 2 – Número de questões elaboradas para cada fator proposto e área de impacto**

<b>Fatores Propostos / Áreas de Impacto</b>	<b>Número de Questões</b>
F1 Iniciativas prévias de qualidade	7
F2 Liderança	8
F3 Processo Gerencial	13
F4 Perfil dos <i>Black Belts</i>	13
F5 Treinamento	9
F6 Projetos	6
F7 Equipes de Projetos	6
F8 Comunicação e Revisão	6
Área1 Operação	13
Área2 Satisfação dos Clientes	5
Área3 Cultura de Qualidade	5

### 3.4 Validação do Questionário

Para verificar o questionário como instrumento de coleta de dados, dois métodos de teste foram empregados: teste de confiabilidade das escalas de medição e teste de validade do instrumento de medição. Tais métodos estão descritos a seguir.

#### 3.4.1 Teste de Confiabilidade das Escalas de Medição

De acordo com Cooper e Schindler (2003, p. 186-187), confiabilidade é um contribuinte necessário para a validade do instrumento e está relacionada ao grau em que uma determinada mensuração está isenta de erro aleatório ou instabilidade. Como tal, um instrumento de coleta de dados, como um questionário, deve funcionar convenientemente em diferentes condições e em tempos distintos. Os autores apresentam três métodos básicos para estimar a confiabilidade de um instrumento, cujo resumo se encontra no Quadro 5:

O primeiro é o Teste-reteste. Neste caso, um instrumento é submetido aos mesmos respondentes em dois períodos distintos de tempo, em geral com intervalo menor que seis meses. A confiabilidade do instrumento é inferida a partir da correlação entre as pontuações que os respondentes dão nas duas ocasiões. É uma medida de estabilidade no tempo.

O segundo método é o de Formas Paralelas. Neste caso, são submetidos aos respondentes formas alternativas (chamadas paralelas) de uma mesma medida para comparação. A confiabilidade é inferida a partir do grau com que essas formas paralelas produzem os mesmos resultados nos mesmos respondentes. Este método implica em duas formas distintas para um mesmo objeto de medição e é uma medida de equivalência de formas.

**Quadro 5 – Resumo das estimativas de confiabilidade**

<b>Tipo</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Método</b>
Teste-reteste	Estabilidade	Correlação
Formas Paralelas	Equivalência	Correlação
Dividir ao meio (KR20 e Alfa de Cronbach)	Consistência Interna	Fórmulas especializadas

Fonte: Adaptado de Cooper e Schindler, 2003, p. 187

O terceiro método é o de consistência interna e se refere à coerência que permeia as variáveis que compõem o instrumento de medição. É o método mais empregado e mede o “Grau em

que os itens do instrumento são homogêneos e refletem o mesmo constructo implícito.” (COOPER e SCHINDLER 2003, p. 187). A idéia é dividir ao meio os resultados obtidos na aplicação do questionário e analisar a correlação entre as metades de um mesmo constructo. Maiores correlações entre as metades indicam maior consistência interna. O instrumento de coleta de dados é aplicado uma única vez e são utilizadas fórmulas especializadas de dois tipos: teste KR20 e Alfa de Cronbach. O teste KR20 é apropriado para escalas dicotômicas; o Alfa de Cronbach é mais útil para escala multi-itens. Este índice varia de 0 a 1, sendo mais próximo de 1,0 quanto mais inter-relacionadas estiverem as variáveis.

Entre os três métodos apresentados, apenas o terceiro – de Consistência Interna – requer aplicação de apenas um questionário uma única vez. Por este motivo, será o método utilizado no presente estudo para confiabilidade do questionário. Pela natureza multi-nível das escalas de medição do questionário, será utilizada a fórmula do Alfa de Cronbach.

Nunnally (1967, p.210) esclarece que o Alfa de Cronbach, baseado na consistência interna, estabelece um limite máximo de medida de confiabilidade comparado a outros instrumentos e que, apesar de existirem potenciais fontes de erro não consideradas nessa medida, tais fontes usualmente não causam diferenças.

Ainda segundo Nunnally (*Ibid.*, p.226), o nível de aceitação da medida de confiabilidade depende da forma como a medição é usada. O autor defende que índices na faixa de 0,5 ou 0,6 são suficientes para estágios iniciais de pesquisa. Por outro lado, Hair *et al* (1998, p. 118) afirmam que o limite mínimo geralmente aceito para o Alfa de Cronbach é 0,7, podendo cair a 0,6 em pesquisas exploratórias. Pelo caráter exploratório do presente estudo, foi adotado valor mínimo de 0,5 para Alfa de Cronbach para confiabilidade das escalas de medição.

### **3.4.2 Teste de Validade do Instrumento de Medição**

Segundo Cooper e Schindler (2003, p. 183), a validade de um instrumento de medição é o grau em que ele mede aquilo a que foi proposto. Neste sentido, validar um instrumento é assegurar em que grau as variações obtidas pela medição se referem de fato às diferenças reais entre os respondentes. A dificuldade que permeia a validação é que, em geral, não se conhece

as diferenças reais. Duas estimativas de validade são abordadas nesta pesquisa: Validade de Conteúdo e Validade de Constructo.

De acordo com Cooper e Schindler (*Ibid.*, p. 184), a Validade de Conteúdo está relacionada à composição das escalas de medição e “[...] é o quanto esse instrumento fornece cobertura adequada das questões investigadas que orientam o estudo.” Os autores esclarecem que este tipo de validade depende de julgamento tendo, portanto, caráter subjetivo por parte do pesquisador. A Validade de Conteúdo pode ser obtida através de definição cuidadosa dos tópicos relacionados e itens a serem medidos por parte do pesquisador. “Esse processo lógico é frequentemente intuitivo e único para cada planejador de pesquisa.” (*Ibid.*) Outra forma de se obter a Validade de Conteúdo é usar painel de pessoas para julgar se o instrumento de medição é adequado e se atende aos requisitos. Neste caso, os participantes avaliam se cada item é essencial, útil mas não essencial ou desnecessário para o que se pretende medir. As características resumidas deste teste de validade estão listadas no Quadro 6.

No presente estudo, os fatores críticos de sucesso propostos e impactos sobre o desempenho das organizações foram amplamente discutidos e validados através das entrevistas com profissionais experientes do Seis Sigma. Além disso, foi feito teste piloto do questionário através de pré-teste com subsequente ajuste do instrumento. Dessa forma, o instrumento é considerado válido em seu conteúdo.

**Quadro 6 – Resumo das estimativas de validade**

<b>Tipo</b>	<b>O que é mensurado</b>	<b>Método</b>
Conteúdo	Grau em que o conteúdo dos itens representa adequadamente o universo de todos os itens relevantes sob estudo	Avaliação de julgamento Painel com índice de validade
Constructo	Tenta identificar os constructos implícitos que são mensurados e determinar como o teste representa esses constructos.	Técnicas convergente-discriminante Análise Fatorial Análise Multitraço-Multimétodo

Fonte: Adaptado de Cooper e Schindler, 2003, p. 184

Por outro lado, a Validade de Constructo, segundo Cooper e Schindler (*Ibid.*, p. 186), procura assegurar que a variância observada na medição advém do constructo representado no conjunto dessas medições. Em outras palavras, a Validade de Constructo é uma medida de quão hábil o instrumento é capaz de medir o constructo que foi originalmente proposto a medir. Uma forma frequentemente aceita para inferir essa validade, segundo os autores, é conduzir simultaneamente um teste de validade convergente e outro de validade

discriminante. A validade convergente é uma medida em que variáveis distintas de um mesmo constructo estão correlacionadas. Quanto mais elevada esta correlação, mais homogêneas são as variáveis em termos do constructo. Em contrapartida, a validade discriminante é uma medida do grau em que duas variáveis semelhantes são suficientemente distintas para não fazerem parte de um mesmo constructo. Segundo Mason e Bramble (1989, p. 260-263), a adequação do constructo de um instrumento de medição pode ser verificada através de ferramentas estatísticas estabelecidas como Análise Fatorial e Análise Multitraço-Multimétodo. No presente estudo, a Análise Fatorial foi usada para estimativa da Validade de Constructo.

A Análise Fatorial é um termo geral para um conjunto de métodos estatísticos multivariados cujo objetivo principal é a definição da estrutura básica que permeia uma matriz de dados de forma a permitir a análise das inter-relações entre um grande número de variáveis (HAIR *et al.*, 1998, p. 366-367). Seus dois usos principais são para sumarizar ou reduzir dados. Pelo poder estatístico de seus métodos, a Análise Fatorial é frequentemente usada para validação de questionários. Foi originalmente desenvolvida durante estudos para entendimento da conexão entre inteligência e notas obtidas por estudantes em diversas áreas, no início dos anos 1900 (SHARMA, 1996, p. 90).

A Análise Fatorial permite ao pesquisador identificar a estrutura básica (constructo) que permeia o conjunto de dados através de fatores, que respondem pela variação dos dados como um todo. Cada fator obtido é responsável por uma parte da variabilidade dos dados. Segundo Cooper e Schindler (2003, p. 467), os resultados numéricos de uma análise fatorial incluem os coeficientes de correlação entre as variáveis e cada fator específico. Esses coeficientes são chamados de carga<sup>34</sup>. Outro resultado numérico da análise são os autovalores<sup>35</sup>, que representam a variância do conjunto de dados que é explicada por um determinado fator.

Para efeito da Validade do Constructo desta pesquisa, serão realizados os seguintes testes com o conjunto de dados: para o teste de validade convergente, para cada constructo, serão aceitas as variáveis que tiverem carga maior que 0,3; para o teste de validade discriminante, serão mantidos os fatores com autovalores maiores que 1,0. Tais valores são considerados como o

---

<sup>34</sup> *Load*

<sup>35</sup> *Eigenvalues*

mínimo para se obter significância conforme Hair *et al* (1998, p. 103 e 111). O método de extração da Análise Fatorial a ser utilizado será o de componentes principais<sup>36</sup>.

### 3.5 Definição do Universo de Pesquisa

O universo de pesquisa são todos os profissionais Seis Sigma – *Master Black Belts*, *Black Belts*, *Green Belts* e Campeões – de empresas que atuam no ambiente empresarial brasileiro e que tenham implantado o Seis Sigma. Apesar de ser finito, não há praticidade em se obter acesso a todos esses profissionais. A inexistência de um cadastro ou registro desses profissionais provoca limitações no processo de amostragem a seguir e constitui elemento de limitação da metodologia de pesquisa. As limitações do método de pesquisa serão tratadas no tópico 3.9.

### 3.6 Definição da Amostra de Pesquisa

A amostragem nesta pesquisa será não-probabilística do tipo intencional por julgamento. Não sendo probabilística, não há garantias de que tal amostra seja representativa da população, mas, às vezes, essa é a única possibilidade viável (COOPER; SCHINDLER, 2003, p. 167). Segundo Cooper e Schindler (2003, p. 169), “A **amostragem por julgamento** ocorre quando um pesquisador seleciona membros da amostra para atender a alguns critérios.” Ainda segundo os autores (*Ibid.*), apesar da amostragem não-probabilística não oferecer o verdadeiro corte transversal da população para a pesquisa, a amostragem intencional pode proporcionar benefícios relacionados a custo e tempo na execução.

Para o propósito desta pesquisa, a amostra será composta por profissionais *Master Black Belts*, *Black Belts*, *Green Belts* e Campeões identificados a partir das seguintes fontes:

- a) Empresas que implantaram o Seis Sigma cujo responsável pelo programa é acessado diretamente por este pesquisador. Estas empresas são de acesso direto e estão relacionadas no Quadro 7.

---

<sup>36</sup> *Principal components*



- b) Empresas que implantaram o Seis Sigma cujo acesso ao responsável pelo programa foi facilitado por integrante da rede de relacionamentos pessoais e profissionais deste pesquisador. Estas empresas são de acesso por indicação e estão relacionadas desta forma no Quadro 7.
- c) Empresas que sabidamente implantaram o Seis Sigma com as quais este pesquisador não tem contato direto ou através da rede de relacionamentos. Para estas empresas, relacionadas no Quadro 7, não há indicação de contato.
- d) Empresas clientes de consultorias especializadas na implantação do Seis Sigma, tais como Werkema Consultoria, Setec, QSP, FDG, Universidade Motorola, ANOVA Consultoria e outras que serão identificadas.
- e) Grupos de discussão na Internet formados por profissionais com interesse no Seis Sigma. Tais grupos são identificados em comunidades como Yahoo, MSN e Nossogrupo.

**Quadro 7 – Algumas das empresas a serem contatadas para seleção da amostra e o nível de acesso deste pesquisador ao contato responsável**

<b>Empresas previamente identificadas para contato</b>		
<b>Acesso Direto</b>		
Recofarma	Refrescos Guararapes	Grupo Simões
Sherwin Williams	Votorantim Cimentos	HP do Brasil
Remil		
<b>Acesso por Indicação</b>		
Itaucom Adiboard	Ford do Brasil	Ford Credit
BankBoston	Wabco	Nitriflex
Owens Corning	Cromex	Fate O
Praxair	Mahle	PPG Industries
Schulz	Atento	Firestone
ELEB	EBC	Lazzuril Sherwin Williams
Visteon	Casco	Bidim
Tower Automotive	Telefônica	Wal-Mart
Nokia da Amazônia	Siemens	Sunchem
Caterpillar	PAMA LS	Agilent Technologies
Multibras		
<b>Sem Indicação</b>		
Votorantim	GE Plásticos	GE Capital
Motorola do Brasil	Kodak do Brasil	Citibank NA
Brhama/Ambev	Du Pont	3M
Embraco	Belgo Mineira	Flexitronics
Alumar	CST	Telemar
CVRD	GE Chapas	

### 3.7 Estratégia de Coleta de Dados

Segundo Cooper e Schindler (2003, p. 183), uma mensuração legítima pode ser avaliada conforme três critérios:

- a) *Validade*, no sentido do quanto um teste mede realmente aquilo que se propõe a medir. Sua três formas mais aceitas são validade de conteúdo, validade de critério e validade de constructo;
- b) *Confiabilidade*, no sentido de precisão e acuidade do procedimento de medição; e
- c) *Praticidade*, relacionado à economia, conveniência e interpretação.

No presente estudo, o instrumento de coleta de dados será testado em sua validade de conteúdo, validade de *constructo* e confiabilidade dos resultados obtidos. Suas etapas estão listadas nos tópicos 3.4.1 e 3.4.2.

De acordo com Marconi e Lakatos (2005, p. 203), “Questionário é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador.” Antes de sua aplicação, o questionário será submetido a um pré-teste com o propósito de verificar possíveis falhas. De acordo com Marconi e Lakatos (*Ibid.*, p. 205), a condução de pré-testes também serve para garantir ao questionário três importantes elementos:

- Fidedignidade: de sorte que se outro pesquisador ou equipe aplicar o questionário ao mesmo grupo de respondentes, chegará aos mesmos resultados;
- Validade: relevância dos resultados para a pesquisa planejada; e
- Operatividade: vocabulário acessível de significado claro para os respondentes.

Cooper e Schindler (2003, p. 260) afirmam que os questionários auto-administrados tornaram-se comuns por sua praticidade e que “A Internet também disponibiliza um *software* avançado e fácil de usar para criar *surveys* na Web.” (COOPER e SCHINDLER, *Ibid.*, p. 264). Além disso, os autores (*Ibid.*, p. 261), apontam diversas vantagens do *survey* auto-administrado:

- Permite contato com respondentes que estariam inacessíveis de outra forma;
- É passível de incentivos para aumentar o índice de respostas;
- Tende a ser a opção de menor custo;
- Maior cobertura geográfica sem adição de custos;
- Exige poucos funcionários;
- Tem boa percepção de anonimato;
- Oferece tempo para resposta dos respondentes;
- Permite a utilização de instrumentos mais complexos;
- É de fácil acesso para pessoas habituadas com computadores;
- Proporciona rápida coleta de dados;
- Permite uso de auxílios visuais.

### **3.8 Tratamento dos dados**

De posse dos dados e informações, será necessário dar-lhes tratamento para consolidar as linhas de investigação e testes de hipótese. Suportado pela fundamentação teórica, esse tratamento deverá incluir análise com utilização de métodos estatísticos. A partir dessa análise será possível formular conclusões. Serão usados: (1) Análise Estatística Descritiva, (2) Testes de Hipótese e (3) Técnicas de Análise Multivariada.

Pela natureza dos dados coletados, será feita Análise Estatística Descritiva. Segundo Cooper e Schindler (2003, p. 359), “O objetivo da análise estatística descritiva é desenvolver conhecimento suficiente para descrever um conjunto de dados”. Essa análise permite descrever as distribuições características de acordo com suas estatísticas relevantes para medidas de localização, dispersão e forma (COOPER e SCHINDLER, 2003, p. 355-358).

Para os testes de hipóteses em torno dos fatores deste estudo, serão utilizados: valores médios das respostas; testes-t para comparação entre médias de dois grupos; e ANOVA (Análise de Variância) para comparação entre médias de dois ou mais grupos. Segundo Cooper e Schindler (2003, p. 399), os testes-t e ANOVA são aplicáveis quando a variável medida é de natureza intervalar ou de razão, como presente na escala de medidas do questionário. Além

disso, para responder as questões de pesquisa também será usado o teste de significância não-paramétrico qui-quadrado. Segundo Cooper e Schindler (*Ibid.*, p. 400), esse teste é particularmente útil quando os dados são de natureza nominal.

Técnicas de Análise Multivariada serão utilizadas para investigar a interdependência entre variáveis com o propósito de testar a validade e confiabilidade do questionário. Entre as técnicas multivariadas a serem utilizadas estão: Análise Fatorial e Índices de Correlação Multivariados. Segundo Cooper e Schindler (2003, p. 454), essa análise é indicada quando há relações simultâneas entre três ou mais fenômenos.

### **3.9 Limitações do Método de Pesquisa**

Apesar do cuidado metodológico aplicado ao projeto, é importante salientar que existem limitações. São elas:

- a) *Representatividade da Amostra.* Como a amostragem não é exatamente probabilística, as generalizações não são possíveis, ficando o resultado restrito ao conjunto de profissionais que compuseram a amostra. Não pode ser estendida automaticamente ao universo de pesquisa.
- b) *Questionário Auto-administrado.* Segundo Cooper e Schindler (2003, p. 260), “O principal ponto fraco do *survey* por correspondência é o erro de não-resposta.”, mas outras limitações estão presentes como: limitação da quantidade de informação que se pode obter e tipo de informação que não pode ser aprofundada. Para contornar estes problemas, será conduzido pré-teste para validação das questões e será feito acompanhamento durante o período em que o questionário estiver disponível para estimular maior participação dos respondentes.

Finalmente, para minimizar os problemas sobre confiabilidade e conseqüente validação dos resultados desta pesquisa, pretende-se adotar os seguintes critérios:

- a) Conferir credibilidade ao material sob investigação;
- b) Zelar pela fidelidade dos dados no processo de transcrição que antecede a análise;

- c) Considerar os elementos do contexto;
- d) Assegurar a possibilidade de se confirmar posteriormente os dados coletados.

### 3.10 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados o método de pesquisa, as hipóteses e questões de pesquisa, aspectos sobre a validação do questionário, sobre o universo e amostra de pesquisa e sobre a estratégia de coleta e tratamento de dados. Da mesma forma, foram apresentados aspectos e cuidados a respeito de limitações do método de pesquisa. De forma resumida, as características estão apresentadas no Quadro 8, abaixo.

**Quadro 8 – Resumo da metodologia de pesquisa**

<b>Características</b>	<b>Conteúdo</b>
Método de pesquisa	1ª etapa: estudo exploratório 2ª etapa: estudo quantitativo-descritivo
Técnicas de coleta de dados	Pesquisa bibliográfica Entrevistas semi-estruturadas <i>Survey</i> (questionário via Internet)
Testes do questionário	Confiabilidade das escalas de medição Validade de conteúdo Validade de constructo
Amostra de pesquisa	Intencional por julgamento
Análise de dados	Estatística Descritiva Testes de Hipótese Técnicas de Análise Multivariada

Finalmente, acredita-se que, apesar das limitações extrínsecas, esta metodologia de pesquisa atende às necessidades pertinentes a esta pesquisa para alcançar os objetivos primários e secundários estabelecidos.



## **4 RESULTADOS E ANÁLISE**

Neste capítulo serão apresentadas as análises feitas sobre os dados coletados na pesquisa. Primeiramente serão apresentadas as informações gerais sobre os respondentes. Em seguida, serão tratados aspectos sobre a confiabilidade das escalas de medição e validade do instrumento de medição, conforme descrito na metodologia de pesquisa. Com o questionário validado, as hipóteses desenvolvidas serão testadas e as questões de pesquisa, respondidas.

É importante destacar que as técnicas estatísticas empregadas, cálculos e procedimentos específicos para tratamento dos dados foram realizados usando pacotes de aplicativos por computador através de dois produtos: SPSS e Minitab. O uso de cada um deles foi ditado pela conveniência deste pesquisador e será apontado quando de sua utilização.

### **4.1 Informação Geral sobre os Respondentes**

O questionário aplicado ficou disponível para captura de dados entre meados de abril e final de junho de 2006. Nesse período, o convite para preenchimento foi reenviado algumas vezes, bem como avisos de encerramento do prazo de coleta de dados, como parte da estratégia para estimular maior participação entre os convidados. Pela natureza da coleta de dados, não foi possível saber com precisão o número de profissionais convidados a participar. Isto se deu porque nenhuma empresa diretamente contatada, e listada no Quadro 7, forneceu uma lista de profissionais. Pelo contrário, os pontos de contato nas empresas se comprometeram a repassar o convite para tais profissionais, não sendo possível saber exatamente quantos foram efetivamente convidados.

Com relação aos fóruns de discussão sobre Seis Sigma, foram identificados na Internet e contatados 30, sendo que 25 deles permitiram a apresentação do convite. Os fóruns que permitiram a divulgação do convite estão listados na Tabela 21 do Anexo D, mas tampouco é possível saber o número de profissionais efetivamente convidados. Os fóruns das comunidades Orkut e Yahoo indicavam o número de membros inscritos, mas não há indicação de atividade de tais membros que assegurassem o efetivo recebimento do convite.

No período de captura de dados foram registradas 177 respostas, sendo que 82% delas foram obtidas no mês de maio. Desse total, 52 respostas foram excluídas por não conterem número mínimo de dados para análise, resultando 125 respostas. A quantidade eliminada parece compatível com o fato da ferramenta da Internet registrar, como respondentes, profissionais que eventualmente abandonam o questionário. As 125 respostas válidas representam 71% das respostas recebidas e representarão a amostra de respondentes para efeito desta pesquisa.

Para efeito deste estudo, são considerados respondentes aqueles que forneceram as 125 respostas válidas. Tal número é satisfatório para o propósito deste estudo e é superior ao obtido por Lee (2002) em seu estudo no mercado americano.

#### 4.1.1 Análise dos Dados Demográficos

Com o propósito de explorar o ambiente em que operam as empresas dos respondentes e também para permitir a resposta das perguntas desta pesquisa, o questionário aplicado contém perguntas de caráter geral. Tais perguntas incluem a principal área de atividade, número de funcionários da empresa, papel desempenhado no programa Seis Sigma, e outros aspectos que estão sumarizadas no Quadro 9. As questões de ordem geral são de dois tipos: a respeito dos respondentes e a respeito das empresas em que os respondentes atuam.

**Quadro 9 – Questões pesquisadas sobre os respondentes e suas empresas**

<b>Sobre as Empresas dos Respondentes</b>
Principal área de atividade
Número de funcionários
Nacionalidade
Origem do capital
Localização geográfica
Tempo de implantação do Seis Sigma
Duração média de projeto Seis Sigma
Número de profissionais
Economia média anual por projeto
<b>Sobre os Próprios Respondentes</b>
Nível de educação
Área de formação
Papel desempenhado no programa Seis Sigma
Tempo em que os respondentes desempenham seu papel
Regime de dedicação de tempo dos <i>Black Belts</i>
Tempo dedicado à função de <i>Black Belt</i> (BB Parciais)
Taxa de conclusão de projetos
Número de projetos Seis Sigma concluídos anualmente
Tipos de projetos Seis Sigma
Áreas onde os respondentes aplicaram seus projetos



Nem todos os 125 respondentes forneceram respostas para todas as questões. Como resultado, as tabelas totalizadoras com as estatísticas descritivas poderão conter menor número de respostas válidas e os percentuais serão calculados sempre com relação ao total de respostas fornecidas por questão, mesmo menores que 125. Com o propósito de dar fluidez ao texto e mantê-lo mais leve, as tabelas descritivas estão no Anexo E.

#### **4.1.1.9 Análise das Empresas dos Respondentes**

A expressão correta quando houver referência às empresas deve ser “empresas dos respondentes”, já que são os indivíduos respondentes que constituem a unidade pesquisada neste trabalho. Entretanto, para simplificação do texto a seguir, essa expressão será reduzida para “empresas pesquisadas” ou simplesmente “empresas”. Fica o leitor ciente, desde já, do alcance de tais expressões.

O primeiro aspecto relevante sobre as empresas pesquisadas diz respeito a sua área de atuação. A grande maioria delas, 71,4% (85 respondentes), tem a Manufatura como principal área de atividade. Em seguida aparece a área de Serviços, indicada em 24,4% dos casos (29 respondentes). Esses dados estão na Tabela 22. As duas áreas de atividades representam, em conjunto, 95,8% das respostas. O alto índice de indicações para a área de Manufatura não causa surpresa uma vez que o Seis Sigma foi inicialmente desenvolvido com foco nessa área na Motorola. O resultado é similar ao encontrado no estudo conduzido por Lee (2002), em que o índice de empresas atuando em Manufatura foi de 78%. Entre outras áreas mencionadas pelos respondentes, aparecem Consultoria em Qualidade, Consultoria em Alimentos, além das áreas Transacional e de Representação/Distribuição, categorizadas no questionário.

Quanto ao número de funcionários nas empresas, a maioria (56,3% do total) possui mais de 1000 funcionários. O segundo grupo mais numeroso foi o de empresas entre 251-500 funcionários com 16,8% das respostas. Esses dados estão na Tabela 23. Nota-se, porém, que o percentual acumulado de participação das empresas com mais de 500 funcionários é 68,9%. Pequenas e médias empresas, com menos de 500 funcionários, representam 31,1% das respostas. Esses dados são compatíveis com o fato do Seis Sigma ter nascido e se desenvolvido primeiramente entre grande empresas e são similares aos encontrados por

Dusharme (2001, 2003a, 2004) em seus estudos. No entanto, contrastam com os resultados obtidos por Lee (2002), em cujo estudo a maioria das empresas participantes, 55%, tinha até 500 funcionários. Não se pode descartar o efeito da amostragem não-probabilística dos estudos.

A forma de abordagem dos respondentes através da Internet e a seleção prévia de empresas para envio do convite podem ser causas de viés, mas a concentração de empresas maiores parece compatível com o resultado de sucessivos estudos de Dusharme (2001, 2003a, 2003b e 2004). Em particular, seu estudo mais recente, de 2004, indicou que apenas 16% das empresas tinham menos de 500 funcionários. A maior predisposição de empresas maiores em se envolverem com o programa pode estar associada ao fato de serem necessários investimentos por parte da empresa com treinamento. Segundo Dusharme (2003a, p. 3), “Empresas menores não dispõem de recursos para treinamento da mesma maneira que as grandes corporações”<sup>37</sup>.

Não há razões aparentes para que se suceda de forma diferente no ambiente empresarial brasileiro. Como dito anteriormente, no Brasil, a aplicação do Seis Sigma iniciou-se através do conhecimento aplicado nas matrizes das empresas multinacionais. As filiais nacionais tendem a ser, via de regra, empresas com mais de 500 funcionários. Tal característica parece ser reforçada pela nacionalidade das empresas dos respondentes. Conforme os dados da Tabela 24, 74% das empresas deste estudo são estrangeiras e apenas 26% são empresas brasileiras.

A Tabela 25 do Anexo E mostra a origem do capital das empresas participantes. A maioria absoluta delas – 110 empresas ou 92,4% do total – é de capital privado. Se considerarmos ainda as de capital misto, o total acumulado chega a 96,6%. Ou seja, a quase totalidade das empresas de alguma forma envolve capital privado. Esses dados também não causam surpresa, uma vez que as iniciativas de aumento de eficácia sempre foram características da iniciativa privada. O setor público parece pouco sensibilizado aos possíveis ganhos do programa. Além disso, este setor notadamente tem a área de serviços como a de principal atividade, o que não reforça sua predisposição ao programa, como visto anteriormente.

---

<sup>37</sup> “*Smaller companies don’t have the resources to train the way that large-scale corporations do*”

Em termos de localização geográfica, 56,3% das empresas encontram-se no estado de São Paulo, seguidas por 11,8% no estado de Pernambuco e 7,6% no estado de Tocantins. Em termos de regiões, a Sudeste foi a mais indicada com 65,5% das empresas. A segunda região mais presente foi a Norte, com 16% das respostas, logo seguida pela região Nordeste com 14,3% das respostas. A região Sul teve 3,4% e a região Centro-Oeste, apenas 0,8%. Estes resultados, conforme mostrado na Tabela 27, parecem conter o viés da amostragem não-probabilística desta pesquisa. Naturalmente que a maioria delas em São Paulo não causa surpresa, mas não eram esperadas as concentrações nos estados de Pernambuco e Tocantins. Isso pode ser evidenciado pela comparação com a participação econômica das regiões no PIB conforme a Tabela 3, abaixo. De acordo com o IBGE, as regiões Norte, Sudeste e Sul são responsáveis por 5%, 55% e 19% da economia respectivamente; as participações na localização das empresas deste estudo são 16,0%, 65,5% e 3,4% para as mesmas regiões. Naturalmente não se pretende assumir rigor de uma comparação direta entre PIB e localização, apenas evidenciar essa distorção. Não há, por exemplo, entre os respondentes, empresas no estado do Rio Grande do Sul, que tem a maior participação do PIB na sua região. Tampouco há no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e vários estados do Nordeste. Além da característica não-probabilística da amostra, o convite para a pesquisa estimulou que diversos profissionais de uma mesma empresa contribuíssem com suas percepções, o que certamente se refletiu nos resultados. Esse viés, porém, em nada afeta as análises relativas aos objetivos primários e secundários deste estudo.

**Tabela 3 – Comparativo da participação do PIB e localização das empresas por região**

<b>Região</b>	<b>PIB de 2003<sup>1</sup></b>	<b>Localização das Empresas</b>
Norte	5%	16,0%
Nordeste	14%	14,3%
Sudeste	55%	65,5%
Sul	19%	3,4%
Centro-Oeste	7%	0,8%

<sup>1</sup>Fonte: IBGE, 2006

Quase metade das empresas, mais precisamente 43,0% delas, implantou o programa Seis Sigma em um período 1-3 anos antes da pesquisa. Esse foi o grupo mais numeroso do estudo. 23,7% das empresas implantaram o programa entre 3-5 anos antes e 24,6% implantaram há mais de cinco anos. Esses dados estão na Tabela 26 do Anexo E. É interessante notar a baixa presença de empresas com histórico menor que um ano de Seis Sigma. No estudo de Lee (2002) elas eram o segundo grupo mais numeroso. De fato, no estudo publicado no mercado

americano, apenas 14% das empresas pesquisadas tinham três anos ou mais de implantação. A relevância desta constatação está no fato que históricos mais longos sugerem percepções mais maduras sobre os efeitos e ganhos do Seis Sigma, o que é útil para os propósitos deste estudo. Em contrapartida, os anos de experiência dos próprios respondentes contribuirá para a qualidade das percepções. Essa dimensão será analisada no tópico seguinte.

Essas empresas conduzem projetos Seis Sigma que têm duração variável. A Tabela 28 mostra a duração média desses projetos. Para 38,9% das empresas, os projetos duram 3-6 meses. Para outras 31,0% os projetos duram em média 6-9 meses. Apenas 9,7% das empresas conduzem projetos de duração média maior que um ano. Esses dados são compatíveis com a variabilidade de projetos conforme o estágio de implantação do programa nas empresas e percepção dos respondentes, eles próprios ocupando papéis variáveis.

Essa variabilidade de estágios entre as empresas parece se refletir também no número de profissionais Seis Sigma pesquisados na pergunta 25 do questionário. A quantidade de *Black Belts* ativos, por exemplo, varia de zero a 92 entre as empresas. A quantidade total de *Black Belts* (ativos e inativos) vai de 0 a 400. Vale lembrar que *Black Belts* ativos são aqueles envolvidos em projetos Seis Sigma, enquanto que os inativos são aqueles treinados e eventualmente certificados, mas que não atuam em projetos porque, por exemplo, foram designados para outras funções. Esses dados refletem dois aspectos importantes: confirma a presença de empresas iniciantes do programa, ainda sem profissionais desta qualificação; e revela a incidência de profissionais capacitados, mas não atuantes ativamente no programa nas empresas. Não é objetivo desta pesquisa investigar a utilização destes profissionais, mas poderia ser importante verificar as razões do não aproveitamento desses recursos por parte das empresas em estudos futuros.

Como resultado, a média estatística é de 9,5 *Black Belts* ativos por empresa e 20,8 totais, conforme dados da Tabela 29. Os desvios-padrão são respectivamente 14,8 e 50,1 profissionais, grandes o bastante para caracterizar a variabilidade das respostas fornecidas. No caso dos *Green Belts*, o resultado não é diferente. As respostas variam de zero a 4000 com média 110,3 e desvio-padrão de 448,7. A indicação de 4000 *Green Belts* em uma única empresa tampouco causa surpresa, pois é indicação de implantação do Seis Sigma que todos os funcionários sejam treinados nessa modalidade específica. De fato, Harry e Schroeder (2000, p. 195) sugerem este objetivo de longo-prazo para as empresas que pretendem

implantar sua metodologia. Tal quantidade igualmente acusa a presença de empresas com longo tempo de implantação do Seis Sigma (mais de cinco anos) entre as pesquisadas.

A última questão a respeito do perfil das empresas é sobre a média anual de economia proporcionada por projeto Seis Sigma. A análise preliminar das respostas indicou que a pergunta utilizada, a 26ª do questionário, fora mal formulada por este pesquisador, dando margem a dupla interpretação por parte dos respondentes: economia de todos os projetos ou economia por projeto. Graças aos cuidados tomados por conta das limitações do método de pesquisa detalhados no tópico 3.9, foi possível confirmar os dados a posteriori. Os respondentes foram contatados para confirmar ou ajustar os valores informados para seu sentido desejado, ou seja, o de valor de economia por projeto. Duas respostas que não puderam ser confirmadas foram eliminadas da base de dados para não causarem distorções. Além disso, os valores informados em moeda americana foram convertidos em reais pelo fator 2,30 R\$/USD.

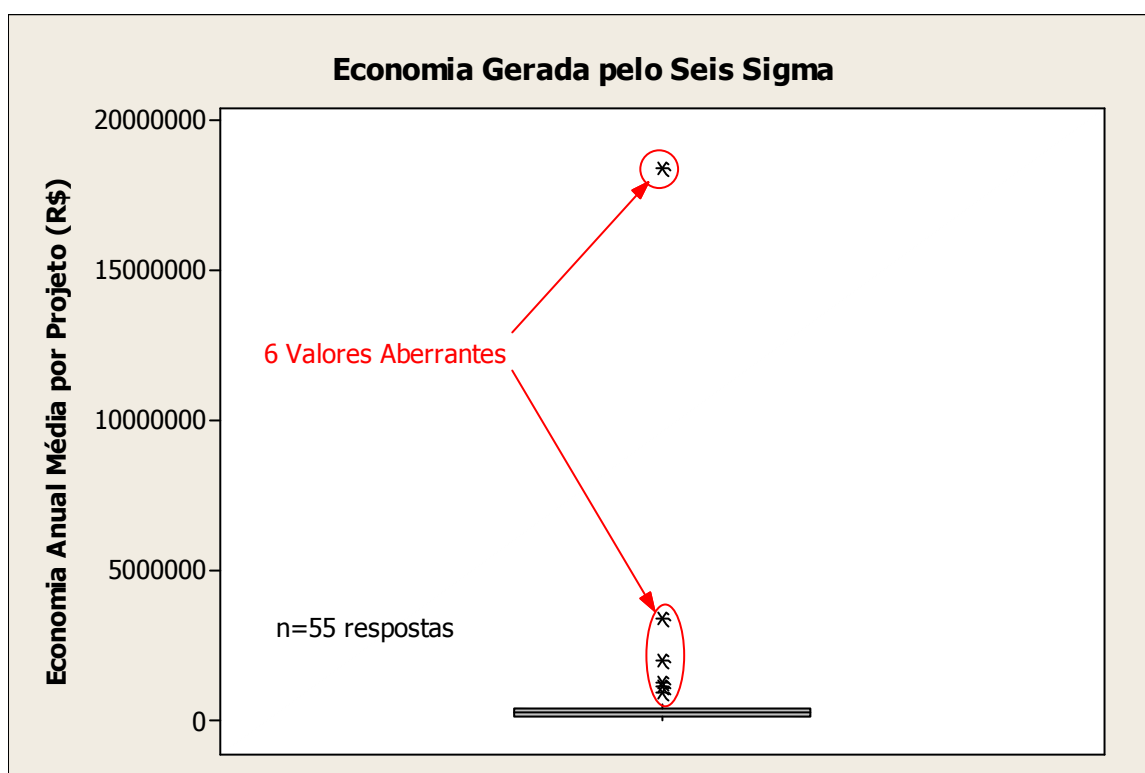


Gráfico 1 – Gráfico de caixa para economia gerada pelos projetos Seis Sigma

No total, 55 respondentes forneceram respostas cujas estatísticas descritivas estão na primeira linha da Tabela 30. Os valores contêm grande espalhamento, variando de um mínimo de R\$ 23 mil até máximo de R\$ 18,4 milhões por projeto. O espalhamento de valores pode ser

evidenciado pelo elevado desvio-padrão (R\$ 2,48 milhões) em relação à média (R\$ 754,86 mil) e a assimetria dos dados pode ser evidenciada pelo fato da mediana (R\$ 300 mil) ser bastante inferior à média. Esses dados não têm comportamento compatível com uma distribuição normal esperada e sugerem a presença de valores aberrantes.

O Gráfico 1 mostra o gráfico de caixa para os 55 valores fornecidos. Seis valores aberrantes foram identificados. Para evidenciar a distribuição dos valores sem efeito dos valores aberrantes, eles foram retirados da base de dados e as estatísticas foram recalculadas para as 49 respostas remanescentes. Os resultados estão na segunda linha da Tabela 30: o valor máximo passa a R\$ 575 mil por projeto, o desvio-padrão se reduz para R\$ 151 mil e a média (R\$ 288,7 mil) se aproxima da mediana (R\$ 287,5 mil). Esses valores são compatíveis com o esperado de uma distribuição normal.

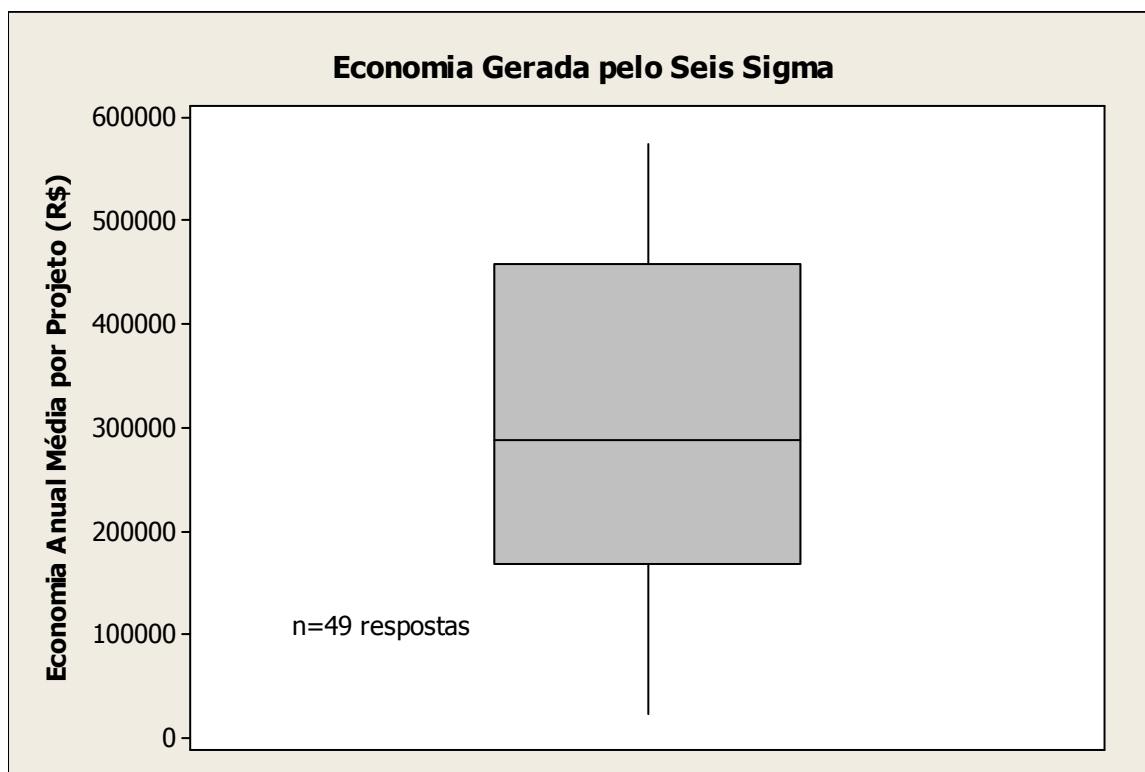


Gráfico 2 – Gráfico de caixa para economia gerada pelos projetos Seis Sigma sem valores aberrantes

O gráfico de caixa para os valores remanescentes está no Gráfico 1. Os testes realizados para verificar a normalidade dos dados de economia estão no Anexo F. Eles comprovam que o conjunto total de 55 respostas não tem distribuição normal e que o conjunto reduzido, de 49 respostas, é normalmente distribuído. Este resultado é importante, pois esses valores serão

utilizados para responder algumas das questões de pesquisa. A grande variabilidade dos valores de economia não causa surpresa e está aderente com a teoria. Além da multiplicidade de projetos, cada empresa tem suas peculiaridades e passa por diferentes fases. Além disso, o benefício financeiro não é o único do Seis Sigma: é elemento chave para o sucesso do programa um equilíbrio entre os projetos focados na eficiência e em benefícios para os clientes (PANDE *et al*, 2000, p. 138).

#### **4.1.1.10 Análise dos Respondentes**

O primeiro aspecto para entendimento do perfil dos respondentes é seu nível de educação formal. Nesta pesquisa, 63,8% dos respondentes têm nível superior e 32,8% têm mestrado. Os dois grupos somados respondem por praticamente a totalidade das respostas. Restam apenas três respondentes com doutorado e um com nível técnico, como se pode notar na Tabela 31 do Anexo E. O que se destaca é justamente a baixa incidência de respondentes com nível técnico. É de se esperar que essa participação fosse maior levando-se em conta, por exemplo, a extensão de formação *Green Belt* para um grande número de funcionários das empresas, nem sempre com curso superior. A própria presença de *Green Belts* entre os pesquisados está confirmada, como veremos em seguida.

Na amostra do estudo de Lee (2002), por exemplo, o percentual de participantes sem formação superior chegou a 13%. Esse comportamento sugere que os convites distribuídos dentro das empresas podem ter sido concentrados entre os profissionais com maior experiência. Acredita-se que isso não trará dificuldades para o alcance dos objetivos propostos pelo estudo.

A maioria dos respondentes, 54,3% deles, foi formada em Engenharia. Outros 27,6% foram formados em Administração e apenas 5,2 formaram-se na área de Finanças. Esses dados estão na Tabela 32 e confirmam a concentração nas áreas de Engenharia e Administração, a exemplo do estudo de Lee (2002). Entre outras áreas informadas, estão Matemática, Estatística, Química, Decoração, Direito, Enfermagem, Letras, Pedagogia e Psicologia. Isso revela grande variedade de formações que se pode encontrar quando se trata do programa Seis Sigma e não causa surpresa. Corroboram para isso as afirmações de que o Seis Sigma se

aplica a todo tipo de empresa e qualquer área dela (PANDE *et al.*, 2000, p. 51) e a própria indicação de treinamento GB para a totalidade de funcionários, destacada anteriormente.

Entre os papéis desempenhados no Seis Sigma, esta amostra apresenta relativo equilíbrio. Listados na Tabela 33 do Anexo E, 36,8% dos respondentes são *Black Belts*, 30,8% são *Green Belts*, 12,8% são *Master Black Belts* e 4,3% são Campeões. Vale notar que os GB no estudo de Lee (2002) eram apenas 2%. A relativa alta participação desses profissionais nesta pesquisa contribui para a representatividade das percepções sobre o programa, importantes para os objetivos planejados. Entre as outras respostas fornecidas, há papéis múltiplos entre os já citados, *White Belts*, posições na alta administração e alguns respondentes que não se identificaram adequadamente. A Tabela 34 lista há quanto tempo esses profissionais desempenham seus papéis. 15,4% deles desempenhavam há menos de seis meses por ocasião da pesquisa. Outros 23,1%, até um ano. A maioria dos respondentes, 35,9% do total, está no papel atual entre 1-3 anos e outros 25,6% desempenham há mais de três anos.

Entre os respondentes que se declararam *Black Belts*, 60,5% deles o são em regime parcial e 39,5% em regime integral. Isto representa 26 e 17 respondentes respectivamente, como se pode observar na Tabela 35. Entre os *Black Belts* de regime parcial, a quase totalidade dedica menos de 50% de seu tempo para a função: 47,8% deles dedicam até 20% de seu tempo e outros 43,5% dedicam de 21% a 40%. Esses dados estão listados na Tabela 36. A baixa frequência de *Black Belts* (apenas dois) que dedicam mais de 40% tempo para a função sugerem um nível limítrofe para dedicação de tempo de tais profissionais de regime parcial.

Investigar se esse regime de tempo dos *Black Belts* tem relação com os resultados do programa está entre algumas das questões de pesquisa. Do ponto de vista de conclusão de projetos, porém, alguns dados podem ser notados de imediato. Conforme listado na Tabela 37, cerca de 15% dos *Black Belts* não completam mais que 40% dos seus projetos anualmente. É um índice baixo de conclusão para projetos. Felizmente para as empresa pesquisadas, a participação dos *Black Belts* cresce gradualmente com a taxa de conclusão anual de projetos: 12,8% deles completam entre 40%-60% de seus projetos, 33,3% deles completam 60%-80% de seus projetos e a maioria dos *Black Belts*, 38,5%, completa entre 80%-100% dos projetos a que são submetidos.



Associados com o fato de que para mais de 90% das empresas a duração média de um projeto Seis Sigma é de até 12 meses (Tabela 28 e comentários anteriores), os dados indicam que uma parcela significativa dos projetos Seis Sigma não são completados. Esta é uma questão intrigante, especialmente se observado que as empresas têm alcançado os resultados esperados. Uma questão que deriva, e que não faz parte do escopo do presente estudo, sugere investigar eventuais causas para a não conclusão dos projetos por parte dos *Black Belts*, bem como seu desdobramento nos objetivos traçados pelas organizações que implantaram o Seis Sigma.

Sem se limitar aos *Black Belts*, quando perguntados sobre o número de projetos concluídos, 88 respondentes informaram números bastante variados: entre zero e 200 projetos por ano. Em média, são 3,75 com desvio-padrão de 35,18 projetos por respondente. Conforme mostrado na Tabela 38 do Anexo E, o exame da distribuição em quartis revela a presença de valores aberrantes. De fato, a mediana é de apenas dois projetos concluídos por ano e o terceiro quartil é de cinco projetos. Os valores zero (ocorrem duas vezes) revelam respondentes que se encontram em formação profissional, ainda sem ter concluído seus primeiros projetos. Os valores mais elevados como 100, 175 e até 200 projetos concluídos por ano, estão associados à presença de *Master Black Belts* entre os respondentes. Tal comportamento é esperado, pois esses profissionais costumam conduzir diversos projetos simultaneamente.

**Tabela 4 – Tipos de projetos Seis Sigma conduzidos pelos respondentes**

<b>Tipo de Projeto</b>	<b>Frequência</b>	<b>% do Total</b>
Redução de custo	86	80,4
Redução de erros/falhas/defeitos	70	65,4
Melhoria da qualidade de produtos e serviços	70	65,4
Aumento de produtividade	66	61,7
Melhoria da satisfação de clientes	52	48,6
Redução do tempo de processamento/atendimento	49	45,8
Redução de inventário	34	31,8
Desenvolvimento de novos produtos	23	21,5
Outros tipos	16	15,0
<b>Respondentes que forneceram respostas</b>	<b>107</b>	

Para investigar a natureza de tais projetos, os respondentes tiveram a oportunidade de selecionar tantas opções quanto fossem pertinentes através do questionário. Os tipos indicados estão listados na Tabela 4 em ordem de número de citações. O tipo mais frequente de projeto é para redução de custos, citado por 80,4% dos respondentes. Em seguida, projetos para

redução de erros, falhas e defeitos e para melhoria de produtos e serviços, foram citados por 65,4% dos respondentes. Seguindo a ordem decrescente, aparecem projetos para aumento de produtividade, para melhoria da satisfação dos clientes e para redução do tempo de processamento/atendimento. O tipo menos freqüente de projeto foi para desenvolvimento de novos produtos, apontado por 21,5% dos respondentes.

Tais resultados não causam surpresa. Redução de erros, falhas e defeitos e melhoria da qualidade de produtos estão no cerne dos objetivos propostos pelo Seis Sigma desde o princípio. De fato, Harry e Schroeder (2000, p. vii) afirmam que o propósito do Seis Sigma é remodelar os processos de forma que os defeitos e erros simplesmente não aconteçam mais. Tampouco causa surpresa o fato do tipo menos citado de projeto ser o de desenvolvimento de novos produtos. Essa categoria de projetos se alinha com o DFSS, sendo tratada com o método DMADV explicado no tópico 2.2.5 e é característica dos estágios mais avançados do programa Seis Sigma. É de se esperar menor incidência deste tipo de projeto diante dos demais. Foram citados ainda outros tipos não listados, que incluem projetos para aumento de vendas, saúde e risco ambiental, segurança no trabalho, governança de tecnologia de informação, devoluções, nacionalização de componentes, responsabilidade social, logística e melhoria da comunicação e da cultura organizacional.

**Tabela 5 – Áreas onde os respondentes aplicaram seus projetos Seis Sigma**

<b>Áreas da Empresa</b>	<b>Frequência</b>	<b>% do Total</b>
Manufatura	66	61,7
Logística	60	56,1
Vendas/Comercial	48	44,9
Engenharia	36	33,6
Financeira	35	32,7
Recursos Humanos	30	28,0
Manutenção	26	24,3
Suporte a Clientes (SAC)	26	24,3
Tecnologia de Informação (TI)	22	20,6
Pesquisa e Desenvolvimento	18	16,8
Outras áreas	8	7,5
<b>Respondentes que forneceram respostas</b>	<b>107</b>	

A Tabela 5 relaciona as áreas das empresas onde os projetos foram aplicados. Mais uma vez, os respondentes puderam selecionar tantas quantas fossem pertinentes. As respostas estão ordenadas por citação e mostram que a área de Manufatura foi a mais citada, por 61,7% dos respondentes. Em seguida, as áreas mais indicadas são Logística, Vendas/Comercial e

Engenharia. A menos citada foi Pesquisa e Desenvolvimento, que recebeu projetos entre 16,8% dos respondentes. Esses resultados são coerentes com os tipos de projetos executados. Manufatura, berço do Seis Sigma, é a líder também aqui. O mesmo se observa a partir das pesquisas conduzidas por Dusharme (2001, p. 3; 2004, p. 7). É interessante notar que áreas bem diversas como Recursos Humanos, Tecnologia de Informação e Suporte a Clientes receberam projetos em mais de 20% dos casos. Outro aspecto de conformidade parece se relacionar com a área menos apontada, Pesquisa e Desenvolvimento: é onde tipicamente são desenvolvidos os novos produtos e, como tal, tem incidência menor que as demais. Outras áreas não listadas foram citadas pelos respondentes: segurança e meio-ambiente, gestão imobiliária, gerenciamento de inovação, marketing e área jurídica.

Vale ressaltar que estas informações são de caráter geral sobre os respondentes e suas empresas. Algumas delas, porém, serão usadas especificamente para responder algumas das questões de pesquisa. Nesse caso, elas serão tratadas em conjunto com outras informações relevantes, receberão tratamento estatístico adequado a esse fim e serão apresentadas no tópico 4.6.

## **4.2 Confiabilidade das Escalas de Medição**

Conforme descrito no tópico 3.4.1, o teste de confiabilidade das escalas de medição foi planejado para execução, após o retorno dos questionários, utilizando o método do coeficiente Alfa de Cronbach. De acordo com Cooper e Schindler (2003, p. 186-187), a confiabilidade de um instrumento mede sua capacidade de fornecer resultados consistentes e é contribuinte necessário, porém não suficiente para validade do instrumento. A validade será tratada no tópico seguinte.

Pela natureza exploratória deste estudo, foi adotado valor mínimo de 0,5 para Alfa de Cronbach para confiabilidade das medições. O índice foi calculado para os 11 constructos desenvolvidos: oito para os fatores de sucesso propostos (F1 a F8) e três para as áreas de impacto (IOP, ISC e ICQ). Índices a partir de 0,5 tornaram automaticamente aceitas as escalas de medição. Nos constructos onde Alfa resultou menor que 0,5, o teste foi refeito removendo algumas das variáveis constituintes até que fosse possível obter resultado de Alfa de Cronbach

acima do limite estabelecido de 0,5. Todos os cálculos foram feitos usando a função disponível no pacote de software SPSS.

Entre os fatores propostos, apenas o F6 (Projetos) resultou em Alfa de Cronbach abaixo do mínimo, indicando 0,3462. No recálculo para esse fator, duas variáveis tiveram que ser removidas para se obter confiabilidade interna (variáveis F6.2 e F6.5). O Alfa de Cronbach do fator F6 resultante, com apenas quatro variáveis, foi 0,6605, tornando-se aceitável pelo critério estabelecido. Todos os constructos para as áreas de impacto apresentaram índice de confiabilidade aceitável, não sendo necessária a remoção de qualquer variável de suas escalas. Os valores finais de Alfa – após as remoções – para os 11 constructos estão apresentados na Tabela 6 juntamente com a lista de fatores, o número original de variáveis e aquelas removidas.

**Tabela 6 – Resultados das medidas de confiabilidade interna**

<b>Fator / Área</b>	<b>Descrição</b>	<b>Número de Itens</b>	<b>Itens Removidos</b>	<b>Alfa de Cronbach<sup>1</sup></b>
F1	Iniciativas prévias de qualidade	7	-	0,9161
F2	Liderança	8	-	0,7641
F3	Processo Gerencial	13	-	0,7300
F4	Perfil dos <i>Black Belts</i>	13	-	0,7965
F5	Treinamento	9	-	0,8355
F6	Projetos	6	F6.2 e F6.5	0,6605
F7	Equipes de Projetos	6	-	0,5676
F8	Comunicação e Revisão	6	-	0,6364
IOP	Operação	13	-	0,9014
ISC	Satisfação dos Clientes	5	-	0,9012
ICQ	Cultura de Qualidade	5	-	0,8766

<sup>1</sup>Após a remoção dos itens removidos

Em resumo, os valores de Alfa variam de 0,5676 a 0,9161 denotando que o instrumento apresenta a confiabilidade interna desejada e que todas as escalas são aceitáveis. Com exceção do fator F6-Projetos, que teve duas de suas variáveis removidas (F6.2 e F6.5), todos os constructos foram preservados em suas variáveis de medida constituintes. Um exame do Quadro 10, do Quadro 11 e do Quadro 12 no Anexo G detalha as variáveis de cada constructo e o efeito do teste de confiabilidade sobre elas.

### 4.3 Validade do Questionário

Conforme dito anteriormente, a validade de um instrumento de medição é o grau em que ele mede aquilo a que foi proposto. Duas estimativas de validade são abordadas nesta pesquisa: (1) Validade de Conteúdo e (2) Validade de Constructo.

A Validade de Conteúdo foi obtida ao final da primeira etapa exploratória após as entrevistas semi-estruturadas conduzidas com os profissionais do Seis Sigma, pois “[...] uma forma de determinar a validade de conteúdo é usar um painel de pessoas para julgar como o instrumento atende aos padrões.” (COOPER e SCHINDLER, 2003, p. 184)

A Validade de Constructo, conforme planejado, foi estimada com uso da Análise Fatorial aplicada sobre os dados obtidos com o retorno dos questionários. Os critérios adotados foram autovalor do fator gerado para cada constructo maior que 1,0 e carga de cada variável componente desse constructo maior que 0,3. O método de extração utilizado foi o de componentes principais. Cada um dos 11 constructos foi avaliado através desse critério. No caso do constructo F6-Projetos, a Análise Fatorial foi feita sem considerar as variáveis excluídas no teste de confiabilidade. Foi utilizado o módulo do aplicativo SPSS.

Em todos os fatores as condições de validade foram alcançadas de imediato, com exceção do fator F7 – Equipe de Projetos. Neste caso, a carga da variável componente F7.1 ficou em 0,186, abaixo do limite de 0,3. Essa variável foi, então, eliminada. Em seguida, autovalor e cargas foram recalculados através do mesmo processo.

**Tabela 7 – Resultados das estimativas de validade de constructo**

<b>Fator / Área</b>	<b>Descrição</b>	<b>Autovalor</b>	<b>Itens Removidos</b>	<b>Faixa de Cargas</b>
F1	Iniciativas prévias de qualidade	4,669	-	0,724 – 0,864
F2	Liderança	3,252	-	0,413 – 0,733
F3	Processo Gerencial	3,355	-	0,309 – 0,691
F4	Perfil dos <i>Black Belts</i>	4,062	-	0,306 – 0,721
F5	Treinamento	3,954	-	0,536 – 0,802
F6	Projetos	2,110	-	0,548 – 0,867
F7	Equipes de Projetos	1,960	F7.1	0,516 – 0,718
F8	Comunicação e Revisão	2,371	-	0,503 – 0,728
IOP	Operação	6,096	-	0,574 – 0,703
ISC	Satisfação dos Clientes	3,670	-	0,508 – 0,778
ICQ	Cultura de Qualidade	3,360	-	0,777 – 0,913

A Tabela 39 no Anexo H apresenta detalhes da Análise Fatorial, com cargas, autovalores e percentual da variação explicada para cada constructo nas diversas etapas da estimativa de validade. A Tabela 7, acima, apresenta um resumo dos autovalores finais de cada fator e a faixa das cargas de suas respectivas variáveis. Como resultado, o questionário foi validado em seus constructos.

Os resultados combinados com o teste de confiabilidade das escalas de medição resultam que o questionário validado é o que se obtém com a exclusão das variáveis F6.2, F6.5 e F7.1. É com essa base de dados que se as hipóteses estabelecidas para dar resposta às questões de pesquisa serão testadas a partir do tópico a seguir.

#### 4.4 Primeira Questão de Pesquisa

Com a validação e confiabilidade do questionário, passa-se ao teste das oito hipóteses desenvolvidas para dar resposta à primeira questão de pesquisa. Cada hipótese é validada na medida em que a média do fator referente – a partir da escala Likert de sete pontos – resulta maior que 4,0, ponto médio da escala. É importante lembrar que a escala Likert criada nesta pesquisa pressupõe intervalos regulares entre seus pontos. Além disso, as comparações com o nível médio da escala são feitas com testes estatísticos que têm por base nível de confiança de 95%. A propósito, todos os testes estatísticos aplicados a este trabalho possuem tal nível de confiança. Em uma segunda etapa, as variáveis de cada fator são examinadas em seu grau de importância relativa às demais com base na sua média entre os respondentes.

**Tabela 8 – Estatísticas para fatores propostos com limites para média – 95% de nível de confiança**

Constructo	N	Desvio-Padrão	Média	Limites para a Média	
				Inferior	Superior
Fator1	714	1,8122	5,11	4,98	5,24
Fator2	997	0,7564	6,57	6,53	6,62
Fator3	1615	1,5102	5,74	5,67	5,82
Fator4	1622	1,7925	5,05	4,97	5,14
Fator5	1123	1,0213	6,20	6,14	6,25
Fator6	496	0,8691	6,49	6,41	6,56
Fator7	622	1,6352	5,20	5,07	5,33
Fator8	746	1,3205	6,00	5,91	6,10

O Anexo I contém as estatísticas descritivas de todos os fatores propostos e suas variáveis componentes. A Tabela 8, acima, apresenta um resumo importante desses dados. Ela contém a média geral de cada fator proposto (constructo) como crítico para o sucesso na implantação do Seis Sigma e seu intervalo estatístico para o nível de 95% de confiança. Tomando por exemplo o Fator1 (Iniciativas Prévias), a média de pontuação das 714 respostas recebidas é 5,11, aparentemente superior ao ponto médio da escala, 4,0. O teste estatístico nos mostra que, ainda que não se possa garantir que a média da população seja realmente 5,11, há 95% de confiança que a média esteja no intervalo entre 4,98 e 5,24. Neste caso podemos afirmar que a média do Fator1 é estatisticamente maior que 4,0.

Com base nesses dados, pode-se antecipar que na primeira etapa dos testes de hipóteses, todas serão aceitas porque todas as médias são superiores a 4,0 incluindo o intervalo estatístico.

Para dar maior clareza ao texto e fluidez de leitura, as tabelas contendo os resultados dos testes a partir da Hipótese 2 estão no Anexo J.

#### **4.4.1 Hipótese 1**

A primeira hipótese desta pesquisa foi assim descrita:

- H1: A existência de iniciativas prévias de qualidade tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

Como visto anteriormente, a média geral do Fator 1 de acordo com os respondentes foi 5,11, estatisticamente acima do limite de 4,0 de aceitação. Dessa forma, a hipótese H1 é aceita indicando que iniciativas prévias de qualidade constituem fator de sucesso para implantação do programa Seis Sigma nas empresas. A questão que se segue é saber se há diferença de importância relativa entre as variáveis que compõem esse fator.

De acordo com a Tabela 9, essas variáveis tiveram médias entre 4,18 (para F1.2) e 5,56 (para F1.7). Isso sugere, por exemplo, que os respondentes consideram a variável F1.7 mais importante que a variável F1.2 para influenciar positivamente a implantação do programa Seis Sigma. Essa diferença de percepção realmente existe ou está contida no intervalo de erro

estatístico? Para encontrar essa resposta, é necessário executar um teste de comparação entre médias. Pela natureza dos dados desta pesquisa, o mais indicado é o teste-t pareado. Com isso, verifica-se se há diferença estatística entre as médias 5,56 e 4,18.

**Tabela 9 – Resultados do Fator 1: Iniciativas Prévias de qualidade adotadas pela empresa**

	<b>Fator 1: Iniciativas Prévias</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-Padrão</b>
F1.1	ISO 9000	5,14	1,73
F1.2	TS 16949	4,18	2,03
F1.3	Produção Enxuta	4,99	1,81
F1.4	TQM	5,20	1,78
F1.5	SPC/SQC	5,13	1,86
F1.6	Zero Defeito	5,20	1,85
F1.7	Uma iniciativa prévia de qualidade, qualquer que seja	5,56	1,55
	<b>Total do Fator</b>	<b>5,11</b>	<b>1,81</b>

Mas, e quanto às outras variáveis? A mesma pergunta se aplica a todos os pares que puderem ser formados com a variável F1.7. Como tal, o teste-t pareado deve ser executado para cada um desses pares. Esses testes foram realizados e os seus resultados estão na Tabela 10. Nota-se que seis testes foram feitos: a variável F1.7 com cada uma das outras. O nível de significância do teste é dado através do valor-p, que significa o erro que se comete ao afirmar que as médias são diferentes quando, na verdade, as medias são iguais.

**Tabela 10 – Resultados do teste-t pareado entre variável F1.7 e demais do Fator 1**

	<b>Teste-t Pareado entre Variável F1.7 e demais</b>	<b>Valor-p</b>	<b>Significativamente Diferente?</b>
F1.1	ISO 9000	0,029	Não
F1.2	TS 16949	0,000	Sim
F1.3	Produção Enxuta	0,005	Sim
F1.4	TQM	0,084	Não
F1.5	SPC/SQC	0,159	Não
F1.6	Zero Defeito	0,038	Não
Correção de Bonferroni para múltiplos testes: $0,05 / 6 = 0,0083$			

A definição de nível de confiança de 95% para os testes estatísticos desta pesquisa significa que este pesquisador está disposto a cometer no máximo 5% de erro nas decisões. Aplicando-se a correção de Bonferroni para múltiplos testes, esses 5% devem ser divididos entre os seis comparativos da variável F1.7. Então, cada teste-t pareado da variável F1.7 tem a sexta parte de 5% (0,83% ou 0,0083) como limite para o valor-p. Essa decisão é bastante conservadora, tendo como mérito realmente assegurar que o erro total máximo no conjunto das seis decisões não passe de 5%. Esse critério será mantido para as demais hipóteses de pesquisa. Como



resultado, não existem diferenças significativas entre as médias das iniciativas prévias ISO 9000, TQM, SPC/SQC e Zero Defeito quando comparadas à variável F1.7 (Uma iniciativa prévia de qualidade, qualquer que seja).

Em resumo, de acordo com os respondentes, iniciativas prévias de qualidade são importantes para o sucesso na implantação de Seis Sigma nas empresas. Além disso, iniciativas do tipo ISO 9000, TQM, SPC/SQC e Zero Defeito são mais importantes que iniciativas em TS 16949 e Produção Enxuta. A TS 16949 é específica da indústria automobilística. É possível se especular que a média tenha sido afetada pela eventual baixa participação de profissionais que atuam nessa indústria, uma característica da amostra obtida. O questionário, porém, não tem alcance para essa detecção. Em contrapartida, Produção Enxuta não é exclusiva de uma indústria específica, muito provavelmente permeando aquelas dos respondentes. A média mais baixa – ainda que importante para o fator – parece representar uma característica da população. Isso parece dar legitimidade aos resultados obtidos.

#### **4.4.2 Hipótese 2**

A segunda hipótese foi assim descrita:

- H2: Liderança da alta administração tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

A média geral do Fator Liderança foi 6,57, significativamente acima do limite de 4,0 de aceitação. Por essa razão, a hipótese H2 é aceita. As variáveis que compõem este fator tiveram médias entre 6,31 e 6,77 conforme pode ser observado na Tabela 41. Dentre elas a variável F2.6 (A gerência aloca recursos – pessoas, tempo e outros – para os projetos Seis Sigma) obteve a média mais elevada (6,77) e a variável F2.3 (O principal executivo da empresa tem conceitos de gestão de negócios), a média mais baixa (6,31) do grupo. Para verificar se essa média é significativamente maior que as demais, foi conduzido teste-t pareado com 95% de nível de confiança e correção para múltiplos testes.

Os resultados, listados na Tabela 42, indicam que o entusiasmo e persistência do principal executivo da empresa, o compromisso da alta administração com melhoria contínua, a

promoção de reuniões periódicas para acompanhar projetos e metas e a alocação de recursos (pessoas, tempo e outros) nos projetos são os aspectos mais importantes do fator Liderança para se alcançar sucesso na implantação do Seis Sigma nas empresas. Os demais aspectos pesquisados: comunicação clara das políticas e expectativas de desempenho, conceitos de gestão de negócios por parte do principal executivo da empresa, existência de responsável pelo programa com caráter de empreendedor interno e estímulo e suporte ao aprendizado dos funcionários são importantes para o sucesso na implantação do Seis Sigma nas empresas, embora com importância menor que dos aspectos anteriores.

Interessante notar que as médias foram bastante elevadas levando-se em conta que a escala utilizada vai até 7,0. Este comportamento não causa surpresas, pois o fator Liderança é amplamente citado na literatura disponível como alicerce para sucesso do Seis Sigma. Harry e Schroeder (2000, p. 166), por exemplo, destacam que o sucesso na implantação não acontece sem uma liderança ativa com objetivos claramente traçados e comunicados aos funcionários. Perez-Wilson (1999, p. 205) ressalta em sua estratégia que reuniões mensais com a administração proporcionam ajuste permanente para assegurar o progresso das equipes. Pande *et al* (2000, p. 381) recomendam que a alta administração seja responsável por imprimir os esforços para o programa, como elemento chave de sucesso. O comprometimento pode não ser suficiente: sem a efetiva participação da alta administração, o programa Seis Sigma pode fracassar (ECKES, 2001, p. 262). São inúmeras as narrativas disponíveis a respeito do papel desempenhado por Jack Welch na implantação do programa na GE que creditam o sucesso à liderança que permeou a alta administração da companhia.

A importância do fator Liderança é ainda reforçada pelos comentários fornecidos pelos respondentes em campo aberto. A pergunta 38 do questionário foi colocada de forma optativa e os respondentes foram estimulados a apontar fatores críticos de sucesso não listados anteriormente. Alguns usaram esse campo para fazer elogios ao questionário e ao propósito da pesquisa. Nenhum fator novo foi identificado pelas respostas, mas muitas das respostas reforçavam justamente o papel da gerência e da alta administração como os fatores mais críticos para o sucesso do Seis Sigma.

### 4.4.3 Hipótese 3

A terceira hipótese foi assim descrita:

- H3: O Processo Gerencial tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

Esta hipótese é aceita porque, como visto anteriormente, a média geral do Fator Processo Gerencial foi 5,74 com significância estatística acima do meio da escala (ver Tabela 8). As variáveis integrantes, desta vez, apresentam um comportamento distinto. Uma delas possui média abaixo de 4,0. Trata-se da variável F3.13 (Quando utilizado, o Seis Sigma deve se sobrepôr aos demais programas de qualidade/auditoria para evitar conflitos) com média 3,56. Teste de significância dessa média mostra que para o nível de 95% de confiança, a média dessa variável está no intervalo [3,21 – 3,90]. Isso significa que ela não é considerada importante pelos respondentes, apesar do fator geral. No outro extremo, a variável F3.6 (Treinamento) obteve a média mais elevada: 6,62. Esses dados estão na Tabela 43.

A Tabela 44 mostra o resultado dos testes comparativos entre as médias para importância relativa das variáveis usando o mesmo método explorado nos tópicos anteriores. Os resultados mostram que treinamento, seleção apropriada de projetos e o *coaching* de projetos estão no topo de importância na percepção dos respondentes.

Outros aspectos importantes, ainda que em menor grau, são a seleção dos profissionais do Seis Sigma (*Black Belts*, *Campeões*, *Master Black Belts* e *Green Belts*), a facilitação dos relacionamentos inter-funcionais, a medição dos ganhos em termos financeiros, infra-estrutura dedicada ao Seis Sigma, o uso do Seis Sigma como a principal ferramenta para implantação da estratégia empresarial e a existência de cultura prévia na empresa para definição de indicadores e de métricas. Já o aspecto indicado pela variável F3.13 – Quando utilizado, o Seis Sigma deve se sobrepôr aos demais programas de qualidade/auditoria para evitar conflitos – não é importante para o sucesso na implantação do Seis Sigma nas empresas, na percepção da amostra.

#### 4.4.4 Hipótese 4

A quarta hipótese foi assim descrita:

- H4: O Perfil dos *Black Belts* tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

A hipótese é aceita pelo valor da média do fator Perfil dos *Black Belts*. Entre as variáveis integrantes, quatro tiveram médias abaixo do ponto central da escala (F4.2, F4.3, F4.4 e F4.5), conforme observado na Tabela 45. Isto significa que os respondentes rejeitam a importância da formação profissional dos *Black Belts* em engenharia ou administração, e a importância de carreira profissional relacionada às áreas de qualidade e financeira. É interessante lembrar que mais de 80% dos respondentes têm formação em engenharia ou administração, o que parece reforçar a credibilidade dessas opiniões. Além disso, o aspecto relativo aos *Black Belts* possuem alguma certificação na área de qualidade (variável F4.1) tem média no intervalo [3,73 – 4,39] com valor central em 4,06. Isto sinaliza fragilidade em se assumir a importância de tal aspecto para o sucesso do Seis Sigma.

Em contrapartida, as demais variáveis tiveram médias consistentemente acima do limite, chegando a 6,61 para o estímulo ao trabalho em equipe. Os múltiplos testes de comparação entre as médias (ver Tabela 46), mostram que, de fato, o aspecto mais importante no perfil dos *Black Belts* é sua capacidade de estimular a dedicação e trabalho em equipe. Outros aspectos importantes, ainda que em menor grau são: experiência prévia em gestão de equipes multidisciplinares; habilidades para comunicar as várias facetas de um problema; experiência prévia em liderança e em gestão de conflitos; regime de dedicação em tempo integral; habilidades e experiência prévia em gestão de projetos; visão empresarial do negócio da empresa; e habilidades para fazer apresentações.

Tais resultados demonstram que os aspectos importantes estão no campo das habilidades dos *Black Belts* em detrimento de carreiras e formação inicial. Esses indicadores podem ser valiosos para empresas que pretendem se envolver com o programa, servindo de guia para a seleção de profissionais a serem formados ou mesmo orientando a formação das equipes. Em seu conjunto, essas características caminham para o campo de liderança profissional, indo além do escopo de melhoria de processos. De fato, várias organizações aproveitam os papéis

de *Black Belts* do programa para escalarem seus profissionais nas posições de liderança (PANDE *et al*, 2000, p. 125). Contribuindo com esse conceito, Mike e Schroeder (2000, p. 194) afirmam que os *Black Belts* são nitidamente percebidos como líderes e devem possuir tanto habilidades técnicas quanto gerenciais. Afirmam também que os *Black Belts* desempenham papel de mentores, instrutores, *coach*, investigadores e influenciadores no programa (IBID., p. 202).

#### 4.4.5 Hipótese 5

A quinta hipótese foi aceita, pois a média do Fator Treinamento resultou 6,20, bastante superior ao valor limite. Esta hipótese foi assim descrita:

- H5: Treinamento tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

Não causam surpresa médias tão elevadas entre suas variáveis constituintes. Na faixa entre 5,98 e 6,58, elas praticamente alcançam a pontuação máxima permitida pela escala (ver Tabela 47). A variável mais importante, segundo a pesquisa, é o treinamento das ferramentas analíticas entre os profissionais, com média 6,58. A de menor média é relativa a treinamento de liderança entre os Campeões, com média 5,98. Esses resultados são compatíveis com a natureza do Seis Sigma. Os autores destacam o caráter analítico do programa no entendimento das causas-raiz dos problemas para que eles simplesmente não ocorram mais. Da mesma forma, a ênfase que é dada à evidência suportada pelos dados promove o desenvolvimento analítico como meio para alcançar os resultados prometidos pelo programa. Langley *et al* (1996, p. 12) apontam a capacidade de usar os dados como um dos elementos que dão suporte à busca de melhorias.

A análise comparativa das médias (ver Tabela 48) revela que há diferença estatística entre o treinamento de ferramentas analíticas e todos os demais. No entanto, a diferença não tem significado (ou importância) devido a sua magnitude. De fato, o maior intervalo entre as respostas representa menos que 0,5 da escala Likert de 7 pontos e vários diferem em torno de 0,3 na escala.

Sumarizando, os resultados evidenciam que o treinamento de ferramentas analíticas (gráficos de Pareto, histogramas, dispersão, causa-efeito, etc.) é o aspecto mais importante do treinamento para se obter sucesso na implantação do Seis Sigma nas empresas. Outros aspectos também importantes, ainda que em menor grau, são treinamentos: de conceitos de qualidade; de liderança para os *Black Belts*; para solução de problemas; para trabalho em equipe; de ferramentas estatísticas; de gerenciamento de projetos; para uso de software estatístico; e de liderança para os Campeões. A diferença ainda que tenha significância estatística, não tem significado prático.

#### 4.4.6 Hipótese 6

A sexta hipótese foi descrita desta forma:

- H6: Os Projetos têm influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

Com a redução de duas variáveis por conta do teste de confiabilidade, o Fator Projetos passou a ter apenas quatro variáveis, todas com média acima de 6,0 na escala. O fator teve média 6,49, o que dá suporte a aceitação da hipótese (ver Tabela 49). A variável mais importante segundo a amostra foi F6.1 (Os projetos são selecionados de acordo com a estratégia da empresa), que teve média 6,72. Pela comparação entre as médias (ver Tabela 50), os respondentes consideram que os aspectos mais importantes com relação ao Fator Projetos são: que eles sejam selecionados de acordo com a estratégia da empresa e que suas metas sejam claras e de conhecimento de toda a equipe. Outros aspectos importantes, ainda que em menor grau, são a revisão periódica dos projetos com participação da alta administração e datas bem definidas para início e conclusão dos projetos. É importante ressaltar que a diferença de grau encontrada pode não ter significado prático, uma vez que é da ordem de 0,4 da escala de medição.

Tais resultados são coerentes com a literatura disponível. A vinculação da seleção de projetos com a estratégia empresarial é elemento de coerência para os esforços de aumento de eficiência e competitividade. Pande *et al* (2000, p. 145), por exemplo, destacam que a melhor seleção de projetos está baseada nas necessidades correntes, capacidades e objetivos

definidos. Para Harry e Schroeder (2000, p. 239-240), a seleção de projetos precisa levar em conta as estratégias de negócio e operacionais, exigindo equilíbrio entre elas.

#### 4.4.7 Hipótese 7

A sétima hipótese foi assim descrita:

- H7: As Equipes de Projetos têm influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

De acordo com os respondentes, a média geral do Fator 7 foi 5,20, acima do limite de 4,0 de aceitação. Dessa forma, a hipótese H7 é aceita. As variáveis que integram este fator tiveram médias que variaram entre 3,99 e 6,24, conforme pode ser observado na Tabela 51. Vale lembrar que esses cálculos excluem a variável F7.1, eliminada em razão do teste de validade conforme detalhado no tópico 4.3. A variável F7.3 (Faz parte da equipe um membro da alta administração) teve média 3,99 abaixo do limite mínimo de 4,0. Mais especificamente, o intervalo de confiança para essa medida é dado por [3,69 – 4,3]. Pelo critério adotado neste estudo, os respondentes entendem que não é importante que um membro da alta administração faça parte da equipe de projetos para se obter sucesso na implantação do Seis Sigma nas empresas. Entre as variáveis remanescentes, a F7.2 (Equipe multifuncional com visões variadas do problema) obteve a média mais elevada: 6,24.

Na comparação entre as variáveis (ver Tabela 52), encontramos que os elementos mais importantes para a amostra são que as equipes tenham perfil multifuncional com múltiplas visões do problema e que faça parte da equipe membro com capacidade para analisar dados. Esse resultado está em sintonia com o encontrado no tópico 4.4.5 a respeito da importância do treinamento em ferramentas analíticas. É interessante especular, pelo conteúdo das respostas, se a comunidade de profissionais está encontrando respaldo analítico em suas equipes de trabalho.

Outros aspectos importantes, e em menor grau, são habilidades de membros das equipes para pensamento matemático/estatístico e a existência de *backups* nas equipes para o caso de sobrecarga de seus integrantes. De fato, as médias na Tabela 52 sugerem que este grupo de

variáveis está cerca de 1,2 da escala abaixo do grupo principal. Esta é evidência suficiente para imprimir caráter de significado prático para a diferença. É curioso notar a diferença de importância entre membros com capacidade para analisar dados e membros com habilidades para pensamento matemático/estatístico. Os primeiros são vistos como mais importantes, com 1,0 de pontuação (numa escala de 1 a 7) acima dos outros. Isso parece sugerir que, mais do que gerar dados e informações, respondentes valorizam a capacidade de usá-las para a tomada de decisão.

Ainda de acordo esta análise, não é importante que um membro da alta administração faça parte da equipe para se obter sucesso na implantação do Seis Sigma nas empresas.

#### **4.4.8 Hipótese 8**

A oitava hipótese é a última envolvendo o estudo dos fatores críticos de sucesso para implantação do programa Seis Sigma. Ela foi assim descrita:

- H8: Comunicação e Revisão têm influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas.

Conforme visto na Tabela 8, a média geral do Fator 8 (Comunicação e Revisão) foi 6,00, acima do limite de 4,0 de aceitação. Dessa forma, a hipótese H8 é aceita. Várias das médias integrantes do fator foram maiores que 6,0 e todas, maiores que 5,0 (ver Tabela 53). Creditar o sucesso de um projeto sempre à equipe, não a um participante em particular ou ao líder do projeto e reconhecer a equipe de um projeto bem sucedido foram os dois aspectos mais importantes, conforme a análise comparativa das médias (ver Tabela 54). Os demais aspectos também são importantes para o sucesso na implantação do Seis Sigma, mas em menor grau. O significado prático da diferença de importância entre os aspectos, porém, parece ter especial significado no que se refere à remuneração dos participantes de um projeto bem sucedido (F8.6). Isso parece indicar que o reconhecimento do sucesso não precisa se manifestar, necessariamente, na forma de remuneração. Indo além, é possível que essa percepção seja dependente do papel desempenhado no programa. De fato, isso pôde ser verificado para a amostra em questão.



A Tabela 11, abaixo, reúne as médias de importância dos aspectos reconhecimento e remuneração de acordo com o papel que o respondente desempenha no Seis Sigma. Percebe-se que sistematicamente a importância do reconhecimento é maior que a da remuneração para todos os papéis, mas a diferença varia com o papel. Para os *Black Belts*, que são maioria na amostra, as médias são 6,72 e 5,19 respectivamente. A redução é de cerca de 1,5 na escala de sete pontos. Para os *Green Belts*, segundo grupo mais numeroso, a diferença reduz para 1,1 na escala. Ainda que o tamanho dos demais grupos seja pequeno, dificultando as análises, é possível especular que a diferença cresça para os papéis de hierarquia mais alta. Os *Master Black Belts* apontam diferença de quase 2,0 na escala e os Campeões apontam a maior diferença: 3,0 na escala. Estes últimos, inclusive, não consideram a remuneração como fator importante, dentro dos critérios deste estudo.

**Tabela 11 – Comparativo das variáveis F8.5 e F8.6 conforme papel desempenhado no Seis Sigma**

Variáveis Comparadas	Papel Desempenhado	N	Média	Desvio-Padrão
Reconhecer os participantes de um projeto que obteve sucesso (F8.5)	(Não informaram)	8	6,63	0,52
	<i>Black Belts</i>	43	6,72	0,63
	Campeões	5	6,40	0,89
	<i>Green Belts</i>	36	6,58	0,84
	<i>Master Black Belts</i>	15	6,80	0,41
	Outros	18	6,72	0,58
Premiar com remuneração os participantes de um projeto que obteve sucesso (F8.6)	(Não informaram)	8	5,63	1,85
	<i>Black Belts</i>	43	5,19	1,68
	Campeões	5	3,40	2,30
	<i>Green Belts</i>	36	5,50	1,84
	<i>Master Black Belts</i>	15	4,87	2,07
	Outros	17	5,06	1,68

Retornando à análise comparativa das médias, outros aspectos mostram-se importantes, ainda que em menor grau. Um deles é que os resultados dos projetos precisam ser comunicados com clareza, não importando se são sucessos ou fracassos. Pande *et al* (2000, p. 380) afirmam que a comunicação não clara e cheia de jargões pode alienar as pessoas, desviando atenção do programa, e que reconhecer os fracassos e aprender com eles é crítico para o sucesso do programa. Outros aspectos pesquisados são igualmente importantes: a comunicação precisa ser feita para toda a organização e em tempo real, ou seja, comunicar o andamento dos projetos através de painéis e murais.

#### 4.4.9 Sumário da Primeira Questão de Pesquisa

Como resultado dos testes de hipóteses a respeito dos fatores críticos de sucesso, os oito fatores propostos (F1 a F8) foram validados pelos respondentes de acordo com o critério adotado. A Tabela 12, abaixo, mostra as hipóteses, as médias gerais obtidas pelo fator analisado e o resultado do teste. As médias, que estão entre 5,05 a 6,57, são estatisticamente maiores que o limite 4,0 conforme já comentado e listado na Tabela 8.

Apesar da importância geral de cada fator, suas variáveis integrantes apresentaram níveis variados de importância. Algumas delas sequer foram identificadas como importantes para a presente amostra. Entre as variáveis do fator F1 (Iniciativas Prévias), por exemplo, iniciativas do tipo ISSO 9000, TQM Zero Defeito e SPC/SQC foram identificadas como mais importantes que iniciativas TS 16949 e Produção Enxuta. A diferença de importância entre os dois grupos foi, em média, de 0,7 na escala de medição de sete pontos. Seu significado prático é subjetivo, dependendo do julgamento do pesquisador. A Tabela 13 apresenta os dois grupos de importância das variáveis.

**Tabela 12 – Resumo dos testes de hipóteses para os Fatores Críticos de Sucesso**

	<b>Hipótese</b>	<b>Média</b>	<b>Resultado</b>
H1	A existência de iniciativas prévias de qualidade tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas	5,11	Aceita
H2	Liderança da alta administração tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas	6,57	Aceita
H3	O Processo Gerencial tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas	5,74	Aceita
H4	O Perfil dos <i>Black Belts</i> tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas	5,05	Aceita
H5	Treinamento tem influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas	6,20	Aceita
H6	Os Projetos têm influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas	6,49	Aceita
H7	As Equipes de Projetos têm influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas	5,20	Aceita
H8	Comunicação e Revisão têm influência positiva na implantação do Seis Sigma nas empresas	6,00	Aceita

No caso do fator F2 (Liderança), em contrapartida, as diferenças entre os grupos por importância não têm significado prático. As variáveis para entusiasmo e persistência do principal executivo da empresa, o compromisso da alta administração com melhoria contínua, a promoção de reuniões periódicas para acompanhar projetos e metas e a alocação de recursos nos projetos são mais importantes que as demais. A diferença de importância, no entanto, está

em torno de 0,25, que pouco representa na escala de medição de sete pontos de Likert. Equivale a dizer que todos os aspectos do fator Liderança são igualmente importantes.

Há de se destacar que o resumo na Tabela 13 não trata do significado prático das diferenças. Para cada fator, os itens componentes estão agrupados pelo grau de importância representado pela média obtida entre os respondentes. Os itens mais importantes são os que obtiveram as maiores médias em cada fator e os itens que não tiveram diferença significativa através do teste-t pareado. Os demais itens importantes não estão classificados por importância, mas tiveram médias acima de 4,0. Já os itens não importantes são aqueles que tiveram média inferior a 4,0. Apenas os fatores F3 (Processo Gerencial), F7 (Equipes de Projetos) e F4 (Perfil dos *Black Belts*) apresentaram itens não importantes em sua composição.

**Tabela 13 – Resumo dos fatores de sucesso por importância**

	<b>Fator</b>	<b>Média</b>	<b>Itens Mais Importantes</b>	<b>Outros Itens Importantes</b>	<b>Itens Não Importantes</b>
F1	Iniciativas prévias	5,11	1, 4, 5, 6, 7	2, 3	-
F2	Liderança	6,57	1, 4, 6, 8	2, 3, 5, 7	-
F3	Processo Gerencial	5,74	1, 6, 8	2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12	13
F4	Perfil dos <i>Black Belts</i>	5,05	6	1, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
F5	Treinamento	6,20	1	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	-
F6	Projetos	6,49	1, 4	3, 6	-
F7	Equipes de Projetos	5,20	2, 6	4, 5	3
F8	Comunicação e Revisão	6,00	4, 5	1, 2, 3, 6	-

**Tabela 14 – Fatores de sucesso e áreas de impacto por importância relativa**

	<b>Fator/Área de Impacto</b>	<b>Média Original</b>		<b>Fator/Área de Impacto</b>	<b>Média Recalculada</b>
F2	Liderança	6,57	F2	Liderança	6,57
F6	Projetos	6,49	F6	Projetos	6,49
F5	Treinamento	6,20	F5	Treinamento	6,20
F8	Comunicação e Revisão	6,00	F8	Comunicação e Revisão	6,00
F3	Processo Gerencial	5,74	F3	Processo Gerencial	5,93
F7	Equipes de Projetos	5,20	F4	Perfil dos <i>Black Belts</i>	5,74
F1	Iniciativas prévias	5,11	F7	Equipes de Projetos	5,50
F4	Perfil dos <i>Black Belts</i>	5,05	F1	Iniciativas prévias	5,11

Não é objetivo desta pesquisa investigar a ordem de importância dos fatores. No entanto, médias mais altas neste estudo sugerem maior importância relativa dos fatores. Sem investigar se há diferenças estatísticas entre as médias apresentadas, os fatores foram ordenados por ordem decrescente das médias, conforme apontado no lado esquerdo da Tabela 14. A ordem sugere que os fatores F2 (Liderança) e F6 (Projetos) são mais importantes para o sucesso do

Seis Sigma que, por exemplo, o fator F4 (Perfil dos *Black Belts*). No entanto, é possível questionar que as médias dos fatores F3, F4 e F7 foram afetadas pela presença de itens que se mostraram não importantes. Para eliminar esta possível distorção, esses fatores tiveram suas médias recalculadas eliminando-se os itens não importantes e comparadas às dos demais fatores. A Tabela 14 em seu lado direito apresenta os fatores na nova ordem de importância. Percebe-se que a única mudança foi para o fator F4 (Perfil dos *Black Belts*) que subiu duas posições. A medida mais alta para o fator Liderança, como já foi dito, está aderente com a literatura apresentada e é citada como um fator chave para o sucesso do programa Seis Sigma (HARRY e SCHROEDER, 2000, p. 164-6; PEREZ-WILSON, 1999, p. 205; PANDE *et al*, 2000, p. 381; ECKES, 2001, p. 262).

#### 4.5 Segunda Questão de Pesquisa

A seguir serão testadas as três hipóteses desenvolvidas para dar resposta à segunda questão de pesquisa (H9, H10 e H11). Como anteriormente, cada hipótese é validada na medida em que a média obtida pelas respostas resulta maior que 4,0 na escala de sete pontos de Likert. Também neste caso, a escala utilizada pressupõe intervalos regulares entre seus pontos. Em uma segunda etapa, as variáveis de cada área são examinadas em seu grau de importância relativa às demais com base na sua média entre os respondentes.

**Tabela 15 – Estatísticas para áreas de impacto com limites para média – 95% de nível de confiança**

Constructo	N	Desvio-Padrão	Média	Limites para a Média	
				Inferior	Superior
IOP	1292	1,3474	5,82	5,75	5,90
ISC	456	1,3758	5,64	5,51	5,76
ICQ	568	1,1979	5,64	5,54	5,73

O Anexo I contém as estatísticas descritivas das áreas de impacto e suas variáveis componentes. A Tabela 15, acima, apresenta um resumo importante desses dados. Ela contém a média geral das três áreas investigadas de impacto organizacional (constructo) e seu intervalo estatístico para o nível de 95% de confiança. Pode-se notar que em todas elas a média está significativamente à direita do valor 4,0.

#### 4.5.1 Hipótese 9

A nona hipótese do estudo é a primeira criada para investigar o impacto no desempenho organizacional. Diferentemente das anteriores, a base do questionário não está na medida de importância de variáveis, mas na percepção se houve ou não melhoria significativa nos aspectos pesquisados após implantação do Seis Sigma. A hipótese foi descrita da seguinte forma:

- H9: A operação das empresas tem melhora significativa após implantação do Seis Sigma.

Os respondentes informaram o nível de melhoria de 13 aspectos operacionais. De acordo com os respondentes, a média geral das respostas dadas a esta área – denominada área de impacto IOP – foi 5,82, acima do limite de 4,0 de aceitação. Dessa forma, a hipótese de que há melhora significativa na operação após implantação do Seis Sigma é aceita. As variáveis que integram esta área de impacto tiveram médias que entre 5,43 e 6,14, conforme pode ser observado na Tabela 55. Entre elas, a variável IOP12 obteve a média mais elevada: 6,14 indicando que, para a presente amostra, a Produtividade das empresas foi o que teve melhora mais significativa com implantação do Seis Sigma. Entretanto, alguns outros aspectos tiveram médias igualmente elevadas.

Os resultados da comparação entre as variáveis estão na Tabela 56 do Anexo J. Eles mostram que as melhorias mais significativas percebidas estão relacionadas à produtividade operacional, redução de custos dos produtos, redução geral do nível de erros, taxas de refugo e de retrabalho, tempos de parada (*downtime*) das máquinas, pontualidade das entregas e custo da não-qualidade. Os demais aspectos operacionais também tiveram melhoria significativa, na percepção dos respondentes, ainda que em grau mais baixo. Entre estes estão a redução dos tempos de ciclo, dos tempos de processamento, dos tempos de preparação de máquinas (*setup*), o *lead time* de produtos e o nível de inventário. Ainda que o nível de significância das melhorias percebidas seja diferente, não há significado prático nas diferenças observadas: elas estão na faixa de 0,3 da escala utilizada. Isso equivale dizer que os respondentes experimentaram melhorias equivalentes em toda gama de aspectos operacionais pesquisados. Isso não causa surpresa, uma vez que tais aspectos estão entre os objetivos de ganho do programa Seis Sigma.

#### 4.5.2 Hipótese 10

A hipótese 10 foi assim descrita:

- H10: A satisfação dos clientes das empresas apresenta melhora significativa após implantação do Seis Sigma.

De acordo com os respondentes, a média geral das respostas dadas à área de impacto ISC foi 5,64, o que leva à aceitação da hipótese. A partir dos resultados observados na Tabela 57 e na Tabela 58, é possível concluir que as melhorias percebidas mais significativas, na área de satisfação dos clientes após a implantação do Seis Sigma nas empresas, são relativas às reclamações dos clientes e seu nível geral de satisfação. Outros elementos que apresentam melhoria são a retenção dos clientes, reclamações em garantia e *recall* de produtos, ainda que em menor grau.

Examinando-se o as diferenças, percebe-se que apenas a relativa ao *recall* de produtos tem algum significado prático para ao nível das médias encontradas: equivale a 0,8 da escala utilizada. Isto significa que os respondentes indicam melhoria inferior para *recall* de produtos em comparação com os demais aspectos pesquisados.

#### 4.5.3 Hipótese 11

A hipótese 11 foi assim descrita:

- H11: A implantação do Seis Sigma nas empresas promove o desenvolvimento de sua cultura de qualidade.

Cinco são as variáveis pesquisadas para esta área de impacto (ICQ). A média geral entre os respondentes 5,64, acima do limite de 4,0 de aceitação. Dessa forma, a hipótese H11 é aceita. A partir dos resultados mostrados na Tabela 59 e na Tabela 60, podemos concluir que há equivalência de percepção de melhoria entre os respondentes quando se trata da compreensão geral dos funcionários de como eliminar desperdícios, do entendimento geral de que todos são

responsáveis pela melhoria da qualidade e na crença do trabalho em equipe para resolver os problemas de qualidade da empresa.

Também significativas são as melhorias percebidas quando se trata do entendimento de todos na empresa sobre conceitos de qualidade e de como os funcionários podem eliminar a variabilidade nos processos. Estes dois aspectos específicos da pesquisa, ainda que tenham grau de melhoria menor que o grupo anterior, não se distinguem de fato dos demais, pois a diferença – apenas 0,2 na escala de medição – não tem significado prático.

#### 4.5.4 Sumário da Segunda Questão de Pesquisa

Como resultado dos testes de hipóteses a respeito do impacto organizacional, as três áreas de impacto (IOP, ISC e ICQ) foram validadas pelos respondentes de acordo com o critério adotado. Segundo os respondentes, as empresas tiveram melhoria significativa em suas operações e na satisfação de seus clientes após a implantação do Seis Sigma. Além disso, o Seis Sigma promoveu o desenvolvimento da cultura de qualidade das empresas. A Tabela 16 mostra as hipóteses, as médias gerais obtidas pelas áreas analisadas e o resultado do teste. As médias são bastante próximas, entre 5,82 e 5,54. Elas são estatisticamente maiores que 4,0 como pudemos examinar na Tabela 8.

**Tabela 16 – Resumo dos testes de hipóteses para impacto organizacional**

	<b>Hipótese</b>	<b>Média</b>	<b>Resultado</b>
H9	A operação das empresas tem melhora significativa após implantação do Seis Sigma	5,82	Aceita
H10	A satisfação dos clientes das empresas apresenta melhora significativa após implantação do Seis Sigma	5,64	Aceita
H11	A implantação do Seis Sigma nas empresas promove o desenvolvimento de sua cultura de qualidade	5,64	Aceita

Também aqui as variáveis constituintes apresentaram níveis variados de melhoria percebida. As 13 variáveis constituintes do impacto operacional, por exemplo, estão divididas em dois grupos distintos de melhoria na análise: produtividade operacional, redução de custos dos produtos, redução geral do nível de erros, taxas de refugo e de retrabalho, tempos de parada (*downtime*) das máquinas, pontualidade das entregas e custo da não-qualidade apresentaram média de melhoria percebida superior à das demais variáveis. A diferença para o segundo grupo, porém, não tem utilidade prática, pois a diferença foi de apenas 0,3 na escala de sete

pontos de Likert. O significado prático é que as treze variáveis foram igualmente verificadas em nível de melhoria percebida pelos respondentes.

No impacto sobre a satisfação dos clientes, as variáveis também foram agrupadas em dois grupos de percepção de melhoria. Retenção dos clientes, reclamações em garantia e *recall* de produtos tiveram nível de melhoria estatisticamente inferior ao de reclamação de clientes e satisfação geral. No entanto, a única diferença com significado prático é relativa a *recall* de produtos com diferença de 0,8 na escala de medição. O significado prático é que a melhoria observada é menor, ainda que significativa, apenas para *recall* de produtos (ver Tabela 17).

**Tabela 17 – Resumo das áreas de impacto por melhoria percebida**

Área de Impacto		Média	Itens Mais Importantes	Outros Itens Importantes	Importância Prática das Diferenças
IOP	Operação	5,82	1, 2, 3, 7, 8, 9, 12, 13	4, 5, 6, 10, 11	Não houve
ISC	Satisfação dos Clientes	5,64	1, 5	2, 3, 4	Apenas para <i>Recall</i>
ICQ	Cultura de Qualidade	5,64	1, 4, 5	2, 3	Não houve

Com relação ao desenvolvimento de uma cultura de qualidade, ainda que as cinco variáveis integrantes pudessem ser estatisticamente divididas em dois grupos quanto à média de percepção dos respondentes, a diferença entre essas médias é de 0,2 na escala de medição, não tendo significado prático na análise. Isso significa que, na prática, os respondentes concordam com intensidade equivalente sobre a contribuição de todas as variáveis. Portanto, apesar das diferenças encontradas no nível de importância das variáveis listadas na Tabela 17, a única diferença prática existe na área de satisfação de clientes no que diz respeito a *recall* de produtos. Finalmente, não parece fazer sentido investigar a área de impacto mais relevante para os respondentes. De fato, as médias encontradas para as três áreas são muito próximas (5,82; 5,64 e 5,64) e tais diferenças não têm significado estatístico ou prático. Isso sugere que o impacto é igualmente percebido nas três áreas pesquisadas.

#### 4.6 Questões Adicionais de Pesquisa

Uma vez testadas as hipóteses criadas na investigação dos fatores críticos de sucesso para implantação do programa Seis Sigma e dos seus impactos sobre o desempenho organizacional, passa-se às nove questões adicionais desenvolvidas. Para respondê-las, serão



feitos testes estatísticos como análise de variância (ANOVA), teste-t, não-paramétricos qui-quadrado. Em todos os casos, o nível de significância adotado é de 95% como em toda a pesquisa. Para dar maior clareza ao texto e fluidez de leitura, as tabelas contendo os resultados dos testes a partir da segunda questão adicional estão no Anexo K.

#### 4.6.1 Questão Adicional 1

A primeira questão diz respeito ao porte das empresas e a percepção de sucesso do programa. Foi assim formulada:

- P1. O tamanho da empresa tem efeito no sucesso alcançado por empresa que implanta o Seis Sigma?

Para responder esta questão, foram consideradas as perguntas 19 (Em geral, qual foi o nível de sucesso na implantação do Seis Sigma na sua área de atuação?) e 21 (Quantos funcionários existem na sua empresa?) do questionário. A primeira como medida do sucesso percebido e a segunda como indicador do tamanho da empresa. Quanto ao tamanho, os respondentes identificaram suas empresas em uma de cinco categorias conforme o número de funcionários: até 100, de 101 a 250, de 251 a 500, de 501 a 1000 e mais de 1000. A parte superior da Tabela 18, abaixo, apresenta a média da medida de percepção de sucesso para cada grupo, bem como o desvio-padrão e o tamanho dos grupos. O grupo mais numeroso foi o de mais de 1000 funcionários com 66 respondentes, e o menos numeroso foi o de até 100 funcionários, 5 respondentes. As cinco médias de percepção de sucesso variam entre 5,500 para o grupo de empresas de 251-500 funcionários e 6,600 para o grupo de até 100 funcionários.

**Tabela 18 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme tamanho da empresa**

Tamanho da Empresa	Amostra	Média	Desvio-Padrão
Até – 100	5	6,600	0,894
101 – 250	11	5,727	1,348
251 – 500	18	5,500	1,654
501 – 1000	15	5,667	0,976
Mais de 1000	66	5,864	1,036
<b>Teste de igualdade de Variância</b>		<b>Valor-p</b>	
Bartlett		0,142	
Levene		0,153	
<b>ANOVA</b>			<b>Valor-p</b>
Percepção de sucesso conforme tamanho da empresa			0,418

Essas médias sugerem que empresas menores, de até 100 funcionários, têm maior percepção de sucesso que empresas de 251-500 funcionários. Entretanto, não sabemos se a diferença medida é real ou fruto da variabilidade estatística presente na amostra. Para verificar, é necessário teste estatístico de comparação.

O teste apropriado para comparação de médias entre dois ou mais grupos é a análise de variância (ANOVA). Todos os testes foram feitos com nível de significância de 95% e usando o aplicativo Minitab para computador. Uma premissa importante para validade do teste ANOVA é que as amostras dos grupos testados tenham a mesma variância (homocedasticidade). Para verificar essa igualdade, dois testes estatísticos são executados: Bartlett e Levene. O primeiro é usado quando a distribuição dos dados é normal e o segundo, quando os dados vêm de distribuição contínua não necessariamente normal. Os resultados desse teste são apresentados em termos de valor-p e, para a primeira questão de pesquisa, estão na parte central da Tabela 18, acima. Os valores-p foram 0,142 e 0,153, indicando que há igualdade de variância entre os grupos (homocedasticidade) e que, portanto, os resultados do teste ANOVA são confiáveis. Não é necessário identificar se os grupos têm distribuição normal porque o valor-p do teste de Bartlett já indica não significância (é maior que 0,05) e porque o teste ANOVA é robusto o bastante para dados não normais, desde que sustentado pelo teste de Levene. Esta condição está satisfeita nesta questão de pesquisa, mas pode não estar nas demais. Ainda com relação a premissas para o teste ANOVA, o Gráfico 5 no Anexo K apresenta o diagnóstico do teste para esta questão de pesquisa.

Com a satisfação das premissas do teste ANOVA, podemos examinar o resultado do teste propriamente dito, qual seja, a comparação entre as médias de percepção de sucesso entre os cinco grupos de tamanho de empresa. Esse resultado está na parte inferior da Tabela 18, também na forma de valor-p: 0,418. Ele indica que não há evidência estatística de diferença entre as médias testadas.

Em resumo, para os dados da presente amostra, não há evidência estatística de que o tamanho da empresa, medido pelo seu número de funcionários, tenha efeito no sucesso alcançado por empresa que implanta o Seis Sigma. Esse resultado é promissor na medida em que sugere que todos os portes de empresa podem alcançar os níveis prometidos de sucesso (percebidos) do programa e se mostra aderente com a teoria apresentada no Capítulo 2. Vale ressaltar, porém,

que esse resultado tenha sido influenciado pelo tamanho reduzido de alguns dos grupos analisados.

#### **4.6.2 Questão Adicional 2**

A segunda questão de pesquisa, envolvendo a nacionalidade das empresas, foi assim descrita:

- P2. A nacionalidade da empresa tem efeito no sucesso alcançado por empresa que implanta o Seis Sigma?

Para responder esta questão, foram consideradas as perguntas 19 (Em geral, qual foi o nível de sucesso na implantação do Seis Sigma na sua área de atuação?) e 22a (Nacionalidade da sua empresa) do questionário. A primeira como medida do sucesso percebido e a segunda como indicador na nacionalidade em três grupos: Brasileira, Estrangeira e Não Sei. Não houve respondentes para o grupo “Não Sei” sobre a nacionalidade da empresa. O grupo mais numeroso foi o de empresas estrangeiras (85 respondentes) seguido pelo de empresas nacionais (30 respondentes). A média de sucesso percebido pelas empresas estrangeiras foi 5,824, levemente superior à média percebida pelas empresas nacionais, que foi 5,733. Vale lembrar que tais valores são da escala de sete pontos de Likert. A Tabela 61 e o Gráfico 6 do Anexo K apresentam os resultados do teste estatístico para esta questão. O valor-p do teste foi de 0,719 indicando que não há diferença estatística entre as duas médias.

Concluindo, não há evidência estatística de que a nacionalidade tenha efeito no sucesso alcançado por empresas que implantam o Seis Sigma.

#### **4.6.3 Questão Adicional 3**

A terceira questão de pesquisa foi assim definida:

- P3. O tempo de implantação tem influência no sucesso do Seis Sigma?

Para esta questão, foram consideradas as perguntas 19 (Em geral, qual foi o nível de sucesso na implantação do Seis Sigma na sua área de atuação?) e 23 (Há quantos anos sua empresa

implantou o programa Seis Sigma no seu local de trabalho?) do questionário. A primeira como medida do sucesso percebido e a segunda como indicador de há quanto tempo foi implantado o programa Seis Sigma na empresa.

Os respondentes identificaram suas empresas em uma de quatro categorias: menos de 1 ano, de 1 a 3 anos, de 3 a 5 anos ou mais de 5 anos. A Tabela 62 apresenta a média da medida de sucesso percebido, bem como o desvio-padrão e o tamanho de cada grupo. O grupo mais numeroso foi o de 1 a 3 anos de implantação (48 respondentes) e o menos numeroso foi o de menos de 1 ano (10 respondentes). As médias de sucesso variaram entre 5,521 e 6,250.

O valor-p do teste foi 0,071 indicando que não há diferença estatística entre as médias dos quatro grupos para o nível de significância de 95%. Pelo caráter exploratório deste estudo, porém, este pesquisador decidiu investigar diferenças localizadas entre os grupos de resposta. Naturalmente essa atitude, implica no risco de se cometer erro de 7,1% na tomada de decisão, taxa superior ao estipulado pelo nível de significância do teste. Entretanto, esse risco foi considerado aceitável nas presentes circunstâncias.

Inicialmente foi utilizado o método de múltiplas comparações LSD de Fischer, que testa as diferenças entre as médias de dois grupos entre todos os pares possíveis. Os resultados do teste estão registrados na Tabela 19, abaixo. Ela mostra todos os pares de grupos e apresenta as diferenças de média entre eles através de um intervalo de confiança com seu ponto central. O único intervalo que não contém o valor zero é o do par Mais de 5 anos e 1-3 anos. Isto significa que a percepção de sucesso nas empresas que implantaram Seis Sigma há mais de 5 anos é consistentemente maior que a de empresas que implantaram entre 1 e 3 anos. Em média, essa percepção é 0,729 maior na escala Likert de 1 a 7.

**Tabela 19 – Resultados do teste LSD de Fischer para sucesso percebido do Seis Sigma conforme tempo de implantação para 95% de nível de confiança**

Valores mínimo, médio e máximo das diferenças entre grupos									
	1 - 3 anos			3 - 5 anos			Mais de 5 anos		
Menos de 1 ano	-0,510	0,279	1,068	-0,889	-0,040	0,809	-1,286	-0,450	0,386
1 - 3 anos				-0,240	0,319	0,879	0,190	<b>0,729</b>	1,269
3 - 5 anos							-0,214	0,410	1,034

Esse resultado é consistente com o encontrado por Lee (2002, p. 94) em sua pesquisa conduzida no mercado americano em 2002. Da mesma forma, o experimento de Lee (*Ibid.*, p.

96) mostra que a média de percepção para empresas entre 1 e 3 anos de implantação é menor que a de empresas com menos de 1 ano de implantação, mas depois cresce entre empresas de 3 a 5 anos e acima de 5 anos. No presente experimento essas médias estão reportadas na Tabela 62.

Exceto pelo primeiro grupo (Menos de 1 ano), os demais apresentam média de percepção crescente conforme aumenta o número de anos de implantação. Esse comportamento pode sugerir que, em grande parte, as empresas que implantam o Seis Sigma experimentam inicialmente grande percepção de sucesso – talvez pelos projetos iniciais, mais simples e de retorno rápido – e depois, ao se depararem com projetos mais complexos, acabam reduzindo essa percepção até voltar a crescê-la em razão do amadurecimento com o programa a longo prazo. Esta pode ser uma nova questão de pesquisa, em sugestão para estudos futuros.

Outra possibilidade é que a percepção de sucesso é crescente com o tempo de implantação e os resultados obtidos se devem ao fato de que o primeiro grupo é o de menor número de representantes na amostra (apenas 10), o que expande o intervalo de confiança no teste ANOVA, dificultando a detecção de diferenças entre as médias dos grupos.

Na tentativa de confirmar o aparente crescimento da média de percepção de sucesso com o aumento do número de anos de implantação, os dados da amostra foram rearranjados em dois grupos de acordo com o seguinte tempo de implantação do Seis Sigma: (1) Até 3 anos; e (2) Mais de 3 anos. Essa divisão acarretou amostras com 58 e 53 respondentes respectivamente.

A média de percepção de sucesso cresce de 5,569 para 6,057 quando se atinge pelo menos três anos de implantação. Isso representa aumento 0,488 em termos da escala Likert utilizada. Para verificar se há significância nessa variação, novo teste ANOVA foi realizado. Neste caso, ao valor-p foi 0,027 indicando que há diferença significativa entre as duas médias. Tais valores estão listados na Tabela 63 juntamente com demais estatísticas dos novos grupos.

Concluindo, os dados analisados evidenciam que empresas com mais de 5 anos de implantação do Seis Sigma têm maior média de percepção de sucesso do Seis Sigma do que empresas com tempo de implantação entre 1 e 3 anos (ganho médio de percepção de 0,73 numa escala de 1 a 7). Além disso, empresas com mais de 3 anos de implantação indicam

média de percepção de sucesso consistentemente maior do que empresas com até 3 anos de implantação (em média, 0,49 maior numa escala de 1 a 7).

#### 4.6.4 Questão Adicional 4

A quarta questão de pesquisa está relacionada ao regime de dedicação dos *Black Belts* e foi descrita da seguinte maneira:

- P4. *Black Belts* de tempo integral têm maiores taxas de conclusão de projetos que os *Black Belts* de tempo parcial?

Para responder esta questão, foram consideradas as perguntas 32 (Você é *Black Belt* em tempo integral?) e 34 (Qual é sua taxa anual de conclusão de projetos?) do questionário. A primeira pergunta foi direcionada apenas aos respondentes que se identificaram como *Black Belts*. As taxas de conclusão de projetos foram propostas em cinco grupos: 0%-20%, 21%-40%, 41%-61%, 61%-80% e 81%-100%.

Dentre os respondentes, 43 se declararam *Black Belts*, sendo 17 deles em tempo integral e 26 em tempo parcial. As contagens de respondentes com taxas variadas de conclusão de projetos estão na parte superior da Tabela 64 do Anexo K, juntamente com o percentual totalizado por coluna. Pode-se perceber que dos 26 *Black Belts* de regime parcial, quatro deles não informaram a taxa de conclusão de projetos. É possível notar ainda que os *Black Belts* de tempo integral estão mais concentrados nos grupos de taxas mais elevadas de conclusão de projetos (60%-80% e 80%-100%) e que nem mesmo houve respondentes nos dois primeiros grupos (0%-20% e 20%-40%). Em contrapartida, os *Black Belts* de tempo parcial estão distribuídos ao longo de todas as faixas, ainda que com maior concentração na faixa mais elevada.

Essas duas distribuições sugerem que *Black Belts* de tempo integral têm maior taxa de conclusão de projetos que seus pares de tempo parcial, o que é compatível com o nível de importância dado à variável F4.7 integrante do fator Perfil dos *Black Belts* no teste da Hipótese 4 desta pesquisa. Para testar se essa diferença de distribuição é estatisticamente significativa, foi executado teste qui-quadrado usando o aplicativo Minitab para computador.

Esse teste é o indicado neste caso em que há contagem de respondentes em lugar de média de valores.

Os resultados estão na Tabela 64. Segundo o teste, das 10 caselas existentes, seis (ou 60% delas) apresentaram contagens esperadas menores que 5. Mais que 20% das caselas nessa condição invalidam o teste qui-quadrado. Isso se deveu ao baixo número de respostas. Afinal, apenas 43 respondentes se encaixam nesta questão. Para aproveitar os dados existentes, os grupos de resposta foram reunidos na tentativa de obter validade no teste. As respostas dos três grupos de menor taxa de conclusão foram reunidas em um só grupo denominado 0%-60%. Os demais foram mantidos. As tabulações e resultados do novo teste qui-quadrado estão na Tabela 65, que obteve validade. O resultado estatístico é dado em valores-p (0,406 e 0,395), indicando que não há evidência estatística de diferença entre as duas distribuições.

Em resumo, não há evidência estatística de diferença de taxa de conclusão de projetos entre *Black Belts* de tempo integral e *Black Belts* de tempo parcial. Esse resultado parece conflitar com a importância dada ao regime integral dos *Black Belts* entre os respondentes. Por outro lado, isso pode significar simplesmente que não está na taxa de conclusão a vantagem desse regime. A vantagem poderia se manifestar, por exemplo, na duração ou ganho dos projetos. Neste estudo, a investigação dos ganhos dos projetos se concentrou no valor médio da empresa e não dos funcionários. Deriva disso uma sugestão de aprimoramento para estudos vindouros: investigar a duração média dos projetos dos *Black Belts* pesquisados em lugar dos da empresa com amostras maiores.

#### 4.6.5 Questão Adicional 5

A questão 5 foi assim descrita:

- P5. O nível de comunicação entre os profissionais do Seis Sigma tem efeito no sucesso percebido por empresas que implantam o Seis Sigma?

Para responder esta questão, foram consideradas as perguntas 13 (Em média, quantas vezes por mês um *Black Belt* se “reúne” com o Campeão?), 14 (Em média, quantas vezes por mês um *Black Belt* se “reúne” com os membros das equipes de projetos?), 15 (Em média, quantas

vezes por mês o Campeão se “reúne” com os membros das equipes de projetos?) e 19 (Em geral, qual foi o nível de sucesso na implantação do Seis Sigma na sua área de atuação?) do questionário. As três primeiras questões investigam o nível de comunicação entre os profissionais usando o termo “reunir” enquanto que a última é a medida do sucesso percebido. Para as questões, foi pedido aos respondentes que o termo “reunião” fosse interpretado com significado formal – com presença dos participantes – e informal – sem presença e com inclusão de relatórios de progresso. Os respondentes indicaram as frequências de reuniões em três grupos: até 1 vez por mês, 2-3 vezes por mês, e 4 ou mais vezes por mês.

Para responder esta pergunta de pesquisa, os três tipos de comunicação testados são comparados com a percepção de sucesso indicada pelos respondentes. São, na verdade, três questões específicas que poderiam ser assim descritas:

- P5a. O nível de comunicação entre *Black Belts* e Campeões tem efeito no sucesso percebido por empresas que implantam o Seis Sigma?
- P5b. O nível de comunicação entre *Black Belts* e membros das equipes de projetos tem efeito no sucesso percebido por empresas que implantam o Seis Sigma?
- P5c. O nível de comunicação entre Campeões e membros das equipes de projetos tem efeito no sucesso percebido por empresas que implantam o Seis Sigma?

Para responder a pergunta P5a são cruzadas as informações geradas pelas questões 13 e 19 do questionário. A Tabela 66 apresenta as estatísticas dos grupos e os resultados do teste ANOVA. As médias estão entre 5,651 e 6,049. O grupo mais numeroso foi o de até 1 reunião mensal (63 respondentes) e o menos numeroso foi o de 4 ou mais reuniões por mês (12 respondentes). A igualdade de variância entre os grupos é confirmada pelo teste de Levene (valor-p igual a 0,211), já que as respostas da pergunta 19 do questionário não têm distribuição normal (ver Gráfico 10 no Anexo K). O valor-p do teste ANOVA foi de 0,231 indicando que não há diferença estatística entre as médias dos grupos. Em outras palavras, não há evidência estatística de que o nível de comunicação entre *Black Belts* e Campeões tenha efeito na percepção de sucesso por parte dos respondentes.

Para responder a pergunta P5b são cruzadas as informações geradas pelas questões 14 e 19 do questionário. As médias de percepção de sucesso são muito próximas para os três grupos de comunicação entre *Black Belts* e membros das equipes, variando de 5,705 a 5,939. De acordo



com o teste ANOVA (ver Tabela 67 e Gráfico 11), não há diferença estatística entre os três níveis de comunicação (valor-p igual a 0,593). Ou seja, não há evidência estatística de que o nível de comunicação entre *Black Belts* e membros das equipes tenha efeito na percepção de sucesso por parte dos respondentes.

Em continuação, para responder a pergunta P5c são cruzadas as informações geradas pelas questões 15 e 19 do questionário. Os resultados do teste ANOVA para as médias indicam que não há diferença estatística entre as médias dos grupos (ver Tabela 68 e Gráfico 12 no Anexo K), ou seja, não há evidência estatística de que o nível de comunicação entre Campeões e membros das equipes tenha efeito na percepção de sucesso por parte dos respondentes.

Ora, uma vez que as respostas às perguntas P5a, P5b e P5c são conhecidas, é possível responder a questão em foco: não há evidência estatística de que o nível de comunicação entre *Black Belts*, Campeões e membros das equipes em termos de número de reuniões mensais, tenha efeito no sucesso percebido pelas empresas que implantam o Seis Sigma. Essa constatação parece contrária com o fato do fator comunicação ter sido identificado como crítico para o sucesso na implantação do Seis Sigma nas empresas. Entretanto, a presente questão investigou apenas o nível de comunicação entre os profissionais específicos notadamente na condução de projetos. Cabe investigar, em estudo futuro, que outros aspectos de comunicação podem interferir na percepção de sucesso do Seis Sigma.

#### **4.6.6 Questão Adicional 6**

A sexta questão, relacionada a treinamento, foi assim descrita:

- P6. O tempo aplicado em treinamento dos membros das equipes de projeto do Seis Sigma tem efeito no sucesso percebido por empresas que implantam o Seis Sigma?

Esta questão envolve as perguntas 9 (Na sua empresa, quanto tempo é aplicado em treinamento dos membros de equipe por semana?) e 19 (Em geral, qual foi o nível de sucesso na implantação do Seis Sigma na sua área de atuação?) do questionário. A primeira como medida do treinamento semanal e a segunda como medida do sucesso percebido. Quanto ao treinamento, os respondentes foram estimulados a considerar aqueles voltados aos conceitos

de qualidade, uso de ferramentas, custo, trabalho em equipe e outros direcionados aos membros das equipes. Cinco categorias de resposta foram criadas: nenhum, até 3 horas, de 4 a 6 horas, de 6 a 8 horas e mais de 8 horas semanais.

A menor média de sucesso foi 5,545 para empresas que não aplicam treinamento enquanto que a maior média foi 6,714, para empresas que aplicam de 6 a 8 horas semanais de treinamento. O grupo mais numeroso foi o de 1 a 3 horas de treinamento semanal, com 60 respondentes, e o menos numeroso foi o de 6 a 8 horas de treinamento semanal, com apenas 7 respondentes.

As médias são crescentes conforme o tempo de treinamento até o grupo de 6 a 8 horas; para mais de 8 horas de treinamento, a média cai. Para testar se esse comportamento das médias de percepção resiste à análise estatística, foi executado teste ANOVA (ver Tabela 69 e Gráfico 13). O valor-p do teste foi de 0,093 indicando que não há evidência estatística de diferença entre elas. Este pesquisador, porém, decidiu investigar eventuais diferenças entre grupos específicos, mesmo correndo o risco de cometer 9,3% de erro, acima do estipulado pelo nível de confiança do estudo. Como na resposta à questão 3, esse risco foi considerado aceitável pelo caráter exploratório da pesquisa.

Pelo teste LSD de Fischer (ver Tabela 70), foram detectadas diferenças entre médias. Respondentes de empresas que aplicam de 6-8 horas de treinamento semanal tiveram média de percepção de sucesso 1,169 maior que aqueles de empresas que não fazem treinamento e 1,081 maior que aqueles de empresas que aplicam até 3 horas de treinamento semanal. Essas diferenças são importantes diante da escala de sete pontos de medição. Tais resultados parecem aderentes com o exposto no Capítulo 2. Há um aspecto, porém, que merece atenção: o pequeno tamanho dos grupos, em especial do de 6-8 horas de treinamento, pode causar viés neste tipo de análise. Pode ser interessante que estudos futuros investiguem esse fenômeno em amostras maiores.

Em resumo, de acordo com os dados da presente amostra, empresas que aplicam entre 6-8 horas de treinamento semanal para os membros das equipes de projeto têm maior percepção de sucesso do programa Seis Sigma, se comparadas com empresas que treinam suas equipes até 3 horas por semana.

#### 4.6.7 Questão Adicional 7

A sétima questão foi assim descrita:

- P7. A nacionalidade da empresa tem efeito na duração dos projetos Seis Sigma conduzidos pela empresa?

Para responder esta questão, foram consideradas as perguntas 24 (Em média, quanto tempo dura um projeto Seis Sigma na sua empresa?) e 22a (Nacionalidade da sua empresa) do questionário. A primeira como medida da duração de projetos em meses com respostas em cinco grupos: 1-3, 3-6, 6-9, 9-12 e mais de 12 meses; e a segunda como indicador da nacionalidade em três grupos: Brasileira, Estrangeira e Não Sei. A Tabela 71 do Anexo K apresenta a tabulação dos respondentes. São 86 empresas estrangeiras e apenas 27 empresas nacionais. Entre as estrangeiras, o grupo mais numeroso foi o de empresas com duração média de projetos de 3-6 meses (37 respondentes ou 43,0% do total). Entre as brasileiras, o grupo mais numeroso foi o de projetos de duração média de 6-9 meses (9 respondentes ou 33,3% do total). Não houve respondentes para o grupo “Não Sei” sobre a nacionalidade da empresa.

É difícil perceber alguma diferença na distribuição das respostas, mas as empresas estrangeiras parecem mais concentradas entre 3-6 e 6-9 meses, enquanto que as empresas brasileiras possuem espalhamento maior, inclusive para mais de 12 meses de duração média de projetos. Não foi possível executar o teste qui-quadrado por falta de condições de validade (ver observações na Tabela 71). A razão foi o pequeno tamanho da amostra para tantos grupos de resposta. Para dar resposta à essa pergunta, optou-se por agrupar as caselas diminuindo o número de grupos para análise.

Ao invés de intervalos de três meses, foram adotados intervalos de seis meses. Assim, das 27 empresas brasileiras, 10 têm projetos com duração até 6 meses, 12 têm projetos com duração de 6-12 meses e as mesmas cinco empresas têm duração de projetos acima de 12 meses. Essa nova tabulação está na Tabela 72 juntamente com a contagem das empresas estrangeiras e os percentuais de cada coluna. Os percentuais são bastante parecidos para os dois tipos de empresas sugerindo inexistência de diferença na duração média. Para testar essa diferença, foi

executado teste qui-quadrado. O resultado obtido (valor-p foi 0,208) indica que não há evidência estatística de diferença entre os dois grupos de empresas.

Ou seja, não há evidência estatística de que a nacionalidade das empresas tenha efeito sobre a duração média dos projetos conduzidos por empresas que implantam o Seis Sigma.

#### **4.6.8 Questão Adicional 8**

A oitava questão se refere à economia gerada e foi assim descrita:

- P8. A nacionalidade da empresa tem efeito na economia gerada pelos projetos Seis Sigma conduzidos pelas empresas?

As perguntas utilizadas do questionário foram 26 (Qual é a média anual de economia por projeto Seis Sigma na sua empresa?) e 22a (Nacionalidade da sua empresa). A primeira como medida em reais da economia média por projeto gerada pelo Seis Sigma e a segunda como indicador na nacionalidade em três grupos: Brasileira, Estrangeira e Não Sei. Vale ressaltar que os dados empregados estão livres dos valores aberrantes detectados no tópico 4.1.1.9 Análise das Empresas dos Respondentes. Com isso, são 49 as respostas válidas do questionário.

A Tabela 73 apresenta a média de economia para cada grupo, bem como desvio-padrão e o tamanho dos grupos. Projetos de empresas brasileiras geram, em média, R\$ 362 mil por ano de economia enquanto projetos de empresas estrangeiras geram R\$ 272 mil. Os desvios-padrão são bastante elevados para ambos os grupos – da ordem de 38% e 55% respectivamente – evidenciando a grande variabilidade a que estão sujeitos os projetos das empresas. Como discutido no tópico 4.1.1.9, essa variabilidade é esperada e coerente com a teoria. O grupo mais numeroso foi o de empresas estrangeiras (40 respondentes) seguido pelo de empresas nacionais (9 respondentes). Não houve respondentes para o grupo “Não Sei” sobre a nacionalidade da empresa. O Gráfico 15 mostra os gráficos de caixa para os dois grupos. O teste ANOVA foi executado para testar se há diferença estatística entre as médias. O valor-p do teste foi de 0,106 indicando que não há evidência estatística para tal. Tais valores estão listados na Tabela 73 juntamente com demais estatísticas dos grupos. É

importante salientar que o pequeno tamanho de amostra para empresas nacionais (apenas 9) prejudica a análise.

Em resumo, de acordo com os dados da amostra coletada, não há evidência estatística de que a nacionalidade das empresas tenha efeito sobre o ganho médio anual gerado por projetos Seis Sigma.

#### **4.6.9 Questão Adicional 9**

A nona e última questão adicional de pesquisa foi assim descrita:

- P9. O tempo de implantação do Seis Sigma nas empresas tem efeito sobre a economia geradas pelos projetos?

Para responder esta questão, foram consideradas as perguntas 26 (Qual é a média anual de economia por projeto Seis Sigma na sua empresa?) e 23 (Há quantos anos sua empresa implantou o programa Seis Sigma no seu local de trabalho?) do questionário. A primeira como medida em reais da economia média por projeto gerada pelo Seis Sigma e a segunda como indicador de há quanto tempo foi implantado o programa na empresa. Quanto ao tempo de implantação, os respondentes identificaram suas empresas em uma de quatro categorias: menos de 1 ano, de 1 a 3 anos, de 3 a 5 anos e mais de 5 anos.

A Tabela 74 do Anexo K apresenta a média de economia para os quatro grupos de empresas. Lembrando que a base de dados para ganho médio dos projetos após a remoção dos pontos aberrantes é de 49 respondentes, podemos notar que houve uma não-resposta para o tempo de implantação. Entre as 48 respostas válidas, 18 tiveram implantação de Seis Sigma há 1-3 anos, constituindo o grupo mais numeroso. A média de ganho anual por projetos desse grupo foi quase R\$ 306 mil. O grupo menos numeroso foi o de até 1 ano de implantação com apenas quatro respondentes e média de R\$ 166 mil. As médias parecem sugerir que os valores de economia são menores no primeiro ano e crescem a partir desse tempo de implantação do Seis Sigma. O Gráfico 17 apresenta os gráficos de caixa desses valores que podem dar suporte a essa interpretação. No entanto, o pequeno tamanho das amostras (especialmente a de quatro respondentes) e a grande variabilidade dos dados (desvios-padrão de 60%, 45%, 51% e 59%

para os grupos) podem causar viés. De fato, o teste ANOVA de comparação entre as médias resultou valor-p de 0,403, indicando que não há evidência estatística de diferença entre as médias dos grupos.

Concluindo, não houve evidência estatística de diferença na economia anual média dos projetos Seis Sigma em função do tempo de implantação do Seis Sigma nas empresas. Como tal, o tempo de implantação do programa parece não afetar a economia gerada por um projeto Seis Sigma. Apesar de não haver na teoria referência direta a ganhos com relação ao tempo de implantação, os ganhos iniciais facilmente obtidos por grande parte das empresas que iniciam o programa, as chamadas “frutas ao alcance das mãos”<sup>38</sup> segundo Harry e Schroeder (2000, p. 248), parecem mais relacionados à facilidade de execução dos projetos do que propriamente ao potencial valor de economia que eles podem gerar. De fato, ainda que não evidenciados estatisticamente, os ganhos iniciais foram os mais baixos na amostra. Uma sugestão para trabalhos futuros pode ser a confirmação dessa aparente tendência com amostras maiores.

#### **4.6.10 Sumário das Questões Adicionais**

Cinco das questões adicionais se relacionam com a percepção de sucesso do Seis Sigma por parte dos respondentes. De acordo com os resultados dos testes, e sumarizados na Tabela 20, não houve evidência estatística de que o tamanho da empresa (P1), medido pelo seu número de funcionários, ou a nacionalidade da empresa (P2) tenham efeito sobre a percepção de sucesso alcançado pelo programa Seis Sigma, na ótica de seus profissionais especializados. Também não foi possível perceber, nos limites da presente amostra, influência no sucesso em função do nível de comunicação entre *Black Belts*, Campeões e membros das equipes em termos do número de reuniões mensais (P5). No entanto, o tempo de implantação do programa parece ter efeito positivo nessa percepção de sucesso: é maior para empresas que implantaram o Seis Sigma há mais de três anos (P3). Da mesma forma, a percepção de sucesso é maior nas empresas que aplicam treinamentos variados aos membros das equipes de projetos durante 6-8 horas semanais em comparação com aquelas que treinam suas equipes por até por três horas (P6).

---

<sup>38</sup> “*Low-hanging fruit*”

Duas das questões adicionais trataram do valor médio de economia anual gerada por projeto Seis Sigma nas empresas. Não foi possível perceber, na amostra pesquisada, influência da nacionalidade das empresas (P8) ou de há quanto tempo o programa Seis Sigma havia sido implantado (P9) nos valores de economia do programa.

**Tabela 20 – Resumo das questões adicionais de pesquisa**

	<b>Teste</b>	<b>Resultado</b>
P1	ANOVA	Não houve evidência estatística de que o tamanho da empresa, medido pelo número de seus funcionários, tenha efeito no sucesso alcançado por empresa que implanta o Seis Sigma.
P2	ANOVA	Não houve evidência estatística de que a nacionalidade tenha efeito no sucesso alcançado por empresas que implantam o Seis Sigma.
P3	ANOVA e LSD de Fischer	Empresas com mais de 5 anos de implantação do Seis Sigma têm maior percepção de sucesso do Seis Sigma do que empresas com tempo de implantação entre 1 e 3 anos. Empresas com mais de 3 anos de implantação indicam percepção de sucesso maior do que empresas com até 3 anos de implantação de Seis Sigma.
P4	Qui-Quadrado	Não houve evidência estatística de diferença de taxa de conclusão de projetos entre <i>Black Belts</i> de tempo integral e <i>Black Belts</i> de tempo parcial.
P5	ANOVA	Não houve evidência estatística de que o nível de comunicação entre <i>Black Belts</i> , Campeões e membros das equipes em termos de número de reuniões mensais, tenha efeito no sucesso percebido pelas empresas que implantam o Seis Sigma.
P6	ANOVA e LSD de Fischer	Empresas que aplicam entre 6-8 horas de treinamento semanal para os membros das equipes de projeto têm sistematicamente maior percepção de sucesso do programa Seis Sigma se comparadas com empresas que treinam suas equipes até 3 horas por semana.
P7	Qui-Quadrado	Não houve evidência estatística de que a nacionalidade das empresas tenha efeito sobre a duração média dos projetos conduzidos por empresas que implantam o Seis Sigma.
P8	ANOVA	Não houve evidência estatística de que a nacionalidade das empresas tenha efeito sobre o ganho médio anual gerado por projetos Seis Sigma.
P9	ANOVA	Não houve evidência estatística de diferença na economia anual média dos projetos Seis Sigma em função do tempo de implantação do Seis Sigma nas empresas.

Finalmente, não houve evidência estatística de diferença de taxa de conclusão de projetos entre *Black Belts* de tempo integral e *Black Belts* de tempo parcial (P4), nem de que a nacionalidade das empresas tenha efeito sobre a duração média dos projetos conduzidos por empresas que implantam o Seis Sigma (P7).





## 5 CONCLUSÕES

Esta dissertação teve por objetivos principais investigar os fatores críticos de sucesso para implantação do programa Seis Sigma nas empresas e investigar o impacto desse programa no desempenho operacional percebido, na satisfação dos clientes e na construção de uma cultura organizacional voltada para a qualidade. Em adição, teve por objetivo secundário investigar algumas relações entre fatores como: a percepção de sucesso alcançado pelas empresas que implantaram o Seis Sigma; tamanho e nacionalidade das empresas; tempo de implantação do Seis Sigma e de treinamento continuado; nível de comunicação entre os profissionais; regime de dedicação de tempo dos *Black Belts*; taxa de conclusão de projetos, sua duração e economia gerada.

Os dados foram coletados através de questionário na Internet distribuído por correio eletrônico e em fóruns de discussão envolvendo profissionais e interessados sobre Seis Sigma. O fato de não se ter acesso à população-alvo foi a maior limitação deste estudo. Os dados foram obtidos a partir da população-disponível com amostragem por conveniência. Dessa forma, as conclusões apresentadas são restritas ao âmbito deste estudo, não podendo ser generalizadas para demais situações.

Os dados analisados foram obtidos junto a respondentes de empresas nacionais e estrangeiras atuantes em 15 estados das cinco regiões geográficas do Brasil. Os respondentes foram principalmente *Black Belts*, *Green Belts* e *Master Black Belts*. As empresas, indiretamente observadas, atuam concentradamente nas áreas de manufatura e prestação de serviços, têm capital principalmente privado, concentram uma gama variada de número de funcionários e contemplam tanto iniciantes no programa Seis Sigma quanto veteranas, que já o adotam há mais de cinco anos.

Com relação à resposta da primeira questão de pesquisa, oito fatores foram considerados críticos para o sucesso na implantação do Seis Sigma. Ainda que este estudo não tenha tido por objetivo investigar a importância relativa desses fatores, os resultados da análise sugerem a seguinte ordem a partir do mais importante: Liderança, Projetos, Treinamento, Comunicação e Revisão, Processo Gerencial, Perfil dos *Black Belts*, Equipe de Projetos e Iniciativas Prévias de Qualidade.

O fator *Liderança* identificou aspectos como o entusiasmo e persistência do principal executivo da empresa; o compromisso da alta administração com a melhoria contínua; a promoção de reuniões periódicas para acompanhamento dos projetos e a capacidade da gerência de alocar os recursos a esses projetos. Além disso, este fator contemplou o estímulo e suporte ao aprendizado dos funcionários; a clareza na definição das políticas e expectativas de desempenho; o caráter empreendedor na responsabilidade pelo programa Seis Sigma e o conhecimento do principal executivo na gestão dos negócios. O fator Liderança, como o mais importante, está aderente com a literatura apresentada e é amplamente citado como um fator chave para o sucesso do programa Seis Sigma (HARRY e SCHROEDER, 2000, p. 164-6; PEREZ-WILSON, 1999, p. 205; PANDE *et al*, 2000, p. 381; ECKES, 2001, p. 262).

Em relação ao fator *Projetos*, dois aspectos mostraram-se prioritários: eles devem ser selecionados de acordo com a estratégia da empresa e suas metas devem ser claras e de conhecimento de toda a equipe. A vinculação dos projetos com a estratégia empresarial recebe amplo apoio da literatura e é considerado essencial para aumento da eficiência e competitividade das empresas (PANDE *et al*, 2000, p. 145; HARRY e SCHROEDER, 2000, p. 239-240). Este fator também revelou que é importante que os projetos tenham cronogramas bem definidos e que sejam submetidos a revisões periódicas com a participação da alta administração.

O fator *Treinamento* deve estar direcionado principalmente para o conhecimento de ferramentas analíticas, mas também deve contemplar outros aspectos. Entre eles estão treinamento de conceitos de qualidade, de liderança para os *Black Belts* e Campeões, de meios de solução de problemas, de trabalho em equipe, de ferramentas estatísticas (incluindo uso de software) e de gerenciamento de projetos.

O fator *Comunicação e Revisão* envolve principalmente creditar o sucesso de um projeto sempre à equipe e não a um participante específico ou ao líder e também reconhecer a equipe de um projeto bem sucedido. Outros aspectos também se mostraram importantes neste fator: comunicação periódica e em tempo real da evolução dos projetos para toda a organização; comunicação dos resultados de cada projeto, mesmo que fracasso; e premiação com remuneração dos participantes de um projeto bem sucedido. Há de se notar que dois deles envolvem o reconhecimento e premiação com remuneração dos participantes de um projeto

bem sucedido. Análises comparativas dos dados mostraram que a diferença de percepção entre os dois aspectos depende do nível do respondente na cadeia hierárquica do Seis Sigma. Os *Green Belts* foram os que mais valorizaram a premiação com remuneração. Em seguida, com nível de importância decrescente, estiveram os *Black Belts*, os *Master Black Belts* e finalmente os Campeões. Estes últimos, inclusive, já não consideraram que a premiação com remuneração fosse importante. Em todos os níveis, porém, foi sempre maior a importância dada ao reconhecimento de forma geral.

Os aspectos mais importantes para o fator *Processo Gerencial* reforçam a relevância da seleção apropriada de projetos e o treinamento do programa Seis Sigma, além de revelar a importância do *coaching* para acompanhamento dos projetos. Outros aspectos importantes identificados foram a seleção dos profissionais do Seis Sigma (GB, BB, MBB e Campeões); a facilitação dos relacionamentos inter-funcionais; a medição dos ganhos em termos financeiros; infra-estrutura dedicada ao Seis Sigma; o uso do Seis Sigma como a principal ferramenta para implantação da estratégia empresarial e a existência de cultura prévia na empresa para definição de indicadores e de métricas.

O fator *Perfil dos Black Belts* revelou aspectos importantes no campo das habilidades desses profissionais. O principal aspecto, para os respondentes, foi sua capacidade de estimular a dedicação e o trabalho em equipe. Outros aspectos dos *Black Belts* também importantes foram: experiência prévia em gestão de equipes multidisciplinares; habilidades para comunicar as várias facetas de um problema; experiência prévia em liderança e em gestão de conflitos; regime de dedicação em tempo integral; habilidades e experiência prévia em gestão de projetos; visão empresarial do negócio da empresa; e habilidades para fazer apresentações. Tais aspectos podem ser valiosos para empresas que pretendem se envolver com o programa Seis Sigma e servir de guia para a seleção de profissionais a serem formados ou para a formação de equipes de trabalho. O conjunto desses aspectos caminha para o campo de liderança profissional, indo além do escopo de melhoria de processos. Isso não causa surpresa e está aderente com o papel de liderança dos *Black Belts* (PANDE *et al.*, 2000, p. 125; MIKE e SCHROEDER 2000, p. 194 e 202).

O fator *Equipes de Projetos* revelou a importância do pluralismo de visões na abordagem dos projetos. Os aspectos mais importantes foram a composição de equipe multifuncional com visões variadas do problema e a presença de membros com capacidade para analisar dados.

Também foram consideradas importantes, ainda que em menor grau, habilidades de membros das equipes para pensamento matemático/estatístico e a existência de *backups* nas equipes para o caso de sobrecarga de seus integrantes. A diferença de importância verificada entre a capacidade de análise de dados e as habilidades para pensamento matemático/estatístico revelou que, mais do que gerar dados e informações, os respondentes valorizam a capacidade de usá-las para a tomada de decisão, o que tem plena aderência com a teoria.

O fator *Iniciativas Prévias* revelou que qualquer iniciativa prévia de qualidade tem efeito positivo para empresa que pretende implantar o programa Seis Sigma. Iniciativas do tipo ISO 9000, TQM, SPC/SQC e Zero Defeito foram mais importantes que iniciativas em TS 16949 e Produção Enxuta. Este fator foi o de menor pontuação relativa e o que teve o menor índice de resposta entre os respondentes.

Em resposta à segunda questão de pesquisa, foram identificados aspectos que tiveram melhoria após a implantação do programa Seis Sigma em três áreas de interesse: Operação (IOP), Satisfação dos Clientes (ISC) e Cultura da Qualidade (ICQ).

Em termos de *Impacto na Operação*, foram identificados 13 aspectos que tiveram nível de melhoria equivalente em seu significado prático entre os respondentes. Após a implantação do programa Seis Sigma, as empresas experimentaram melhorias significativas na: produtividade operacional, redução de custos dos produtos, redução geral do nível de erros, redução dos índices de refugo, redução de retrabalho, redução nos tempos de parada (*downtime*) das máquinas, pontualidade das entregas, custo da não-qualidade, redução dos tempos de ciclo, redução dos tempos de processamento, redução dos tempos de preparação de máquinas (*setup*), o *lead time* de produtos e o nível de inventário. Isso não causa surpresa e está em consonância com a teoria. Tais aspectos estão entre os objetivos de ganho do programa Seis Sigma e são compatíveis tanto com as operações de empresas que atuam em manufatura quanto com as de empresas de prestação de serviços.

Em se tratando do *Impacto na Satisfação dos Clientes*, foram identificados cinco aspectos que tiveram melhoria significativa após implantação do programa, na ótica dos respondentes: satisfação geral, reclamação de clientes, retenção dos clientes, reclamações em garantia e *recall* de produtos. Em termos de intensidade da melhoria percebida, houve equivalência

prática entre os aspectos com exceção do *recall* de produtos. Neste caso, a melhoria percebida pelas empresas foi menor.

Já para a área de *Impacto na Cultura de Qualidade*, não se percebeu diferença prática no nível de concordância dos cinco aspectos identificados. Após implantação do Seis Sigma, as empresas indicam que aumentou a compreensão geral dos funcionários de como eliminar desperdícios, aumentou o entendimento geral de que todos são responsáveis pela melhoria da qualidade na empresa, aumentou a compreensão de que é necessário aprender mais sobre trabalho em equipe para resolver os problemas de qualidade da empresa. Além disso, aumentou o entendimento de todos na empresa sobre conceitos de qualidade e de como os funcionários podem eliminar a variabilidade nos processos.

Quanto aos objetivos secundários desta pesquisa, foram investigadas relações específicas entre variáveis de interesse em busca de associações que pudessem servir de guia para as empresas que pretendem implantar o programa Seis Sigma. Em particular, várias associações foram feitas com a percepção de sucesso do programa por parte dos respondentes. Os resultados da pesquisa indicam que a percepção de sucesso não depende do tamanho da empresa, medido pelo seu número de funcionários, nem depende da sua nacionalidade. Nas associações com o tamanho da empresa, os dados coletados envolveram empresas de até 100, de 101-250, de 251-500, de 501-1000 e de mais de 1000 funcionários. Esse espectro foi considerado amplo o bastante para incorporar sentido prático à análise. A independência com o sucesso percebido é promissora na medida em que sugere que empresas de todos os portes podem obter igualmente sucesso com o programa. Em termos de nacionalidade, foram consideradas apenas se as empresas eram nacionais ou estrangeiras. A independência com o sucesso percebido é promissora porque não indica limitações de alcance de sucesso para as empresas nacionais. A amostra não foi suficientemente grande para permitir a investigação combinada nacionalidade e tamanho. Vale ressaltar que essa independência se mostra aderente com a teoria apresentada.

Outra associação feita com a percepção de sucesso envolveu o nível de comunicação – em termos do número de reuniões mensais – entre *Black Belts*, Campeões e membros das equipes. Não houve evidência estatística de que o nível dessa comunicação tivesse efeito no sucesso percebido pelas empresas que implantam o Seis Sigma. Vale salientar que há aqui aparente contradição com o fato de o fator *Comunicação* ter sido identificado como crítico

para o sucesso na implantação do Seis Sigma nas empresas. Dois aspectos merecem comentário. O primeiro é que a comunicação investigada nesta associação diz respeito a esses profissionais específicos notadamente durante a execução dos projetos. Não leva em consideração a comunicação em outros níveis como a alta administração e os funcionários em geral. O segundo, é que o nível de comunicação foi medido em termos do número de reuniões mensais entre as partes. Pode ser interessante investigar aspectos específicos do fator *Comunicação* em estudos futuros.

Duas associações mostraram relação com a média do sucesso percebido. Uma delas está relacionada há quanto tempo foi implantado o programa Seis Sigma nas empresas. Os resultados mostram que empresas com mais de 5 anos de implantação têm maior média de percepção de sucesso do Seis Sigma do que empresas com tempo de implantação entre 1 e 3 anos. Além disso, empresas com mais de 3 anos de implantação indicam média de percepção de sucesso consistentemente maior do que empresas com até 3 anos de implantação. Esses resultados apontam para um amadurecimento do programa dentro das empresas e são aderentes com a teoria.

A segunda associação encontrada com a média do sucesso percebido envolve o treinamento continuado dos membros das equipes. Vale notar que esse treinamento não está limitado ao Seis Sigma, podendo envolver conceitos de qualidade, uso de ferramentas, custos, trabalho em equipe e outros. A análise dos dados revela que empresas que aplicam entre 6-8 horas de treinamento semanal para os membros das equipes de projeto têm maior percepção de sucesso do programa Seis Sigma do que empresas que treinam suas equipes até 3 horas por semana. Vale ressaltar que o resultado, apesar de estatisticamente significativo, pode ter sido afetado pelo pequeno tamanho dos grupos, em especial o de 6-8 horas de treinamento. A repetição deste experimento com amostras maiores em estudos futuros pode confirmar se há ou não viés nos dados. Entretanto, o comportamento de percepção crescente com o tempo de treinamento está aderente com o exposto no Capítulo 2.

Ainda em resposta aos objetivos secundários, não foi possível evidenciar se a nacionalidade das empresas e há quanto tempo elas implantaram o Seis Sigma têm efeito na economia média anual gerada pelos projetos da empresa. Vale ressaltar que esses resultados são afetados pelo pequeno tamanho das amostras e pela grande variabilidade dos valores médios de economia encontrados entre as empresas dos respondentes. Igualmente, não foi possível perceber

influência da nacionalidade das empresas sobre a duração média dos projetos Seis Sigma. Também aqui o pequeno tamanho da amostra em relação aos diversos grupos de análise contribui para esse resultado.

Como última questão adicional relativa aos objetivos secundários deste estudo, não houve evidência estatística de que os *Black Belts* de tempo integral tenham maiores taxas de conclusão de projetos do que os *Black Belts* de tempo parcial. Esse resultado parece conflitante com a importância dada ao regime integral dos *Black Belts* entre os próprios respondentes. Há de se notar, porém, que a vantagem reivindicada para o regime integral pode se manifestar em atributo que não a taxa de conclusão de projetos. Algumas possibilidades são a duração dos projetos e a economia obtida por profissional *Black Belt* de cada regime de dedicação. Neste estudo, o tamanho da amostra não permitiu testar a primeira possibilidade e não capturou, em questionário, dados para testar a segunda. Finalmente, pode-se perceber a tendência de maiores taxas de conclusão para os BB de tempo integral examinando as médias das respostas. Entende-se que essa tendência possa ser verificada em novos estudos que disponham de amostras maiores.

Como resultado, por meio desta dissertação foi possível consolidar um conjunto de conhecimentos relativos ao tema Seis Sigma e reunir evidências empíricas sobre a realidade brasileira. Desta forma, acredita-se na contribuição desta pesquisa para a ampliação do conhecimento acadêmico e na sua relevância para utilização junto às empresas nacionais.

Com relação a trabalhos futuros, algumas sugestões podem ser feitas. Primeiramente, sugere-se manter o questionário em ferramenta da Internet, mas ajustá-lo de modo dar maior visibilidade ao respondente sobre o seu preenchimento e o quanto falta para conclusão. É também recomendada a redução do número de questões.

Com relação aos fatores críticos de sucesso encontrados, sugere-se investigar sua ordem de importância junto aos profissionais do Seis Sigma. É sugerido também repetir o estudo com amostras maiores para validar as tendências que foram identificadas nesta pesquisa, mas que não puderam ser estatisticamente testadas pela limitação dos dados disponíveis.

Algumas sugestões envolvem investigação sobre os *Black Belts*. Como apontado nesta pesquisa, há muitos BBs inativos nas empresas. Uma sugestão é, então, investigar as razões

pelas quais as empresas não estão aproveitando esse recurso. Outro aspecto diz respeito à taxa de conclusão dos projetos: no presente estudo, 29% dos BBs completam até 60% dos seus projetos e ainda assim declaram-se satisfeitos com o resultado do programa. Sugere-se, então, investigar eventuais causas para a não conclusão dos projetos e seu efeito nos objetivos estabelecidos pelas organizações.

Estudos adicionais poderiam ainda tratar do regime de dedicação dos *Black Belts*. Sugere-se investigar os fatores associados à preferência pelo regime de tempo integral que foi apontada pelos respondentes. Este estudo mostrou que parece não haver vantagem na taxa de conclusão de projetos para esse regime de tempo, mas não foi possível investigar a duração ou ganho dos projetos conduzidos por esses profissionais. Neste sentido, sugere-se também que o questionário seja ajustado de modo a capturar a economia gerada pelos projetos em que o respondente está envolvido ou é responsável. Tal ajuste pode, inclusive, ajudar a explicar a grande variabilidade associada aos valores de economia das empresas.

Outra sugestão para estudos vindouros é aprofundar a investigação sobre os aspectos de comunicação que mais possam interferir na percepção de sucesso do Seis Sigma, na ótica dos respondentes. Outra sugestão diz respeito à investigação da capacidade das empresas conduzirem projetos simultâneos de forma satisfatória. Mais uma sugestão é investigar o abandono do programa Seis Sigma por parte de empresas que o iniciaram. Os estudos de Dusharme (2001, 2003a e 2003b) indicam essa possibilidade no mercado americano e vale ressaltar que o mecanismo de amostragem deste estudo não propicia a identificação desse fenômeno no mercado brasileiro.

Os ganhos e benefícios verificados nesta pesquisa a respeito do programa Seis Sigma servem de estímulo à continuidade de estudos sobre este tema. Como resultado, pode-se esperar maiores contribuições para o conhecimento acadêmico, para a melhoria das empresas e, conseqüentemente, para o desenvolvimento nacional.



## 6 REFERÊNCIAS

ADAMS, Cary W. *et al.* **Six sigma deployment**. Butterworth Heinemann., 2003.

ANDERSON, David R. *et al.* **Estatística aplicada à administração e economia**. Trad. Luiz Sérgio de Castro Paiva. 2. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

ANDRADE, Ana Elisa Soares de. **Reflexões sobre implantação do programa seis sigma**. Unicamp, 2003. Disponível em: < <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000310618>> Acesso em 05/02/2006.

BASU, Ron; WRIGHT, Nevan. **Quality beyond six sigma**. Elsevier Butterworth Heinemann., 2003.

BENGE, Eugene Jackson. **Gerencia de oficinas**. Trad. E. Ruiz Ponseti. México DF, México: Editora Acrópolis, 1948.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica**: para uso dos estudantes universitários. São Paulo: McGraw-Hill, 1973.

CHANG, Tsung-Ling. **Six sigma: a framework for small and medium-sized enterprises to achieve total quality**. Cleveland, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia). Cleveland State University.

CHANG, Ou-Chuan. Abstract. In: \_\_\_\_\_ **The key success factors of six sigma green belt project: an empirical study of company A**. EMBA, 2004. Dissertação (Mestrado).

COLLIS, Jill e HUSSEY, Roger. **Pesquisa em administração**: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. Trad. Lúcia Simonini. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

COOPER, Donald R.; SCHINDLER, Pamela S. **Métodos de pesquisa em administração**. Trad. Luciana de Oliveira Rocha. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

CRONBACH, Lee J. **Coefficient alpha and the internal structure of tests**. Psychometrika, 1951, Vol. 16, Nº. 3, 38p, p. 297-334.

DEMING, William Edwards. **A nova economia para a indústria, o governo e a educação**. Trad. Heloisa Martins Costa. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

DEMING, William Edwards. **Elementary principles of the statistical control of quality**: a series of lectures. Tokio: Nippon Gijutsu Remmei, 1952.

DEMING, William Edwards. **Qualidade: a revolução da administração.** Trad. Clave Comunicações e Recursos Humanos. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

D'ONOFRIO, Salvatore. **Metodologia do trabalho intelectual.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

DRUCKER, Peter Ferdinand. **Administrando em tempos de grandes mudanças.** Trad. Nivaldo Montingelli Jr. São Paulo: Pioneira, 1995.

DRURY, Horace Bookwalter. *Scientific management: a history and criticism.* 3rd. ed. New York: Columbia University, 1922.

DUSHARME, Dirk. *Got six sigma on the brain?* Quality Digest. Nov./2004. Disponível em <[http://www.qualitydigest.com/nov04/articles/01\\_article.shtml](http://www.qualitydigest.com/nov04/articles/01_article.shtml)>

DUSHARME, Dirk. *Six sigma survey: big success...but what about the other 98 percent?* Quality Digest. Feb./2003a. Disponível em <[http://www.qualitydigest.com/feb03/articles/01\\_article.shtml](http://www.qualitydigest.com/feb03/articles/01_article.shtml)>

DUSHARME, Dirk. *Six sigma survey: breaking through the six sigma hype.* Quality Digest. Nov./2001. Disponível em <<http://www.qualitydigest.com/nov01/html/sixsigmaarticle.html>>

DUSHARME, Dirk. *Survey: six sigma packs a punch.* Quality Digest. Nov./2003b. Disponível em <[http://www.qualitydigest.com/nov03/articles/01\\_article.shtml](http://www.qualitydigest.com/nov03/articles/01_article.shtml)>

ECKES, George. **A revolução seis sigma:** o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro. Trad. Reynaldo Cavalheiro Marcondes. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

EMERSON, Harrington. *The twelve principles of efficiency.* New York: The Engineering Magazine Co., 1912.

FREITAS, Henrique *et al.* **O método de pesquisa survey.** São Paulo/SP: Revista de Administração da USP, RAUSP, v. 35, nr. 3, Jul-Set. 2000, p.105-112.

GEORGE JR, Claude Swanson. **História do pensamento administrativo.** Trad. Álvaro Cabral. São Paulo: Cultrix, 1974.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1987.

HAHN, Gerald J. *et al.* *The evolution of six sigma.* Quality Engineering, Monticello, v12, n.3, p. 317-326, March 2000.

HAIR, J. F. Jr. *et al.* **Multivariate data analysis**. 5th ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c1998.

HAMMER, Michael. **Além da reengenharia**: como organizações orientadas para processos estão mudando nosso trabalho e nossas vidas. Trad. Ana Beatriz Rodrigues; Priscila Martins Celeste. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

HAMMER, Michael. **Reengineering work: don't automate, obliterate**. Harvard Business Review, July/Aug., 1990. Business Source Premier.

HAMMER, Michael; CHAMPY, James. **Reengenharia**: revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência. Trad. Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

HAMMER, Michael; STANTON, Steven A. **A revolução da reengenharia**: um guia prático. Trad. Bazán Tecnologia. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

HARRINGTON, H. James. **Business process improvement**: the breakthrough strategy for total quality, productivity, and competitiveness. New York: McGraw-Hill, c1991.

HARRINGTON, H. James. **O processo do aperfeiçoamento**: como as empresas americanas, líderes de mercado, aperfeiçoam controle de qualidade. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

HARRY, Mikel; SCHROEDER, Richard. **Six sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations**. New York: Doubleday, 2000.

HOEL, Paul Gerhard. **Estatística elementar**. Trad. Calos Roberto Vieira Araújo. São Paulo: Atlas, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Participação das Grandes Regiões e Unidades da Federação no Produto Interno Bruto do Brasil - 2000-2003**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível no site: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2003/tabela06.pdf>. Acesso em 21/08/2006.

JURAN, Joseph Moses. **A history of managing for quality: the evolution, trends, and future directions of managing for quality**. Milwaukee, Wis. : ASQC Quality Press, c1995.

JURAN, Joseph Moses. **A qualidade desde o projeto**: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. Trad. Nivaldo Montingelli Jr. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1997.

JURAN, Joseph Moses. **Juran na liderança pela qualidade**. Trad. João Mário Csillag. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1993.

KERLINGER, Fred Nichols. **Metodologia da pesquisa em ciências sociais: um tratamento conceitual**. Trad. Helena Mendes Rotundo. São Paulo: EPU, 1980.

KIMBAL, Dexter Simpson; KIMBAL, Dexter Simpson Jr. **Principles of industrial organization**. 6th ed. New York: McGraw-Hill, 1947.

LANGLEY, Gerald J. *et al.* **The improvement guide: a practical approach to enhancing organizational performance**. San Francisco: Jossey-Bass, 1996.

LEE, Kuo-Liang. **Critical success factors of six sigma implementation and the impact on operations performance**. Cleveland, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial e de Manufatura). Cleveland State University.

MANN, Nancy R. **Deming: as chaves da excelência**. Trad. José Carlos Barbosa dos Santos. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1992.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MASON, Emanuel J.; BRAMBLE, William J. **Understanding and conducting research**. New York : McGraw-Hill, 1989.

MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MOEN, Ronald D. *et al.* **Quality improvement through planned experimentation**. 2nd ed. [New York]: McGraw-Hill, 1998.

MONDEN, Yasuhiro. **Produção sem estoques: uma abordagem prática ao sistema de produção Toyota**. Trad. Antonia V. Pereira Costa *et al.* São Paulo: IMAM, 1984.

NONAKA, Ikujiro e TAKEUCHI, Hirotaka. **Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação**. Trad. Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. 14. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

NISH, T.; CABANIS, J. **The consulting methodology survey**. PM Network, PMI, August, 1999.

NUNNALLY, J. C. **Psychometric theory**. New York : McGraw-Hill, [1967].

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OUCHI, William G. **Teoria Z**: como as empresas podem enfrentar o desafio japonês. Trad. Auriphebo Berrance Simões. 10. ed. São Paulo: Nobel, 1989.

PANDE, Peter S. *et al.* **The six sigma way: how GE, Motorola and other top companies are honing their performance**. New York: McGraw-Hill, 2000.

PEREZ-WILSON, Mario. **Seis sigma**: compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. Trad. Bazán Tecnologia e Lingüística. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

PINSONNEAULT, A. & KRAEMER, K. L. **Survey research in management information systems: an assesment**. Journal of Management Information System, Fall1993, Vol. 10 Issue 2, p75, 31p, 16 charts, 1 graph. Business Source Premier.

PROKOPENKO, Joseph. **Productivity management: a practical handbook**. Geneve, Switzerland: International Labour Office, 1987. Capítulo 1.

RICHARDSON, Roberto Jarry *et al.* **Pesquisa social**: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROSENBURG, Cynthia. **Faixa preta corporativo**. Revista Exame, São Paulo, 8 de setembro de 1999. Ano XXXIII, n. 18, ed. 696, p. 88-90.

SAMPIERI, Roberto Hernández *et al.* **Metodología de la investigación**. México, McGraw-Hill, 1991 *apud* FREITAS, Henrique *et al.* **O método de pesquisa survey**. São Paulo/SP: Revista de Administração da USP, RAUSP, v. 35, nr. 3, Jul-Set. 2000, p.105-112.

SELLTIZ, Claire *et al.* **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. Volume 1. São Paulo: EPU, 1975.

SELLTIZ, Claire *et al.* **Métodos de pesquisa nas relações social**: medidas na pesquisa social. Volume 2. 2. ed. São Paulo: EPU, 1987.

SHARMA, S. **Applied multivariate techniques**. New York: John Wiley & Sons, c1996.

SHEWHART, Walter Andrew. **Economic control of quality of manufactured product**. New York: D. Van Nostrand Co., 1931.

SHEWHART, Walter Andrew. **Statistical method from the viewpoint of quality control**. Washington: The Graduate School, The Dept. of Agriculture, 1939.

STEVENSON, William J. **Estatística aplicada à administração**. Trad. Alfredo Alves de Farias. São Paulo: HARBRA, 1981.

TAYLOR, Frederick Winslow. **Princípios de administração científica**. Trad. Arlindo Vieira Ramos. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1957.

TRUJILLO FERRARI, Alfonso. **Metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: McGraw Hill, 1982.

WELCH, Jack (John Francis). *A company to be proud of*. Presented at the “General Electric Company 1999 Annual Meeting”, Cleveland Ohio, April 21, 1995, 6 p.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Criando a cultura seis sigma**. Série Seis Sigma Volume 1. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. *Design for six sigma*: ferramentas básicas usadas nas etapas D e M do DMADV. Série Seis Sigma Volume 2. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2005.

WOMACK, James P. *et al.* **A máquina que mudou o mundo**. Trad. Ivo Korytovski. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

Toyota. *Company profile: history of Toyota*. Disponível no site: <[http://www.toyota.co.jp/en/about\\_toyota/history/index.html](http://www.toyota.co.jp/en/about_toyota/history/index.html)> Acesso em 21/12/2005.

**7 ANEXOS****ANEXO A – QUESTÕES PARA ENTREVISTA COM ESPECIALISTAS****ANEXO B – O QUESTIONÁRIO DE PESQUISA****ANEXO C – CARTA CONVITE****ANEXO D – FÓRUMS DE DISCUSSÃO CONVIDADOS PARA A PESQUISA****ANEXO E – TABELAS DAS ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS****ANEXO F – TESTE DE NORMALIDADE DOS VALORES DE ECONOMIA****ANEXO G – VARIÁVEIS DE PESQUISA APÓS VALIDAÇÃO DO QUESTIONÁRIO****ANEXO H – RESULTADOS DETALHADOS DA ANÁLISE FATORIAL****ANEXO I – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS DO QUESTIONÁRIO****ANEXO J – TABELAS DOS TESTES DE HIPÓTESES****ANEXO K – TABELAS DAS QUESTÕES DE PESQUISA**

**ANEXO A – QUESTÕES PARA ENTREVISTA COM ESPECIALISTAS**

- Qual é/foi seu papel na implantação do Seis Sigma na sua empresa?
- Pela sua experiência, quais são os fatores mais importantes para facilitar a implantação do Seis Sigma em uma empresa?
- Pela sua experiência, quais são os fatores mais importantes que podem dificultar a implantação do Seis Sigma em uma empresa?
- Que outros fatores (ainda que não principais) podem facilitar a implantação do Seis Sigma?
- Que outros fatores (ainda que não principais) podem dificultar a implantação do Seis Sigma?
- Que impactos (não financeiros) pode-se esperar no desempenho operacional, na satisfação dos clientes e na cultura organizacional voltada para a qualidade nas empresas que implantam o Seis Sigma?
- Que recomendações, à luz de sua experiência, o Sr. sugeriria para empresas que desejem implantar o Seis Sigma?



**ANEXO B – O QUESTIONÁRIO DE PESQUISA**

**1. Pensando no sucesso de implantação do programa Seis Sigma, qual é o nível de importância destas iniciativas PRÉVIAS adotadas na empresa? Repare que a pergunta não se refere à importância das iniciativas de qualidade em si, mas à importância delas como ação anterior da empresa que implanta o programa Seis Sigma. O significado dos indicadores de escala está a seguir.**

1 – Não Importante                      4 – Neutro                      7 – Muito Importante                      N/A – Não Sei

1. Iniciativas prévias adotadas na empresa	1	2	3	4	5	6	7	N/A	2. Foi adotada em sua empresa?
ISO 9000									<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
TS 16949									<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Produção Enxuta									<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
TQM									<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
SPC/SQC									<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Zero Defeito									<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Uma iniciativa prévia de qualidade, qualquer que seja									<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

Por favor, indique uma iniciativa prévia adotada em sua empresa que não foi listada acima

---

**3. Qual o nível de importância dos itens abaixo para se obter sucesso na implantação do Seis Sigma?**

1 – Não Importante                      4 – Neutro                      7 – Muito Importante

**Liderança (Página 3/18)**

	1	2	3	4	5	6	7
Entusiasmo e persistência do principal executivo da empresa (CEO, Presidente)							
A gerência comunica com clareza as políticas e expectativas de desempenho							
O principal executivo da empresa tem conceitos de gestão de negócios							
Compromisso da alta administração com melhoria contínua							
Há um responsável pelo programa com caráter de empreendedor interno							
A gerência aloca recursos (pessoas, tempo e outros) para os projetos Seis Sigma							
A administração estimula e dá suporte ao aprendizado dos funcionários							
A alta administração promove revisões periódicas para acompanhar os projetos e suas metas de desempenho							

**4. Qual o nível de importância dos itens abaixo para se obter sucesso na implantação do Seis Sigma?**

1 – Não Importante                      4 – Neutro                      7 – Muito Importante

**Processo Gerencial**

	1	2	3	4	5	6	7
Seleção apropriada de projetos							
Seleção dos Black Belts							
Seleção dos Campeões (Champions)							
Seleção dos Master Black Belts							

Seleção dos Green Belts							
Treinamento							
Facilitação dos relacionamentos inter-funcionais							
Coaching dos projetos							
Medição de todos os ganhos em termos financeiros							
Sala dedicada para o Seis Sigma com equipamentos e infra-estrutura							

**5. Ainda pensando no sucesso na implantação do Seis Sigma, qual é o seu nível de concordância para com as assertivas abaixo?**

1 – Discordo Totalmente                      4 – Neutro                      7 – Concordo Totalmente

	1	2	3	4	5	6	7
Quando utilizado, o Seis Sigma deve ser a principal ferramenta para implantação da estratégia empresarial							
É muito importante existir uma cultura prévia na organização para definição de indicadores e de métricas							
Quando utilizado, o Seis Sigma deve se sobrepor aos demais programas de qualidade/auditoria para evitar conflitos							

**6. Para o sucesso na implantação do Seis Sigma, qual o nível de importância dos seguintes itens relacionados ao perfil dos Black Belts?**

1 – Não Importante                      4 – Neutro                      7 – Muito Importante

<b>Perfil dos <i>Black Belts</i></b>	1	2	3	4	5	6	7
O Black Belt possui alguma certificação na área de qualidade (CQE, CQM, etc)							
O Black Belt tem carreira profissional relacionada à área de qualidade							
O Black Belt tem carreira profissional na área financeira							
O Black Belt tem formação profissional em engenharia							
O Black Belt tem formação profissional em administração de empresas							
O Black Belt tem personalidade que estimula dedicação e trabalho em equipe							
O Black Belt desempenha seu papel em regime de tempo integral							

**7. Nesta questão, procura-se investigar a importância de experiências, habilidades e conhecimentos prévios dos profissionais que se tornam Black Belts. Na sua opinião, qual o nível de importância dos seguintes itens para o sucesso na implantação do programa Seis Sigma nas empresas?**

1 – Não Importante                      4 – Neutro                      7 – Muito Importante

	1	2	3	4	5	6	7
O Black Belt tem habilidades e experiência prévias em gestão de projetos							
O Black Belt tem experiência prévia em gestão de equipes multidisciplinares							
O Black Belt já tinha visão empresarial do negócio da empresa							
O Black Belt tem experiência prévia em liderança e gestão de conflitos							
O Black Belt tem habilidades prévias para comunicar as várias facetas de um problema							
O Black Belt tem habilidades prévias para fazer apresentações							

**8. Na sua opinião, qual é o nível de importância dos itens abaixo para se obter sucesso na implantação do Seis Sigma?**

1 – Não Importante                      4 – Neutro                      7 – Muito Importante

<b>Treinamento</b>	1	2	3	4	5	6	7
Treinamento de ferramentas analíticas (gráficos de Pareto, histogramas, dispersão, causa-efeito, etc)							
Treinamento de ferramentas estatísticas (DOE, regressão, testes de hipóteses, estudos multivariados, etc)							
Treinamento de gerenciamento de projetos							
Treinamento de software estatístico (Minitab, etc)							
Treinamento para trabalho em equipe							
Treinamento de liderança para o Campeão (Champion)							
Treinamento de liderança para o Black Belt							
Treinamento para solução de problemas							
Treinamento de conceitos de qualidade (QFD, capacidade, FMEA, sistemas de medição, etc)							

**9. Na sua empresa, quanto tempo é aplicado em treinamento dos membros de equipe por semana?**

(Considere todos os tipos de treinamento como, conceitos de qualidade, ferramentas, custos, trabalho em equipe, etc.)

Nenhum                       1-3 horas                       4-6 horas                       6-8 horas                       Mais de 8 horas

**10. Pensando no sucesso na implantação do Seis Sigma, qual é o nível de importância dos seguintes itens referentes aos projetos?**

1 – Não Importante                      4 – Neutro                      7 – Muito Importante

<b>Projetos</b>	1	2	3	4	5	6	7
Os projetos são selecionados de acordo com a estratégia da empresa							
Os projetos são selecionados de acordo com a conveniência e disponibilidade dos membros das equipes							
Os projetos possuem datas bem definidas para início e conclusão							
As metas dos projetos são claras e de conhecimento de toda a equipe							
Os diversos projetos começam e terminam juntos para manter o ritmo							
Os projetos são revisados periodicamente com participação da alta administração							

**11. Qual o nível de importância dos tópicos referentes à equipe de projetos para se obter sucesso na implantação do Seis Sigma?**

1 – Não Importante                      4 – Neutro                      7 – Muito Importante

<b>Equipe de Projetos</b>	1	2	3	4	5	6	7
Fazem parte da equipe profissionais da área envolvida no projeto para usar experiência própria							
Equipe multifuncional com visões variadas do problema							
Faz parte da equipe um membro da alta administração							
Membros da equipe têm habilidades para pensamento matemático/estatístico							
As equipes possuem backups para o caso de sobrecarga de seus integrantes							
Faz parte da equipe um membro com capacidade para analisar dados							



Lead Time de produtos								
Tempo de processamento (order-process time)								
Custo da não-qualidade								
Redução de custo dos produtos								
Redução do nível de erros								
Nível de inventário								
Tempo de ciclo								
Produtividade								
Pontualidade de entrega								

**17. Satisfação dos Clientes: qual o impacto percebido nos seguintes tópicos?**

1 – Melhoria nada significativa..... 4 – Neutro..... 7 – Melhoria muito significativa..... N/A – Não se aplica/não sei

Satisfação dos Clientes	1	2	3	4	5	6	7	N/A
Reclamações dos clientes								
Retenção de clientes								
Reclamações em garantia								
Recall de produtos								
Satisfação geral dos clientes								

**18. Cultura de Qualidade: indique sua percepção sobre os aspectos a seguir após a implantação do Seis Sigma. Use a escala de concordância:**

1 – Discordo totalmente..... 4 – Neutro..... 7 – Concordo totalmente..... N/A – Não se aplica ou não sei

Cultura de Qualidade	1	2	3	4	5	6	7	N/A
Os funcionários compreenderam como eliminar os desperdícios								
Funcionários compreenderam como eliminar variação nos processos								
Todos têm melhor entendimento dos conceitos de qualidade								
Há entendimento geral que todos são responsáveis pela melhoria da qualidade								
Todos compreenderam que é necessário aprender mais sobre trabalho em equipe para resolver os problemas de qualidade								

**19. Em geral, qual foi o nível de sucesso na implantação do Seis Sigma na sua área de atuação? Indique de acordo com a escala de importância abaixo.**

1 – Não Importante

4 – Neutro

7 – Muito Importante

1

2

3

4

5

6

7

**Perfil da Empresa**

Nesta seção gostaríamos de conhecer alguns aspectos gerais de sua organização. Essas informações servirão para agrupar os dados obtidos na pesquisa.

**20. Qual é a principal área de atividade de sua empresa? Selecione apenas uma..**

- Manufatura  
 Serviços  
 Transacional  
 Governo & Militar  
 Representação/Distribuição  
 Outra (favor indicar) \_\_\_\_\_

**21. Quantos funcionários existem na sua empresa (no seu site)? Selecione apenas uma..**

- Até – 100       101 – 250       251 – 500       501 – 1000       Mais de 1000

**22. Por favor, indique a nacionalidade de sua empresa, a origem de seu capital e o estado da federação onde você trabalha.**

Nacionalidade da sua empresa       Brasileira       Estrangeira       Não Sei

Origem do Capital da Empresa       Público       Privado       Misto       Não Sei

Estado da Federação onde você trabalha (por exemplo, São Paulo) \_\_\_\_\_

**23. Há quantos anos sua empresa implantou o programa Seis Sigma no seu local de trabalho?**

- Menos de 1 ano       1 – 3 anos       3 – 5 anos       Mais de 5 anos

**24. Em média, quanto tempo dura um projeto Seis Sigma na sua empresa?**

- 1 – 3 meses       3 – 6 meses       6 – 9 meses       9 – 12 meses       Mais de 12 meses

**25. Por favor, indique o número de Black Belts ativos existentes na sua organização. Black Belts ativos são aqueles envolvidos em projetos Seis Sigma. Indique também o número total de Black Belts e Green Belts na sua organização (entre ativos e inativos). Profissionais inativos são aqueles treinados (e às vezes certificados), mas que não atuam em projetos porque foram designados para outras funções.**

Black Belts ativos \_\_\_\_\_  
 Total de Black Belts (ativos + inativos) \_\_\_\_\_  
 Total de Green Belts (ativos + inativos) \_\_\_\_\_

**26. Qual é a média anual de economia (savings) dos projetos Seis Sigma na sua empresa? Por favor, indique se em US\$ ou R\$.**

\_\_\_\_\_

### Perfil do Respondente

Nesta seção gostaríamos de conhecer um pouco sobre você.

#### 27. Qual é seu nível de educação formal?

- Até colegial     Técnico     Superior     Mestrado     Doutorado
- 

#### 28. Qual é sua área de formação?

- Engenharia     Administração     Finanças     Outra: \_\_\_\_\_
- 

#### 29. Indique seu papel no programa Seis Sigma

- Green Belt*     *Black Belt*     *Master Black Belt*     Campeão     Outro: \_\_\_\_\_
- 

#### 30. Há quantos anos você ocupa essa função?

- Até 0,5 ano     0,5 – 1 ano     1 – 3 anos     Mais de 3 anos
- 

#### 31. Qual era sua posição antes disso?

\_\_\_\_\_

---

**Atenção:** se você não é *Black Belt*, pule as questões 32, 33 e 34.

#### 32. Você é *Black Belt* em tempo integral?    Sim    Não

---

#### 33. Se você respondeu “Não” na questão anterior (32), que percentual do seu tempo você dedica à função de *Black Belt*?

- 0% - 20%     21% - 40%     41% - 60%     61% - 80%     81% - 100%
- 

#### 34. Qual é sua taxa anual de conclusão de projetos?

- 0% - 20%     21% - 40%     41% - 60%     61% - 80%     81% - 100%
- 

#### 35. Quantos projetos Seis Sigma você conclui anualmente?

\_\_\_\_\_

---

**36. Em quais tipos de projetos Seis Sigma você já esteve envolvido? Selecione tantas opções quantas forem necessárias.**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Redução de custo                              | <input type="checkbox"/> Aumento de produtividade           |
| <input type="checkbox"/> Melhoria da qualidade de produtos e serviços  | <input type="checkbox"/> Redução de erros/falhas/defeitos   |
| <input type="checkbox"/> Desenvolvimento de novos produtos             | <input type="checkbox"/> Redução de inventário              |
| <input type="checkbox"/> Redução do tempo de processamento/atendimento | <input type="checkbox"/> Melhoria da satisfação de clientes |
| <input type="checkbox"/> Outro: _____                                  | <input type="checkbox"/>                                    |

**37. Em quais áreas foram aplicados projetos Seis Sigma em que você esteve envolvido? Selecione tantas opções quantas forem necessárias.**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Compras   | <input type="checkbox"/> Engenharia       |
| <input type="checkbox"/> Financeira (contas a pagar, receber, faturamento, etc.) | <input type="checkbox"/> Logística        |
| <input type="checkbox"/> Pesquisa e Desenvolvimento                              | <input type="checkbox"/> Manufatura       |
| <input type="checkbox"/> Recursos Humanos  | <input type="checkbox"/> Manutenção       |
| <input type="checkbox"/> Suporte a Clientes (SAC)                                | <input type="checkbox"/> Vendas/Comercial |
| <input type="checkbox"/> Tecnologia de Informação (TI)                           | <input type="checkbox"/> Outra: _____     |

**38. Opcional: use este espaço para fazer algum comentário sobre sua percepção dos fatores críticos de sucesso para implantação do programa Seis Sigma ou sobre o impacto do Seis Sigma no desempenho operacional de sua organização.**


**Interesse nos resultados da pesquisa**

**39. Se você tiver interesse em receber os resultados desta pesquisa, por favor indique um endereço eletrônico para que possamos enviá-los. Gostaríamos de ressaltar que o campo abaixo não será vinculado a nenhum formulário específico, sendo registrado com o único propósito de divulgação de resultados. Lembramos ainda que os resultados, quando divulgados, serão de caráter total não sendo possível a identificação de respostas individuais.**

Nome: \_\_\_\_\_  
E-mail: \_\_\_\_\_

Obrigado por sua participação neste estudo.

Se você tiver questões referentes a esta pesquisa, estarei disponível através do endereço eletrônico: [samir.trad@usp.br](mailto:samir.trad@usp.br)

Atenciosamente,

Samir Trad  
Estudante de Mestrado - FEA/USP  
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP



## ANEXO C – CARTA CONVITE

Caro Senhor,

Sou *Black Belt* e aluno de Mestrado na FEA/USP conduzindo pesquisa acadêmica sobre o programa Seis Sigma (*Six Sigma*) nas organizações brasileiras. O objetivo do estudo é investigar os fatores críticos de sucesso de sua implantação, bem como o impacto não financeiro do Seis Sigma no desempenho dessas organizações. Para tal, foi desenvolvido o questionário intitulado “**FCS - Fatores Críticos de Sucesso do Seis Sigma e Impacto nas Organizações**” endereçado a *Black Belts, Master Black Belts, Green Belts, Champions* e outros profissionais da área no Brasil.

Esta mensagem tem o propósito de convidá-lo a participar desta pesquisa divulgando o questionário junto aos profissionais Seis Sigma da empresa. Como profissionais do Seis Sigma, suas informações e percepções são valiosas e imprescindíveis para o desenvolvimento da pesquisa, cujos resultados poderão se converter em benefícios para as empresas. O tempo estimado para resposta é de 20 minutos. O questionário está baseado na Internet. Para respondê-lo, basta acessar o link abaixo:

<http://www.surveymonkey.com/s.asp?u=713032069739>

Todas as respostas obtidas através deste questionário serão tratadas com absoluta confidencialidade e nenhum esforço será aplicado para identificar o respondente. Como retribuição à sua colaboração, terei prazer em compartilhar os resultados desta pesquisa. Tais resultados serão globais não sendo possível identificar respostas individuais ou suas fontes. Instruções sobre como receber cópia dos resultados estão disponíveis no final do questionário.

Sinta-se à vontade para repassar este link/mensagem para demais profissionais que podem contribuir nesta investigação. Em caso de dúvidas, estarei disponível através do endereço eletrônico ou telefone abaixo.

Obrigado,  
Samir Trad  
[samir.trad@usp.br](mailto:samir.trad@usp.br)  
(11) 8467-0777

Aluno de Mestrado - FEA/USP  
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP

## ANEXO D – FÓRUMS DE DISCUSSÃO CONVIDADOS PARA A PESQUISA

**Tabela 21 – Fóruns de discussão convidados para participar da pesquisa**

<b>Comunidades no Orkut</b>	
<b>Nome do Fórum</b>	<b># Membros<sup>1</sup></b>
Six Sigma	153
Six Sigma – Black Belt	60
Six Sigma Brasil	58
Lean Six Sigma Xerox	37
Six Sigma HSBC Brasil	18
Six Sigma – MI Domenech	12
Six Sigma – Cursos	10
Eu Sou Green Belt	85
Green Belt – Turma 2006	13
Eu Sou um Yellow Belt 6 Sigma	5
<b>Comunidades no Yahoo</b>	
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/blackbelt2004/">http://br.groups.yahoo.com/group/blackbelt2004/</a>	10
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/blackbelt2004vanzolini/">http://br.groups.yahoo.com/group/blackbelt2004vanzolini/</a>	21
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/cmanutencao/">http://br.groups.yahoo.com/group/cmanutencao/</a>	13
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/cybermage/">http://br.groups.yahoo.com/group/cybermage/</a>	11
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/Forum_Nacional_Qualidade/">http://br.groups.yahoo.com/group/Forum_Nacional_Qualidade/</a>	307
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/grenn_belt/">http://br.groups.yahoo.com/group/grenn_belt/</a>	8
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/leanseissigma/">http://br.groups.yahoo.com/group/leanseissigma/</a>	15
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/qld_brasil/">http://br.groups.yahoo.com/group/qld_brasil/</a>	165
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/Seis-Sigma/">http://br.groups.yahoo.com/group/Seis-Sigma/</a>	3
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/seis_sigma/">http://br.groups.yahoo.com/group/seis_sigma/</a>	41
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/seis_sigma_lg/">http://br.groups.yahoo.com/group/seis_sigma_lg/</a>	9
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/SIX-SIGMA-TQI/">http://br.groups.yahoo.com/group/SIX-SIGMA-TQI/</a>	3
<a href="http://br.groups.yahoo.com/group/SIXSIGMA-TQI/">http://br.groups.yahoo.com/group/SIXSIGMA-TQI/</a>	1
<a href="http://groups.yahoo.com/group/sixsigmabrasil/">http://groups.yahoo.com/group/sixsigmabrasil/</a>	361
<b>Outros Fóruns</b>	
<a href="http://www.qualiforum.com.br">www.qualiforum.com.br</a>	desconhecido

<sup>1</sup> Número de integrantes inscritos no grupo na época do convite

## ANEXO E – TABELAS DAS ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

### Das Empresas dos Respondentes:

**Tabela 22 – Principal área de atividade das empresas dos respondentes**

Área de Atividade	Frequência	% do Total
Manufatura	85	71,4
Serviços	29	24,4
Transacional	1	0,84
Representação/Distribuição	1	0,84
Outra	3	2,5
<b>Total</b>	<b>119</b>	<b>100</b>

**Tabela 23 – Número de funcionários nas empresas dos respondentes**

Número de Funcionários	Frequência	% do Total
Até – 100	6	5,0
101 – 250	11	9,2
251 – 500	20	16,8
501 – 1000	15	12,6
Mais de 1000	67	56,3
<b>Total</b>	<b>119</b>	<b>100</b>

**Tabela 24 – Nacionalidade das empresas dos respondentes**

Nacionalidade	Frequência	% do Total
Brasileira	31	26,0
Estrangeira	88	74,0
<b>Total</b>	<b>119</b>	<b>100</b>

**Tabela 25 – Origem do capital das empresas dos respondentes**

Capital	Frequência	% do Total
Público	3	2,5
Privado	110	92,4
Misto	5	4,2
Não Sabem	1	0,84
<b>Total</b>	<b>119</b>	<b>100</b>

**Tabela 26 – Tempo de implantação do Seis Sigma no local de trabalho**

Período	Frequência	% do Total
Menos de 1 ano	10	8,8
1 - 3 anos	49	43,0
3 - 5 anos	27	23,7
Mais de 5 anos	28	24,6
<b>Total</b>	<b>114</b>	<b>100</b>

**Tabela 27 – Localização das empresas dos respondentes nos estados da federação**

Região	Estado	Frequência	% do Total	% da Região
Norte	AM	8	6,7	16,0
	PA	1	0,84	
	RR	1	0,84	
	TO	9	7,6	
Nordeste	BA	1	0,84	14,3
	CE	1	0,84	
	PE	14	11,8	
	PB	1	0,84	
Sudeste	ES	1	0,84	65,5
	MG	4	3,4	
	RJ	6	5,0	
	SP	67	56,3	
Sul	PR	3	2,5	3,4
	SC	1	0,84	
Centro-Oeste	GO	1	0,84	0,8
<b>Total</b>		<b>119</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Tabela 28 – Duração média dos projetos Seis Sigma nas empresas dos respondentes**

Duração	Frequência	% do Total
1 - 3 meses	4	3,5
3 - 6 meses	44	38,9
6 - 9 meses	35	31,0
9 - 12 meses	19	16,8
Mais de 12 meses	11	9,7
<b>Total</b>	<b>113</b>	<b>100</b>

**Tabela 29 – Número de profissionais *Black Belts* e *Green Belts* nas empresas dos respondentes**

Tipo de Profissional	Respostas	Mínimo	Média	Máximo	Desvio-Padrão
<i>Black Belts</i> ativos	83	0	9,52	92	14,81
Total de <i>Black Belts</i>	80	0	20,78	400	50,10
Total de <i>Green Belts</i>	83	0	110,3	4000	448,7

**Tabela 30 – Economia média anual em R\$ por projeto Seis Sigma nas empresas dos respondentes**

Base	Resp.	Mínimo	1º Quartil	Median	3º Quartil	Máximo	Média	Desvio-Padrão
Total	55	23.000	184.000	300.000	460.000	18.400.000	754.855	2.481.783
Reduzida	49	23.000	169.050	287.500	458500	575.000	288.714	150.997

### Dos Próprios Respondentes:

**Tabela 31 – Nível de educação formal dos respondentes**

Nível de Educação	Frequência	% do Total
Doutorado	3	2,6
Mestrado	38	32,8
Superior	74	63,8
Técnico	1	0,9
<b>Total</b>	<b>116</b>	<b>100</b>

**Tabela 32 – Área de formação dos respondentes**

Área de Formação	Frequência	% do Total
Administração	32	27,6
Engenharia	63	54,3
Finanças	6	5,2
Outra	15	12,9
<b>Total</b>	<b>116</b>	<b>100</b>

**Tabela 33 – Papel dos respondentes no programa Seis Sigma**

Papel Desempenhado	Frequência	% do Total
<i>Master Black Belt</i>	15	12,8
<i>Black Belt</i>	43	36,8
<i>Green Belt</i>	36	30,8
Campeão	5	4,3
Outro	18	15,4
<b>Total</b>	<b>117</b>	<b>100</b>

**Tabela 34 – Tempo em que os respondentes desempenham o papel atual no programa Seis Sigma**

Tempo	Frequência	% do Total
Até 0,5 ano	18	15,4
0,5 - 1 ano	27	23,1
1 - 3 anos	42	35,9
Mais de 3 anos	30	25,6
<b>Total</b>	<b>117</b>	<b>100</b>

**Tabela 35 – Regime de dedicação de tempo entre os *Black Belts***

<i>Black Belt</i> em Tempo Integral?	Frequência	% do Total
Não	26	60,5
Sim	17	39,5
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>100</b>

**Tabela 36 – Tempo dedicado à função de *Black Belt* entre aqueles de regime parcial**

Tempo Dedicado	Frequência	% do Total
0% - 20%	11	47,8
21% - 40%	10	43,5
41% - 60%	1	4,4
61% - 80%	1	4,4
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>
Não resposta	3	-

**Tabela 37 – Taxa anual de conclusão de projetos entre os *Black Belts***

Taxa de Conclusão de Projetos	Frequência	% do Total
0% - 20%	3	7,7
20% - 40%	3	7,7
40% - 60%	5	12,8
60% - 80%	13	33,3
80% - 100%	15	38,5
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>100</b>
Não resposta	4	-

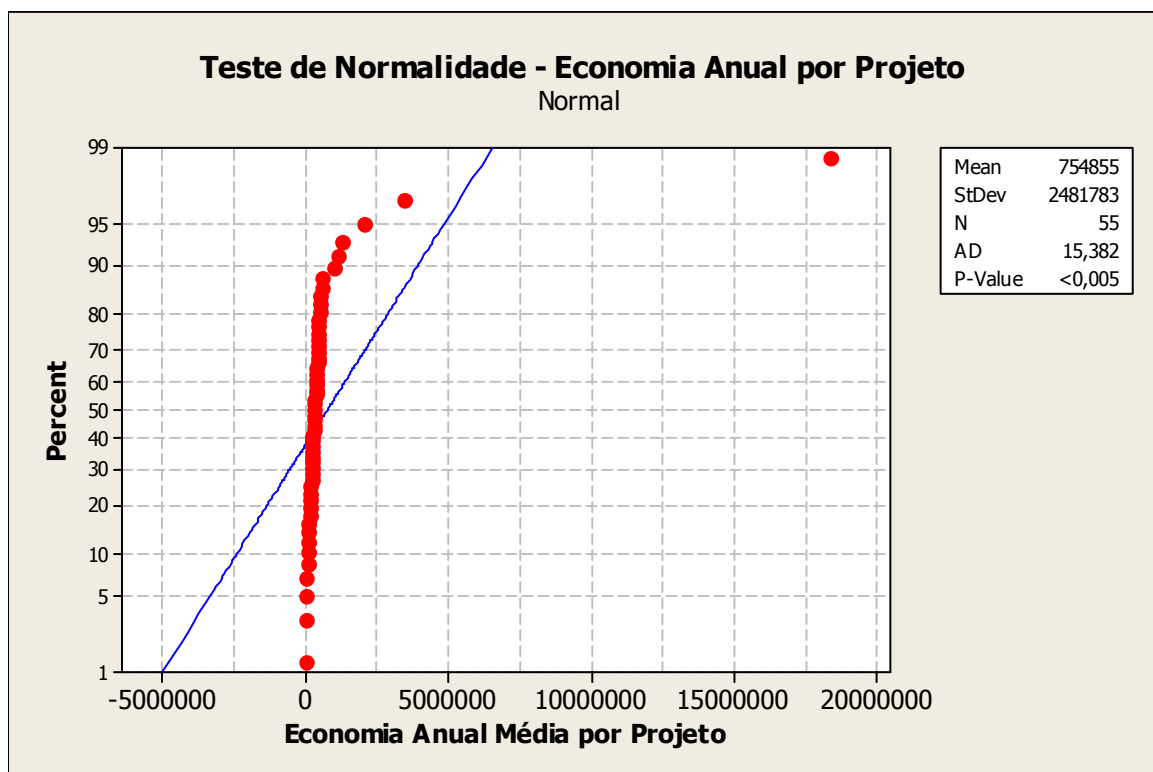
**Tabela 38 – Número de projetos Seis Sigma concluídos anualmente pelos respondentes**

Respostas	Mínimo	1º Quartil	Median	3º Quartil	Máximo	Média	Desvio-Padrão
88	0	1	2	5	200	3,75	35,18

**ANEXO F – TESTE DE NORMALIDADE DOS VALORES DE ECONOMIA****Dos dados originalmente coletados:**

Teste Anderson-Darling do software Minitab aplicado para teste de normalidade dos valores de economia gerada pelo Seis Sigma. O Gráfico 3 apresenta o resultado para os 55 valores originalmente fornecidos pelos respondentes para a pergunta 26 do questionário com 95% de confiança.

Resultado: distribuição não-normal com valor-p < 0,005.



**Gráfico 3 – Gráfico e estatística para teste de distribuição normal de dados: economia gerada pelos projetos Seis Sigma – 55 dados originalmente fornecidos**

### Dos dados sem pontos extremos:

Teste Anderson-Darling do software Minitab aplicado para teste de normalidade dos valores de economia gerada pelo Seis Sigma. O Gráfico 4 apresenta o resultado para os 49 valores restantes, após eliminação de seis pontos extremos para a pergunta 26 do questionário com 95% de confiança.

Resultado: distribuição normal com valor-p = 0,172.

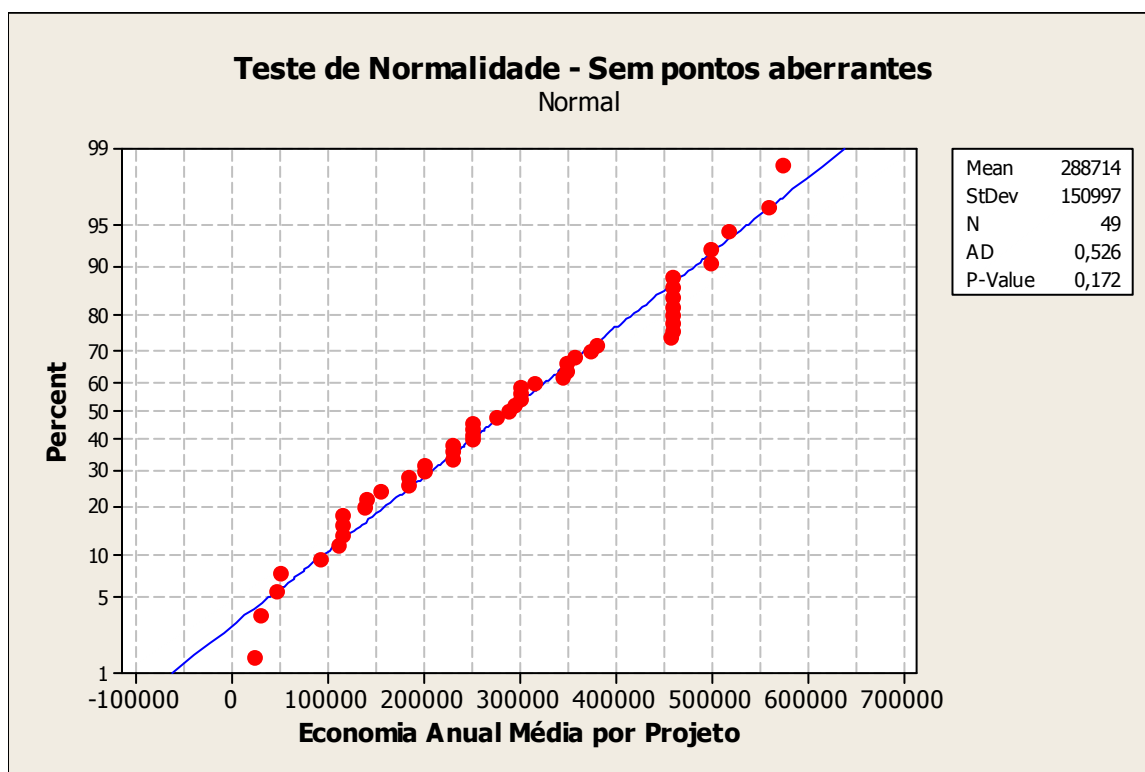


Gráfico 4 – Gráfico e estatística para teste de distribuição normal de dados: economia gerada pelos projetos Seis Sigma – sem pontos aberrantes

## ANEXO G – VARIÁVEIS DE PESQUISA APÓS VALIDAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Quadro 10 – Efeito dos testes de confiabilidade e validade sobre as variáveis – F1 a F4

Fator	Variável	Descrição	Removido
Fator 1 Iniciativas Prévias	F1.1	ISO 9000	-
	F1.2	TS 16949	-
	F1.3	Produção Enxuta	-
	F1.4	TQM	-
	F1.5	SPC/SQC	-
	F1.6	Zero Defeito	-
	F1.7	Uma iniciativa prévia de qualidade, qualquer que seja	-
Fator 2 Liderança	F2.1	Entusiasmo e persistência do principal executivo da empresa (CEO, Presidente)	-
	F2.2	A gerência comunica com clareza as políticas e expectativas de desempenho	-
	F2.3	O principal executivo da empresa tem conceitos de gestão de negócios	-
	F2.4	Compromisso da alta administração com melhoria contínua	-
	F2.5	Há um responsável pelo programa com caráter de empreendedor interno	-
	F2.6	A gerência aloca recursos (pessoas, tempo e outros) para os projetos Seis Sigma	-
	F2.7	A administração estimula e dá suporte ao aprendizado dos funcionários	-
Fator 3 Processo Gerencial	F2.8	A alta administração promove revisões periódicas para acompanhar os projetos e suas metas de desempenho	-
	F3.1	Seleção apropriada de projetos	-
	F3.2	Seleção dos <i>Black Belts</i>	-
	F3.3	Seleção dos Campeões ( <i>Champions</i> )	-
	F3.4	Seleção dos <i>Master Black Belts</i>	-
	F3.5	Seleção dos <i>Green Belts</i>	-
	F3.6	Treinamento	-
	F3.7	Facilitação dos relacionamentos inter-funcionais	-
	F3.8	<i>Coaching</i> dos projetos	-
	F3.9	Medição de todos os ganhos em termos financeiros	-
	F3.10	Sala dedicada para o Seis Sigma com equipamentos e infra-estrutura	-
	F3.11	Quando utilizado, o Seis Sigma deve ser a principal ferramenta para implantação da estratégia empresarial	-
	F3.12	É muito importante existir uma cultura prévia na organização para definição de indicadores e de métricas	-
F3.13	Quando utilizado, o Seis Sigma deve se sobrepor aos demais programas de qualidade/auditoria para evitar conflitos	-	
Fator 4 Perfil dos <i>Black Belts</i>	F4.1	O <i>Black Belt</i> possui alguma certificação na área de qualidade (CQE, CQM, etc)	-
	F4.2	O <i>Black Belt</i> tem carreira profissional relacionada à área de qualidade	-
	F4.3	O <i>Black Belt</i> tem carreira profissional na área financeira	-
	F4.4	O <i>Black Belt</i> tem formação profissional em engenharia	-
	F4.5	O <i>Black Belt</i> tem formação profissional em administração de empresas	-
	F4.6	O <i>Black Belt</i> tem personalidade que estimula dedicação e trabalho em equipe	-
	F4.7	O <i>Black Belt</i> desempenha seu papel em regime de tempo integral	-
	F4.8	O <i>Black Belt</i> tem habilidades e experiência prévias em gestão de projetos	-
	F4.9	O <i>Black Belt</i> tem experiência prévia em gestão de equipes multidisciplinares	-
	F4.10	O <i>Black Belt</i> já tinha visão empresarial do negócio da empresa	-
	F4.11	O <i>Black Belt</i> tem experiência prévia em liderança e gestão de conflitos	-
	F4.12	O <i>Black Belt</i> tem habilidades prévias para comunicar as várias facetas de um problema	-
	F4.13	O <i>Black Belt</i> tem habilidades prévias para fazer apresentações	-



Quadro 11 – Efeito dos testes de confiabilidade e validade sobre as variáveis – F5 a F8

Fator	Variável	Descrição	Removido
Fator 5 Treinamento	F5.1	Treinamento de ferramentas analíticas (gráficos de Pareto, histogramas, dispersão, causa-efeito, etc.)	-
	F5.2	Treinamento de ferramentas estatísticas (DOE, regressão, testes de hipóteses, estudos multivariados, etc.)	-
	F5.3	Treinamento de gerenciamento de projetos	-
	F5.4	Treinamento de software estatístico (Minitab, etc.)	-
	F5.5	Treinamento para trabalho em equipe	-
	F5.6	Treinamento de liderança para o Campeão ( <i>Champion</i> )	-
	F5.7	Treinamento de liderança para o <i>Black Belt</i>	-
	F5.8	Treinamento para solução de problemas	-
	F5.9	Treinamento de conceitos de qualidade (QFD, capacidade, FMEA, sistemas de medição, etc.)	-
Fator 6 Projetos	F6.1	Os projetos são selecionados de acordo com a estratégia da empresa	-
	F6.2	Os projetos são selecionados de acordo com a conveniência e disponibilidade dos membros das equipes	Pelo Teste de Confiabilidade
	F6.3	Os projetos possuem datas bem definidas para início e conclusão	-
	F6.4	As metas dos projetos são claras e de conhecimento de toda a equipe	-
	F6.5	Os diversos projetos começam e terminam juntos para manter o ritmo	Pelo Teste de Confiabilidade
	F6.6	Os projetos são revisados periodicamente com participação da alta administração	-
Fator 7 Equipes de Projetos	F7.1	Fazem parte da equipe profissionais da área envolvida no projeto para usar experiência própria	Pelo Teste de Validade
	F7.2	Equipe multifuncional com visões variadas do problema	-
	F7.3	Faz parte da equipe um membro da alta administração	-
	F7.4	Membros da equipe têm habilidades para pensamento matemático/estatístico	-
	F7.5	As equipes possuem <i>backups</i> para o caso de sobrecarga de seus integrantes	-
	F7.6	Faz parte da equipe um membro com capacidade para analisar dados	-
Fator 8 Comunicação e Revisão	F8.1	Comunicar periodicamente o andamento dos projetos para toda a organização	-
	F8.2	Comunicar em tempo real o andamento dos projetos através de painéis e murais ( <i>gestão-à-vista</i> )	-
	F8.3	Comunicar os resultados alcançados em cada projeto com clareza, não importando se são sucessos ou fracassos	-
	F8.4	Creditar o sucesso de um projeto sempre à equipe, não a um participante em particular ou ao líder do projeto	-
	F8.5	Reconhecer os participantes de um projeto que obteve sucesso	-
	F8.6	Premiar com remuneração os participantes de um projeto que obteve sucesso	-

Quadro 12 – Efeito dos testes de confiabilidade e validade sobre as variáveis das áreas de impacto

Área	Variável	Descrição	Removido
IOP Operação	IOP1	Taxa de Refugo ( <i>scrap</i> )	-
	IOP2	Taxa de Retrabalho	-
	IOP3	Tempo de parada ( <i>downtime</i> ) de máquinas de linha	-
	IOP4	Tempo de preparação de máquinas ( <i>setup</i> )	-
	IOP5	<i>Lead Time</i> de produtos	-
	IOP6	Tempo de processamento ( <i>order process time</i> )	-
	IOP7	Custo da não-qualidade	-
	IOP8	Redução de custo dos produtos	-
	IOP9	Redução do nível de erros	-
	IOP10	Nível de inventário	-
	IOP11	Tempo de ciclo	-
	IOP12	Produtividade	-
	IOP13	Pontualidade de entrega	-
ISC Satisfação dos Clientes	ISC1	Reclamações dos clientes	-
	ISC2	Retenção de clientes	-
	ISC3	Reclamações em garantia	-
	ISC4	<i>Recall</i> de produtos	-
	ISC5	Satisfação geral dos clientes	-
ICQ Cultura de Qualidade	ICQ1	Os funcionários compreenderam como eliminar os desperdícios	-
	ICQ2	Funcionários compreenderam como eliminar variação nos processos	-
	ICQ3	Todos têm melhor entendimento dos conceitos de qualidade	-
	ICQ4	Há entendimento geral que todos são responsáveis pela melhoria da qualidade	-
	ICQ5	Todos compreenderam que é necessário aprender mais sobre trabalho em equipe para resolver os problemas de qualidade	-

## ANEXO H – RESULTADOS DETALHADOS DA ANÁLISE FATORIAL

**Tabela 39 – Cálculo detalhado de autovalores e cargas para os 11 constructos**

		Cargas											
Fator/Área	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7 <sup>1</sup>	F7 <sup>3</sup>	F8	IOP	ISC	ICQ	
<b>Autovalor</b>	<b>4,669</b>	<b>3,252</b>	<b>3,355</b>	<b>4,062</b>	<b>3,954</b>	<b>2,110</b>	<b>1,977</b>	<b>1,960</b>	<b>2,371</b>	<b>6,096</b>	<b>3,670</b>	<b>3,360</b>	
<b>Varição Explicada</b>	<b>66,7%</b>	<b>40,7%</b>	<b>25,8%</b>	<b>31,2%</b>	<b>43,9%</b>	<b>52,8%</b>	<b>33,0%</b>	<b>39,2%</b>	<b>39,5%</b>	<b>46,9%</b>	<b>74,4%</b>	<b>67,2%</b>	
<b>Índice das Variáveis</b>	1	0,803	0,631	0,378	0,554	0,555	0,548	0,186 <sup>2</sup>	-	0,588	0,517	0,857	0,825
	2	0,770	0,693	0,513	0,606	0,536	-	0,516	0,524	0,599	0,622	0,876	0,784
	3	0,831	0,413	0,610	0,698	0,766	0,719	0,523	0,503	0,602	0,508	0,855	0,870
	4	0,859	0,704	0,579	0,495	0,665	0,867	0,683	0,695	0,703	0,663	0,777	0,876
	5	0,864	0,579	0,691	0,628	0,737	-	0,718	0,728	0,694	0,777	0,913	0,734
	6	0,856	0,652	0,525	0,438	0,644	0,736	0,648	0,648	0,574	0,778		
	7	0,724	0,733	0,477	0,306	0,639					0,639		
	8		0,640	0,543	0,688	0,802					0,631		
	9			0,477	0,721	0,568					0,755		
	10			0,527	0,375						0,760		
	11			0,404	0,620						0,758		
	12			0,309	0,516						0,652		
	13			0,450	0,434						0,762		

<sup>1</sup> Valores de carga para fator F7 com as seis variáveis originais.

<sup>2</sup> Carga abaixo de 0,3 levando à eliminação da variável F7.1.

<sup>3</sup> Valores de carga para fator F7 com variável F7.1 eliminada.

## ANEXO I – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS DO QUESTIONÁRIO

A tabela abaixo apresenta a estatística descritiva básica das questões apresentadas no questionário de pesquisa. Os valores listados sob o título “Índice das Variáveis” incluem as variáveis originais, mesmo que algumas tenham sido eliminadas por razão dos testes de confiabilidade e validade. Já as estatísticas sob o título “Total do Fator/Área” consideram as variáveis remanescentes dos testes de confiabilidade e validação. As variáveis eliminadas neste último caso estão sinalizadas com símbolo \*.

**Tabela 40 – Médias e Desvios-padrão para cada Variável do Questionário**

Fator / Área	Estatística	Total do Fator/Área*	Índice das Variáveis													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<b>F1-Iniciativas Prévias</b>	Média	5,11	5,14	4,18	4,99	5,20	5,13	5,20	5,56							
	Desvio-Padrão	1,81	1,73	2,03	1,81	1,78	1,86	1,85	1,55							
<b>F2-Liderança</b>	Média	6,57	6,74	6,46	6,31	6,70	6,49	6,77	6,53	6,59						
	Desvio-Padrão	0,76	0,65	0,75	1,01	0,62	0,84	0,54	0,71	0,74						
<b>F3-Processo Gerencial</b>	Média	5,74	6,61	6,34	5,88	5,98	5,92	6,62	6,22	6,43	6,14	4,70	4,55	5,76	3,56	
	Desvio-Padrão	1,51	0,69	0,86	1,05	1,18	0,98	0,59	0,80	0,87	1,00	1,90	1,67	1,39	1,96	
<b>F4-Perfil dos Black Belts</b>	Média	5,05	4,06	3,53	3,36	3,74	3,45	6,61	5,90	5,74	6,02	5,64	5,96	6,02	5,70	
	Desvio-Padrão	1,79	1,87	1,83	1,77	1,70	1,64	0,65	1,38	1,17	0,95	1,09	1,03	0,87	1,10	
<b>F5-Treinamento</b>	Média	6,20	6,58	6,13	6,06	6,05	6,14	5,98	6,26	6,22	6,34					
	Desvio-Padrão	1,02	0,73	1,09	1,12	1,15	1,06	1,11	0,93	0,97	0,85					
<b>F6-Projetos</b>	Média	6,49	6,72	3,27**	6,16	6,69	3,38**	6,39								
	Desvio-Padrão	0,87	0,56	2,00**	1,14	0,64	1,80**	0,89								
<b>F7-Equipes de Projetos</b>	Média	5,20	5,99**	6,24	3,99	5,03	4,73	6,00								
	Desvio-Padrão	1,64	1,20**	0,92	1,72	1,40	1,65	1,24								
<b>F8-Comunicação e Revisão</b>	Média	6,00	5,98	5,30	6,19	6,69	6,67	5,18								
	Desvio-Padrão	1,32	1,24	1,29	1,00	0,65	0,67	1,83								
<b>IOP-Operação</b>	Média	5,82	5,85	5,84	5,91	5,65	5,64	5,70	6,06	5,82	6,03	5,43	5,76	6,14	5,79	
	Desvio-Padrão	1,35	1,36	1,26	1,28	1,39	1,42	1,48	1,08	1,45	1,07	1,74	1,43	1,05	1,36	
<b>ISC-Satisfação dos Clientes</b>	Média	5,64	5,86	5,70	5,50	5,07	5,89									
	Desvio-Padrão	1,38	1,29	1,31	1,38	1,63	1,18									
<b>ICQ-Cultura de Qualidade</b>	Média	5,64	5,60	5,48	5,51	5,78	5,82									
	Desvio-Padrão	1,20	1,06	1,16	1,29	1,26	1,19									

\* Calculado com exclusão das variáveis eliminadas nos testes de confiabilidade e validade.

\*\* Variáveis eliminadas durante os testes de confiabilidade e validade.

## ANEXO J – TABELAS DOS TESTES DE HIPÓTESES

Tabela 41 – Resultados do Fator 2: Liderança

	Fator 2: Liderança	Média	Desvio-Padrão
F2.1	Entusiasmo e persistência do principal executivo da empresa (CEO, Presidente)	6,74	0,65
F2.2	A gerência comunica com clareza as políticas e expectativas de desempenho	6,46	0,75
F2.3	O principal executivo da empresa tem conceitos de gestão de negócios	6,31	1,01
F2.4	Compromisso da alta administração com melhoria contínua	6,70	0,62
F2.5	Há um responsável pelo programa com caráter de empreendedor interno	6,49	0,84
F2.6	A gerência aloca recursos (pessoas, tempo e outros) para os projetos Seis Sigma	6,77	0,54
F2.7	A administração estimula e dá suporte ao aprendizado dos funcionários	6,53	0,71
F2.8	A alta administração promove revisões periódicas para acompanhar os projetos e suas metas de desempenho	6,59	0,74
	<b>Total do Fator</b>	<b>6,57</b>	<b>0,76</b>

Tabela 42 – Resultados do teste-t pareado entre variável F2.6 e demais do Fator 2

	Teste-t Pareado entre Variável F2.6 e demais	Valor-p	Significativamente Diferente?
F2.1	Entusiasmo e persistência do principal executivo da empresa (CEO, Presidente)	0,613	Não
F2.2	A gerência comunica com clareza as políticas e expectativas de desempenho	0,000	Sim
F2.3	O principal executivo da empresa tem conceitos de gestão de negócios	0,000	Sim
F2.4	Compromisso da alta administração com melhoria contínua	0,278	Não
F2.5	Há um responsável pelo programa com caráter de empreendedor interno	0,000	Sim
F2.7	A administração estimula e dá suporte ao aprendizado dos funcionários	0,000	Sim
F2.8	A alta administração promove revisões periódicas para acompanhar os projetos e suas metas de desempenho	0,021	Não
Correção de Bonferroni para múltiplos testes: $0,05 / 7 = 0,0071$			

Tabela 43 – Resultados do Fator 3: Processo Gerencial

	Fator 3: Processo Gerencial	Média	Desvio-Padrão
F3.1	Seleção apropriada de projetos	6,61	0,69
F3.2	Seleção dos <i>Black Belts</i>	6,34	0,86
F3.3	Seleção dos Campeões ( <i>Champions</i> )	5,88	1,05
F3.4	Seleção dos <i>Master Black Belts</i>	5,98	1,18
F3.5	Seleção dos <i>Green Belts</i>	5,92	0,98
F3.6	Treinamento	6,62	0,59
F3.7	Facilitação dos relacionamentos inter-funcionais	6,22	0,80
F3.8	<i>Coaching</i> dos projetos	6,43	0,87
F3.9	Medição de todos os ganhos em termos financeiros	6,14	1,00
F3.10	Sala dedicada para o Seis Sigma com equipamentos e infra-estrutura	4,70	1,90
F3.11	Quando utilizado, o Seis Sigma deve ser a principal ferramenta para implantação da estratégia empresarial	4,55	1,67
F3.12	É muito importante existir uma cultura prévia na organização para definição de indicadores e de métricas	5,76	1,39
F3.13	Quando utilizado, o Seis Sigma deve se sobrepor aos demais programas de qualidade/auditoria para evitar conflitos	3,56	1,96
	<b>Total do Fator</b>	<b>5,74</b>	<b>1,51</b>

**Tabela 44 – Resultados do teste-t pareado entre variável F3.6 e demais do Fator 3**

	Teste-t Pareado entre Variável F3.6 e demais	Valor-p	Significativamente Diferente?
F3.1	Seleção apropriada de projetos	0,826	Não
F3.2	Seleção dos <i>Black Belts</i>	0,003	Sim
F3.3	Seleção dos Campeões ( <i>Champions</i> )	0,000	Sim
F3.4	Seleção dos <i>Master Black Belts</i>	0,000	Sim
F3.5	Seleção dos <i>Green Belts</i>	0,000	Sim
F3.7	Facilitação dos relacionamentos inter-funcionais	0,000	Sim
F3.8	<i>Coaching</i> dos projetos	0,024	Não
F3.9	Medição de todos os ganhos em termos financeiros	0,000	Sim
F3.10	Sala dedicada para o Seis Sigma com equipamentos e infra-estrutura	0,000	Sim
F3.11	Quando utilizado, o Seis Sigma deve ser a principal ferramenta para implantação da estratégia empresarial	0,000	Sim
F3.12	É muito importante existir uma cultura prévia na organização para definição de indicadores e de métricas	0,000	Sim
F3.13	Quando utilizado, o Seis Sigma deve se sobrepor aos demais programas de qualidade/auditoria para evitar conflitos	0,000	Sim
Correção de Bonferroni para múltiplos testes: $0,05 / 12 = 0,0042$			

**Tabela 45 – Resultados do Fator 4: Perfil dos *Black Belts***

	Fator 4: Perfil dos <i>Black Belts</i>	Média	Desvio-Padrão
F4.1	O <i>Black Belt</i> possui alguma certificação na área de qualidade (CQE, CQM, etc)	4,06	1,87
F4.2	O <i>Black Belt</i> tem carreira profissional relacionada à área de qualidade	3,53	1,83
F4.3	O <i>Black Belt</i> tem carreira profissional na área financeira	3,36	1,77
F4.4	O <i>Black Belt</i> tem formação profissional em engenharia	3,74	1,70
F4.5	O <i>Black Belt</i> tem formação profissional em administração de empresas	3,45	1,64
F4.6	O <i>Black Belt</i> tem personalidade que estimula dedicação e trabalho em equipe	6,61	0,65
F4.7	O <i>Black Belt</i> desempenha seu papel em regime de tempo integral	5,90	1,38
F4.8	O <i>Black Belt</i> tem habilidades e experiência prévias em gestão de projetos	5,74	1,17
F4.9	O <i>Black Belt</i> tem experiência prévia em gestão de equipes multidisciplinares	6,02	0,95
F4.10	O <i>Black Belt</i> já tinha visão empresarial do negócio da empresa	5,64	1,09
F4.11	O <i>Black Belt</i> tem experiência prévia em liderança e gestão de conflitos	5,96	1,03
F4.12	O <i>Black Belt</i> tem habilidades prévias para comunicar as várias facetas de um problema	6,02	0,87
F4.13	O <i>Black Belt</i> tem habilidades prévias para fazer apresentações	5,70	1,10
<b>Total do Fator</b>		<b>5,05</b>	<b>1,79</b>

**Tabela 46 – Resultados do teste-t pareado entre variável F4.6 e demais do Fator 4**

	<b>Teste-t Pareado entre Variável F4.6 e demais</b>	<b>Valor-p</b>	<b>Significativamente Diferente?</b>
F4.1	O <i>Black Belt</i> possui alguma certificação na área de qualidade (CQE, CQM, etc)	0,000	Sim
F4.2	O <i>Black Belt</i> tem carreira profissional relacionada à área de qualidade	0,000	Sim
F4.3	O <i>Black Belt</i> tem carreira profissional na área financeira	0,000	Sim
F4.4	O <i>Black Belt</i> tem formação profissional em engenharia	0,000	Sim
F4.5	O <i>Black Belt</i> tem formação profissional em administração de empresas	0,000	Sim
F4.7	O <i>Black Belt</i> desempenha seu papel em regime de tempo integral	0,000	Sim
F4.8	O <i>Black Belt</i> tem habilidades e experiência prévias em gestão de projetos	0,000	Sim
F4.9	O <i>Black Belt</i> tem experiência prévia em gestão de equipes multidisciplinares	0,000	Sim
F4.10	O <i>Black Belt</i> já tinha visão empresarial do negócio da empresa	0,000	Sim
F4.11	O <i>Black Belt</i> tem experiência prévia em liderança e gestão de conflitos	0,000	Sim
F4.12	O <i>Black Belt</i> tem habilidades prévias para comunicar as várias facetas de um problema	0,000	Sim
F4.13	O <i>Black Belt</i> tem habilidades prévias para fazer apresentações	0,000	Sim
Correção de Bonferroni para múltiplos testes: $0,05 / 12 = 0,0042$			

**Tabela 47 – Resultados do Fator 5: Treinamento**

	<b>Fator 5: Treinamento</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-Padrão</b>
F5.1	Treinamento de ferramentas analíticas (gráficos de Pareto, histogramas, dispersão, causa-efeito, etc.)	6,58	0,73
F5.2	Treinamento de ferramentas estatísticas (DOE, regressão, testes de hipóteses, estudos multivariados, etc.)	6,13	1,09
F5.3	Treinamento de gerenciamento de projetos	6,06	1,12
F5.4	Treinamento de software estatístico (Minitab, etc.)	6,05	1,15
F5.5	Treinamento para trabalho em equipe	6,14	1,06
F5.6	Treinamento de liderança para o Campeão ( <i>Champion</i> )	5,98	1,11
F5.7	Treinamento de liderança para o <i>Black Belt</i>	6,26	0,93
F5.8	Treinamento para solução de problemas	6,22	0,97
F5.9	Treinamento de conceitos de qualidade (QFD, capacidade, FMEA, sistemas de medição, etc.)	6,34	0,85
<b>Total do Fator</b>		<b>6,20</b>	<b>1,02</b>

**Tabela 48 – Resultados do teste-t pareado entre variável F5.1 e demais do Fator 5**

	<b>Teste-t Pareado entre Variável F5.1 e demais</b>	<b>Valor-p</b>	<b>Significativamente Diferente?</b>
F5.2	Treinamento de ferramentas estatísticas (DOE, regressão, testes de hipóteses, estudos multivariados, etc.)	0,000	Sim
F5.3	Treinamento de gerenciamento de projetos	0,000	Sim
F5.4	Treinamento de software estatístico (Minitab, etc.)	0,000	Sim
F5.5	Treinamento para trabalho em equipe	0,000	Sim
F5.6	Treinamento de liderança para o Campeão ( <i>Champion</i> )	0,000	Sim
F5.7	Treinamento de liderança para o <i>Black Belt</i>	0,002	Sim
F5.8	Treinamento para solução de problemas	0,000	Sim
F5.9	Treinamento de conceitos de qualidade (QFD, capacidade, FMEA, sistemas de medição, etc.)	0,002	Sim
Correção de Bonferroni para múltiplos testes: $0,05 / 8 = 0,0063$			

**Tabela 49 – Resultados do Fator 6: Projetos**

	<b>Fator 6: Projetos</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-Padrão</b>
F6.1	Os projetos são selecionados de acordo com a estratégia da empresa	6,72	0,56
F6.3	Os projetos possuem datas bem definidas para início e conclusão	6,16	1,14
F6.4	As metas dos projetos são claras e de conhecimento de toda a equipe	6,69	0,64
F6.6	Os projetos são revisados periodicamente com participação da alta administração	6,39	0,89
	<b>Total do Fator</b>	<b>6,49</b>	<b>0,87</b>

**Tabela 50 – Resultados do teste-t pareado entre variável F6.1 e demais do Fator 6**

	<b>Teste-t Pareado entre Variável F6.1 e demais</b>	<b>Valor-p</b>	<b>Significativamente Diferente?</b>
F6.3	Os projetos possuem datas bem definidas para início e conclusão	0,000	Sim
F6.4	As metas dos projetos são claras e de conhecimento de toda a equipe	0,588	Não
F6.6	Os projetos são revisados periodicamente com participação da alta administração	0,000	Sim
Correção de Bonferroni para múltiplos testes: $0,05 / 3 = 0,0167$			

**Tabela 51 – Resultados do Fator 7: Equipes de Projetos**

	<b>Fator 7: Equipes de Projetos</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-Padrão</b>
F7.2	Equipe multifuncional com visões variadas do problema	6,24	0,92
F7.3	Faz parte da equipe um membro da alta administração	3,99	1,72
F7.4	Membros da equipe têm habilidades para pensamento matemático/estatístico	5,03	1,40
F7.5	As equipes possuem <i>backups</i> para o caso de sobrecarga de seus integrantes	4,73	1,65
F7.6	Faz parte da equipe um membro com capacidade para analisar dados	6,00	1,24
	<b>Total do Fator</b>	<b>5,20</b>	<b>1,64</b>

**Tabela 52 – Resultados do teste-t pareado entre variável F7.2 e demais do Fator 7**

	<b>Teste-t Pareado entre Variável F7.2 e demais</b>	<b>Valor-p</b>	<b>Significativamente Diferente?</b>
F7.3	Faz parte da equipe um membro da alta administração	0,000	Sim
F7.4	Membros da equipe têm habilidades para pensamento matemático/estatístico	0,000	Sim
F7.5	As equipes possuem <i>backups</i> para o caso de sobrecarga de seus integrantes	0,000	Sim
F7.6	Faz parte da equipe um membro com capacidade para analisar dados	0,054	Não
Correção de Bonferroni para múltiplos testes: $0,05 / 4 = 0,0125$			

**Tabela 53 – Resultados do Fator 8: Comunicação e Revisão**

	<b>Fator 8: Comunicação e Revisão</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-Padrão</b>
F8.1	Comunicar periodicamente o andamento dos projetos para toda a organização	5,98	1,24
F8.2	Comunicar em tempo real o andamento dos projetos através de painéis e murais (gestão-à-vista)	5,30	1,29
F8.3	Comunicar os resultados alcançados em cada projeto com clareza, não importando se são sucessos ou fracassos	6,19	1,00
F8.4	Creditar o sucesso de um projeto sempre à equipe, não a um participante em particular ou ao líder do projeto	6,69	0,65
F8.5	Reconhecer os participantes de um projeto que obteve sucesso	6,67	0,67
F8.6	Premiar com remuneração os participantes de um projeto que obteve sucesso	5,18	1,83
	<b>Total do Fator</b>	<b>6,00</b>	<b>1,32</b>



**Tabela 54 – Resultados do teste-t pareado entre variável F8.4 e demais do Fator 8**

	Teste-t Pareado entre Variável F8.4 e demais	Valor-p	Significativamente Diferente?
F8.1	Comunicar periodicamente o andamento dos projetos para toda a organização	0,000	Sim
F8.2	Comunicar em tempo real o andamento dos projetos através de painéis e murais (gestão-à-vista)	0,000	Sim
F8.3	Comunicar os resultados alcançados em cada projeto com clareza, não importando se são sucessos ou fracassos	0,000	Sim
F8.5	Reconhecer os participantes de um projeto que obteve sucesso	0,764	Não
F8.6	Premiar com remuneração os participantes de um projeto que obteve sucesso	0,000	Sim
Correção de Bonferroni para múltiplos testes: $0,05 / 5 = 0,0100$			

**Tabela 55 – Resultados da Área de Impacto IOP: Operação**

	Área IOP: Operação	Média	Desvio-Padrão
IOP1	Taxa de Refugo ( <i>scrap</i> )	5,85	1,36
IOP2	Taxa de Retrabalho	5,84	1,26
IOP3	Tempo de parada ( <i>downtime</i> ) de máquinas de linha	5,91	1,28
IOP4	Tempo de preparação de máquinas ( <i>setup</i> )	5,65	1,39
IOP5	<i>Lead Time</i> de produtos	5,64	1,42
IOP6	Tempo de processamento ( <i>order process time</i> )	5,70	1,48
IOP7	Custo da não-qualidade	6,06	1,08
IOP8	Redução de custo dos produtos	5,82	1,45
IOP9	Redução do nível de erros	6,03	1,07
IOP10	Nível de inventário	5,43	1,74
IOP11	Tempo de ciclo	5,76	1,43
IOP12	Produtividade	6,14	1,05
IOP13	Pontualidade de entrega	5,79	1,36
	<b>Total do Fator</b>	<b>5,82</b>	<b>1,35</b>

**Tabela 56 – Resultados do teste-t pareado entre variável IOP12 e demais da Área IOP**

	Teste-t Pareado entre Variável IOP12 e demais	Valor-p	Significativamente Diferente?
IOP1	Taxa de Refugo ( <i>scrap</i> )	0,036	Não
IOP2	Taxa de Retrabalho	0,046	Não
IOP3	Tempo de parada ( <i>downtime</i> ) de máquinas de linha	0,065	Não
IOP4	Tempo de preparação de máquinas ( <i>setup</i> )	0,002	Sim
IOP5	<i>Lead Time</i> de produtos	0,000	Sim
IOP6	Tempo de processamento ( <i>order process time</i> )	0,001	Sim
IOP7	Custo da não-qualidade	0,167	Não
IOP8	Redução de custo dos produtos	0,016	Não
IOP9	Redução do nível de erros	0,092	Não
IOP10	Nível de inventário	0,000	Sim
IOP11	Tempo de ciclo	0,001	Sim
IOP13	Pontualidade de entrega	0,009	Não
Correção de Bonferroni para múltiplos testes: $0,05 / 12 = 0,0042$			

**Tabela 57 – Resultados da Área de Impacto ISC: Satisfação dos Clientes**

	Área ISC: Satisfação dos Clientes	Média	Desvio-Padrão
ISC1	Reclamações dos clientes	5,86	1,29
ISC2	Retenção de clientes	5,70	1,31
ISC3	Reclamações em garantia	5,50	1,38
ISC4	<i>Recall</i> de produtos	5,07	1,63
ISC5	Satisfação geral dos clientes	5,89	1,18
	<b>Total do Fator</b>	<b>5,64</b>	<b>1,38</b>

**Tabela 58 – Resultados do teste-t pareado entre variável ISC5 e demais da Área ISC**

	Teste-t Pareado entre Variável ISC5 e demais	Valor-p	Significativamente Diferente?
ISC1	Reclamações dos clientes	0,380	Não
ISC2	Retenção de clientes	0,003	Sim
ISC3	Reclamações em garantia	0,000	Sim
ISC4	<i>Recall</i> de produtos	0,000	Sim
Correção de Bonferroni para múltiplos testes: $0,05 / 4 = 0,0125$			

**Tabela 59 – Resultados da Área de Impacto ICQ: Cultura de Qualidade**

	Área ICQ: Cultura de Qualidade	Média	Desvio-Padrão
ICQ1	Os funcionários compreenderam como eliminar os desperdícios	5,60	1,06
ICQ2	Funcionários compreenderam como eliminar variação nos processos	5,48	1,16
ICQ3	Todos têm melhor entendimento dos conceitos de qualidade	5,51	1,29
ICQ4	Há entendimento geral que todos são responsáveis pela melhoria da qualidade	5,78	1,26
ICQ5	Todos compreenderam que é necessário aprender mais sobre trabalho em equipe para resolver os problemas de qualidade	5,82	1,19
	<b>Total do Fator</b>	<b>5,64</b>	<b>1,20</b>

**Tabela 60 – Resultados do teste-t pareado entre variável ICQ5 e demais da Área ICQ**

	Teste-t Pareado entre Variável ICQ5 e demais	Valor-p	Significativamente Diferente?
ICQ1	Os funcionários compreenderam como eliminar os desperdícios	0,094	Não
ICQ2	Funcionários compreenderam como eliminar variação nos processos	0,004	Sim
ICQ3	Todos têm melhor entendimento dos conceitos de qualidade	0,010	Sim
ICQ4	Há entendimento geral que todos são responsáveis pela melhoria da qualidade	0,735	Não
Correção de Bonferroni para múltiplos testes: $0,05 / 4 = 0,0125$			

ANEXO K – TABELAS DAS QUESTÕES DE PESQUISA

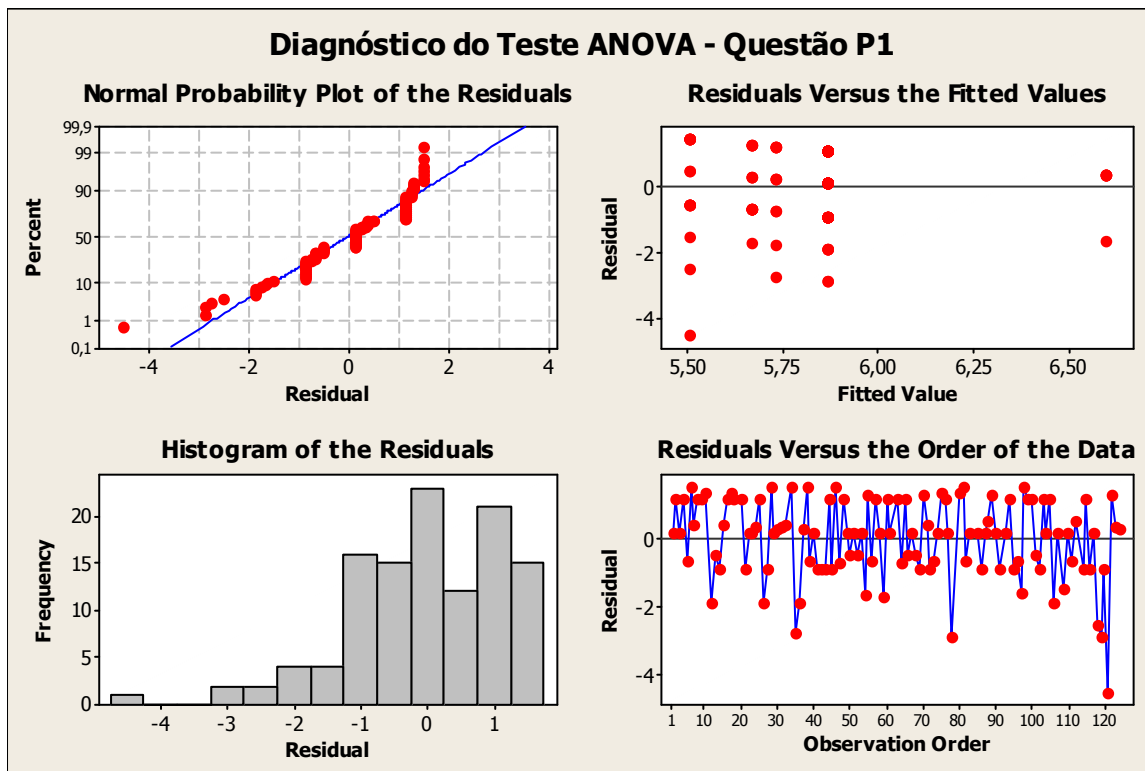


Gráfico 5 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P1

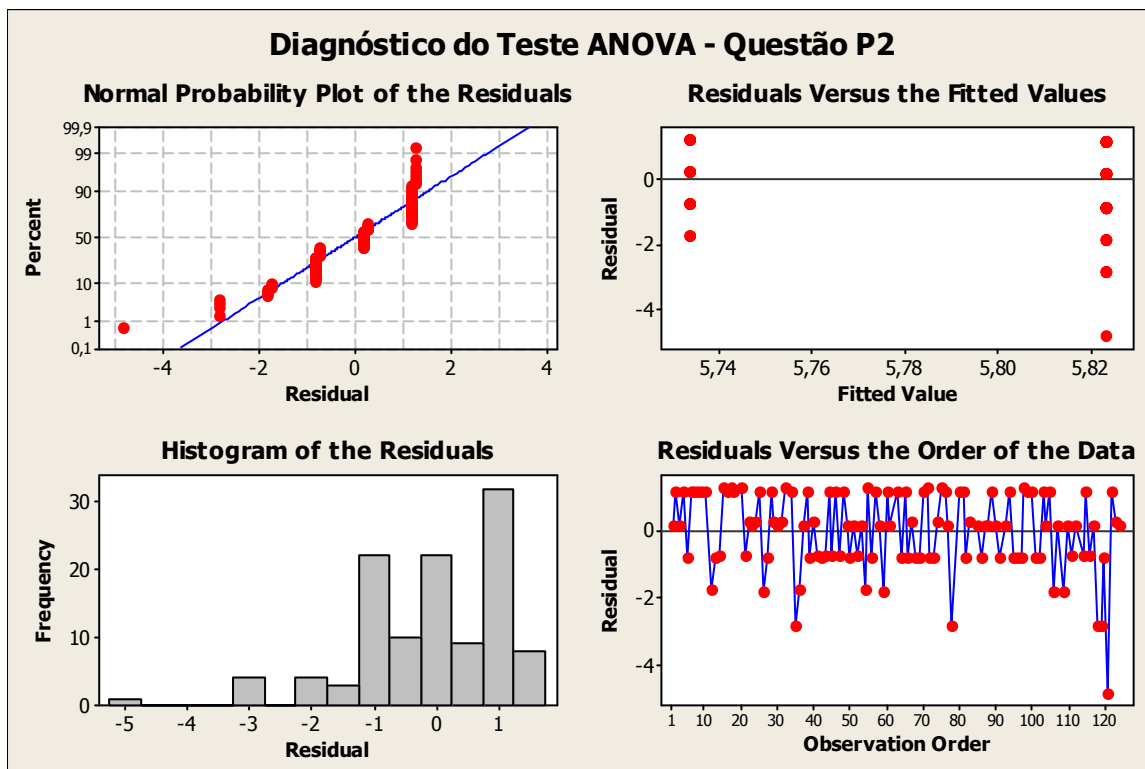


Gráfico 6 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P2

Tabela 61 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme nacionalidade da empresa

Nacionalidade da Empresa	Amostra	Média	Desvio-Padrão
Brasileira	30	5,733	0,980
Estrangeira	85	5,824	1,236
Teste de igualdade de Variância		Valor-p	
Bartlett		0,342	
Levene		0,569	
ANOVA			Valor-p
Percepção de sucesso conforme nacionalidade da empresa			0,719

Tabela 62 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme tempo de implantação do Seis Sigma

Tempo de Implantação	Amostra	Média	Desvio-Padrão
Menos de 1 ano	10	5,800	1,033
1 - 3 anos	48	5,521	1,337
3 - 5 anos	25	5,840	0,987
Mais de 5 anos	28	6,250	0,928
Teste de igualdade de Variância		Valor-p	
Bartlett		0,233	
Levene		0,906	
ANOVA			Valor-p
Percepção de sucesso conforme tempo de implantação			0,071

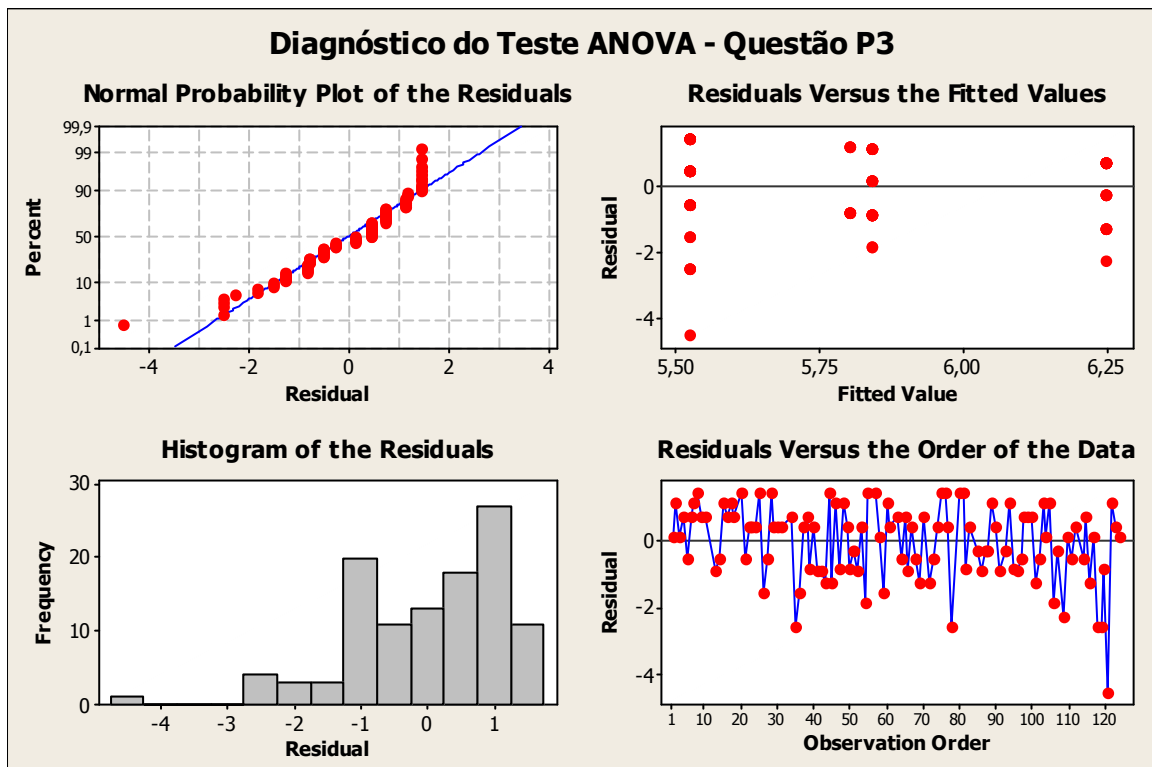


Gráfico 7 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P3

Tabela 63 – Novas estatísticas para percepção de sucesso conforme tempo de implantação do Seis Sigma

Tempo de Implantação	Amostra	Média	Desvio-Padrão
Até 3 anos	58	5,569	1,286
Mais de 3 anos	53	6,057	0,969
Teste de igualdade de Variância		Valor-p	
Bartlett		0,127	
Levene		0,609	
ANOVA			Valor-p
Percepção de sucesso conforme tempo de implantação			0,027

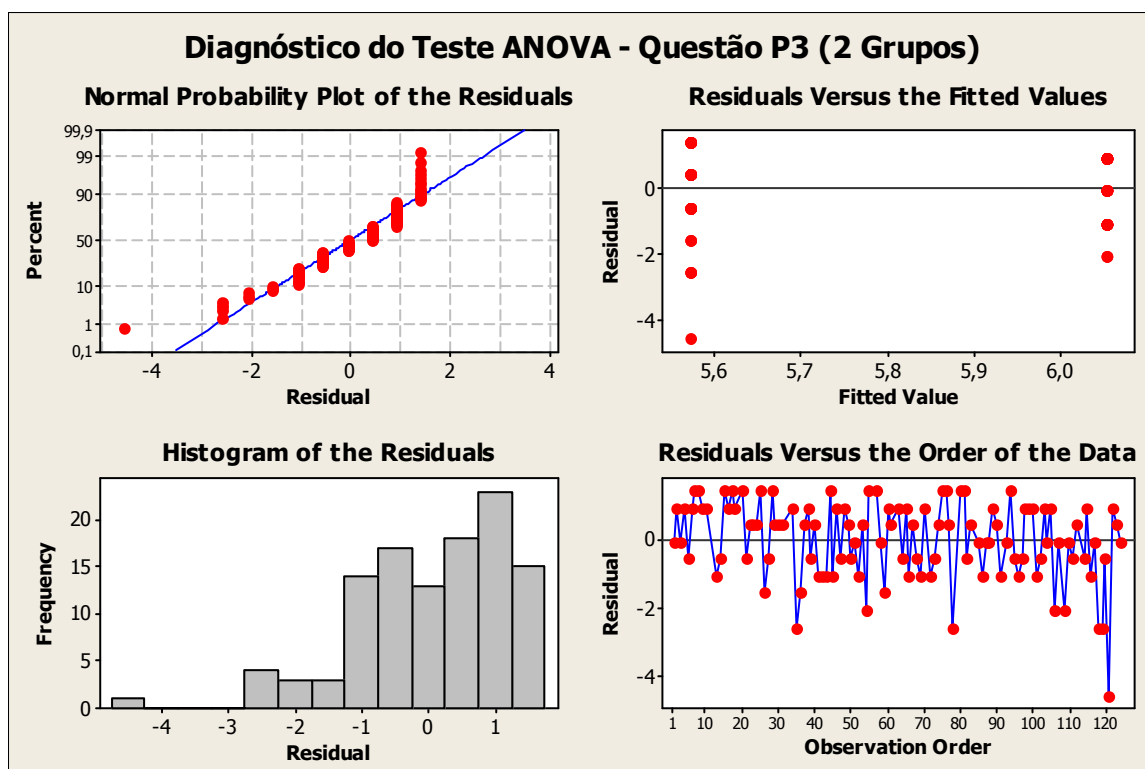


Gráfico 8 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P3 com 2 grupos

Tabela 64 – Tabulação da taxa de conclusão de projetos entre *Black Belts* de tempo integral e parcial

Taxa anual de conclusão de projetos	Regime de tempo de dedicação dos <i>Black Belts</i>					
	Parcial		Integral		Total	
	Contagem	%	Contagem	%	Contagem	%
0% - 20%	3	13,6	0	0	3	7,7
20% - 40%	3	13,6	0	0	3	7,7
40% - 60%	2	9,1	3	17,6	5	12,8
60% - 80%	6	27,3	7	41,2	13	33,3
80% - 100%	8	36,4	7	41,2	15	38,5
Sem resposta	4		0		*	
Total	22	100	17	100	39	100
Estatística Qui-Quadrado	Valor-p					
Pearson	0,215					
Likelihood Ratio	0,091					
Observação						
6 caselas de 10 (60%) com contagens esperadas menores que 5						

Tabela 65 – Tabulação da taxa de conclusão de projetos entre *Black Belts* de tempo integral e parcial – 2

Taxa anual de conclusão de projetos	Regime de tempo de dedicação dos <i>Black Belts</i>					
	Parcial		Integral		Total	
	Contagem	%	Contagem	%	Contagem	%
0% - 60%	8	36,4	3	17,6	11	28,2
60% - 80%	6	27,3	7	41,2	13	33,3
80% - 100%	8	36,4	7	41,2	15	38,5
Sem resposta	4		0		*	
Total	22	100	17	100	39	100
<b>Estatística Qui-Quadrado</b>	<b>Valor-p</b>					
Pearson	0,406					
Likelihood Ratio	0,395					
<b>Observação</b>						
1 casela de 6 (17%) com contagem esperada menor que 5						

Tabela 66 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme comunicação entre *Black Belts* e Campeões

Reuniões Mensais	Amostra	Média	Desvio-Padrão
0 – 1 vez	63	5,651	1,246
2 – 3 vezes	41	6,049	0,893
4 ou mais vezes	12	5,833	1,403
<b>Teste de igualdade de Variância</b>		<b>Valor-p</b>	
Bartlett		0,048	
Levene		0,211	
<b>ANOVA</b>			<b>Valor-p</b>
Percepção de sucesso conforme comunicação entre <i>Black Belts</i> e Campeões			0,231

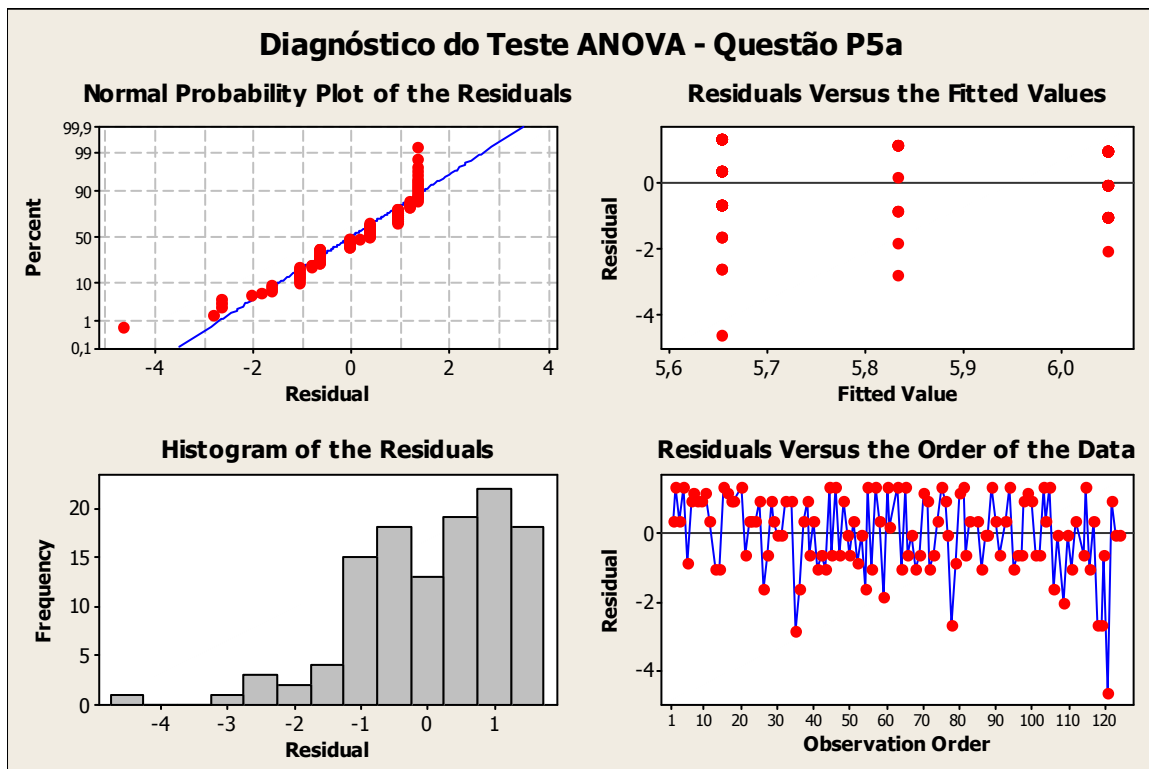


Gráfico 9 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P5a

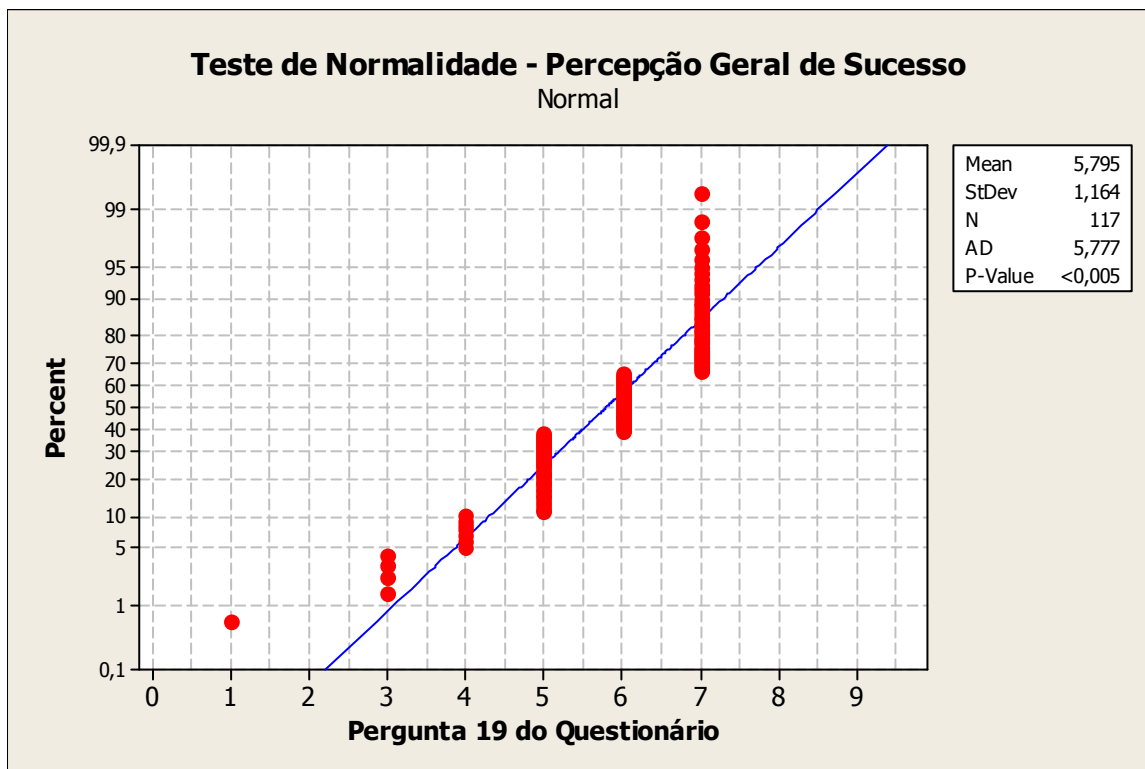


Gráfico 10 – Teste de distribuição normal de dados: percepção geral de sucesso

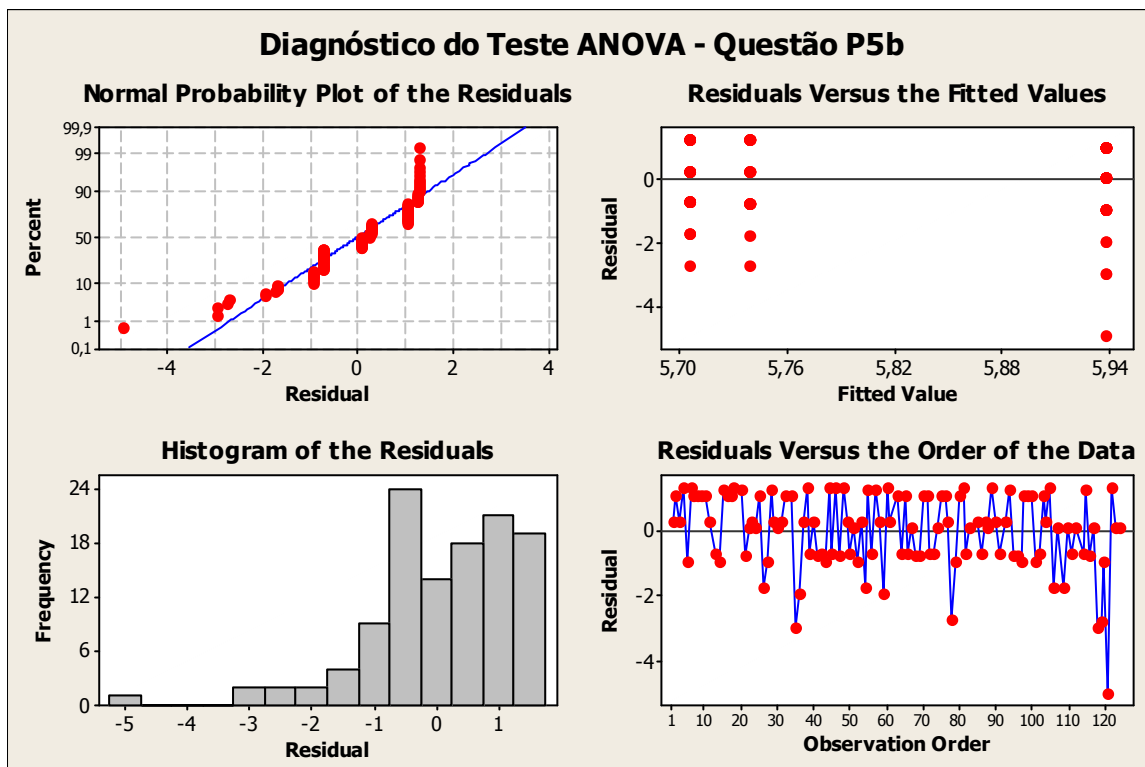


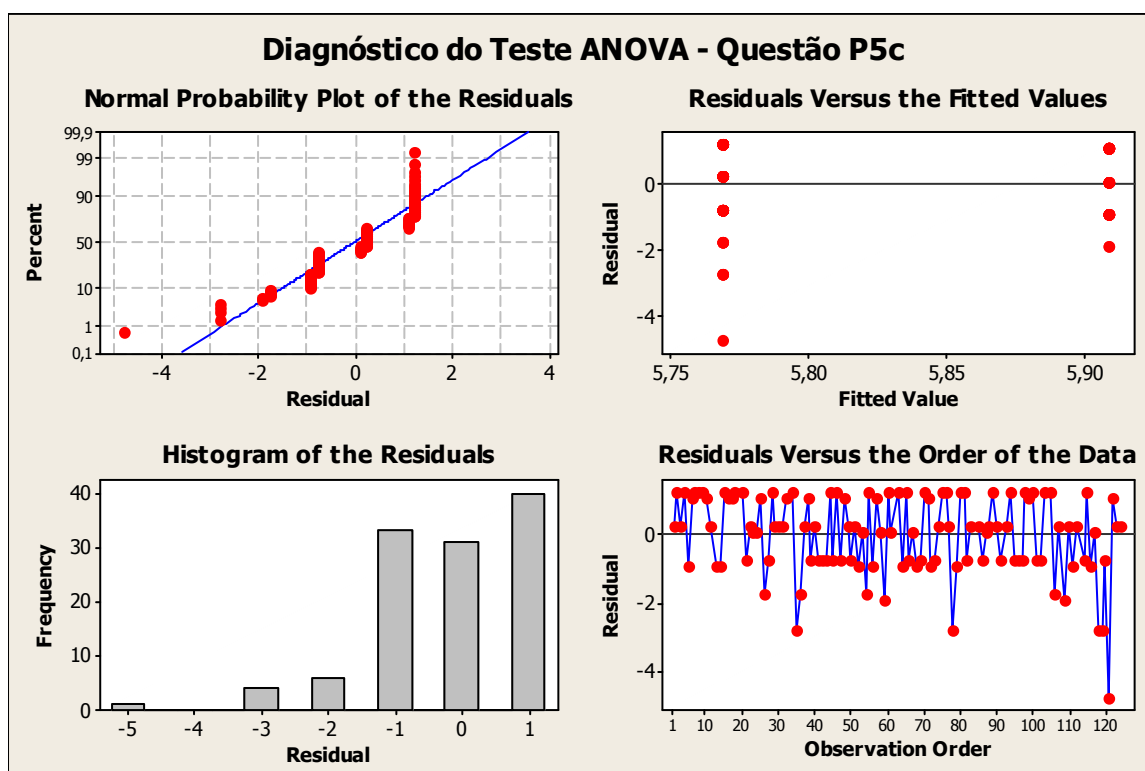
Gráfico 11 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P5b

**Tabela 67 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme comunicação entre *Black Belts* e membros das equipes de projetos**

Reuniões Mensais	Amostra	Média	Desvio-Padrão
0 – 1 vez	23	5,739	1,096
2 – 3 vezes	44	5,705	1,025
4 ou mais vezes	49	5,939	1,298
Teste de igualdade de Variância		Valor-p	
Bartlett		0,270	
Levene		0,889	
ANOVA			Valor-p
Percepção de sucesso conforme comunicação entre <i>Black Belts</i> e membros das equipes de projetos			0,593

**Tabela 68 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme comunicação entre Campeões e membros das equipes de projetos**

Reuniões Mensais	Amostra	Média	Desvio-Padrão
0 – 1 vez	82	5,768	1,230
2 – 3 vezes	22	5,909	0,971
4 ou mais vezes	11	5,909	1,044
Teste de igualdade de Variância		Valor-p	
Bartlett		0,615	
Levene		0,814	
ANOVA			Valor-p
Percepção de sucesso conforme comunicação entre Campeões e membros das equipes de projetos			0,844



**Gráfico 12 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P5c**



Tabela 69 – Estatísticas para percepção de sucesso conforme treinamento semanal das equipes de projeto

Tempo de Treinamento	Amostra	Média	Desvio-Padrão
Nenhum	22	5,545	1,503
1-3 horas	60	5,633	1,089
4-6 horas	11	6,091	0,944
6-8 horas	7	6,714	0,488
Mais de 8 horas	14	6,071	1,141
Teste de igualdade de Variância		Valor-p	
Bartlett		0,059	
Levene		0,183	
ANOVA			Valor-p
Percepção de sucesso conforme treinamento semanal das equipes de projeto			0,093

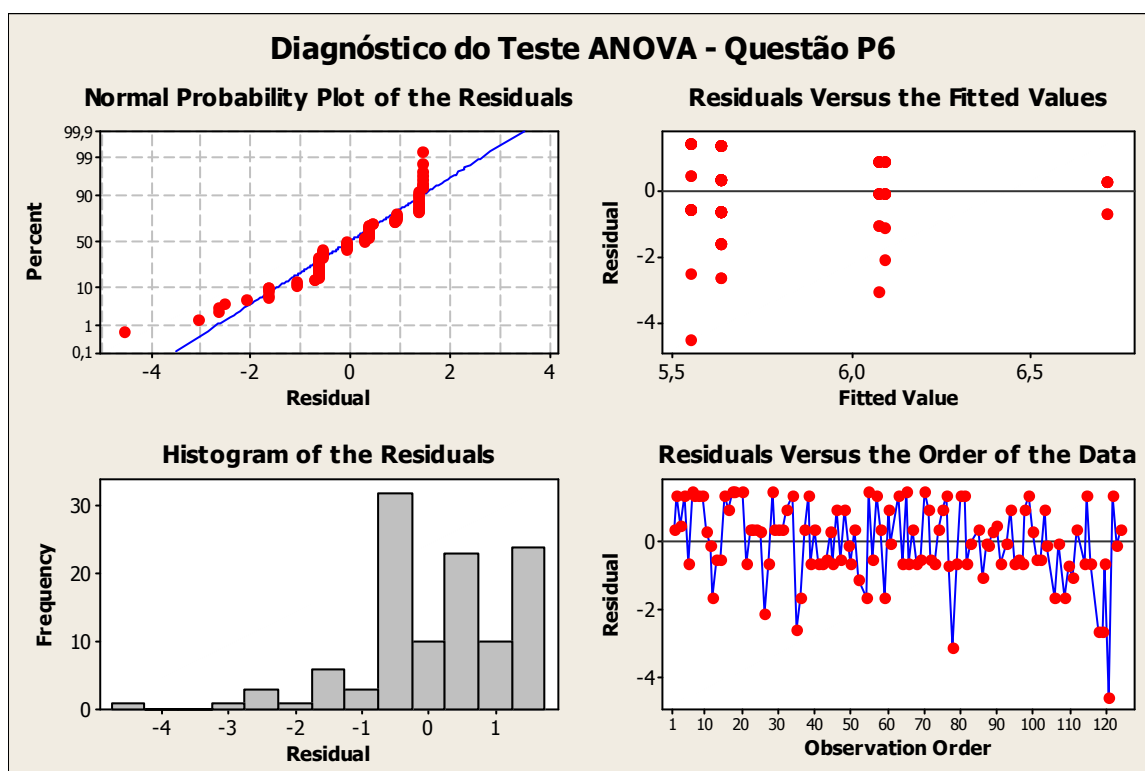


Gráfico 13 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P6

Tabela 70 – Resultados do teste LSD de Fischer para sucesso percebido do Seis Sigma conforme tempo de treinamento semanal das equipes de projeto para 95% de nível de confiança

Valores mínimo, médio e máximo das diferenças entre grupos												
	1-3 horas		4-6 horas		6-8 horas		Mais de 8 horas					
Nenhum	-0,657	-0,088	0,481	-1,389	-0,545	0,298	0,178	<b>1,169</b>	2,160	-1,307	-0,526	0,255
1-3 horas				-0,291	0,458	1,206	0,169	<b>1,081</b>	1,993	-0,240	0,438	1,116
4-6 horas							-0,481	0,623	1,727	-0,939	-0,019	0,900
6-8 horas										-1,700	-0,643	0,414

Tabela 71 – Tabulação da duração média de projetos Seis Sigma conforme nacionalidade da empresa

Duração média de projeto Seis Sigma	Nacionalidade da Empresa					
	Brasileira		Estrangeira		Total	
	Contagem	%	Contagem	%	Contagem	%
1 - 3 meses	3	11,1	1	1,2	4	3,5
3 - 6 meses	7	25,9	37	43,0	44	39,0
6 - 9 meses	9	33,3	26	30,2	35	31,0
9 - 12 meses	3	11,1	16	18,6	19	16,8
Mais de 12 meses	5	18,52	6	7,0	11	9,7
Total	27	100	86	100	113	100
<b>Observações</b>						
Estatísticas Qui-Quadrado não possíveis para tabela de dados						
1 casela de 10 (10%) com contagem esperada menor que 1						
4 caselas de 10 (40%) com contagem esperada menor que 5						

Tabela 72 – Nova tabulação da duração média de projetos Seis Sigma conforme nacionalidade da empresa

Duração média de projeto Seis Sigma	Nacionalidade da Empresa					
	Brasileira		Estrangeira		Total	
	Contagem	%	Contagem	%	Contagem	%
1 - 6 meses	10	37,0	38	44,2	48	42,5
6 - 12 meses	12	44,4	42	48,8	54	47,8
Mais de 12 meses	5	18,8	6	7,0	11	9,7
Total	27	100	86	100	113	100
<b>Estatística</b>	<b>Valor-p</b>					
Qui-Quadrado	0,208					

Tabela 73 – Estatísticas para economia anual gerada por projetos Seis Sigma conforme nacionalidade da empresa

Nacionalidade da Empresa	Amostra	Economia Anual (R\$)	Desvio-Padrão
Brasileira	9	362.333	137.539
Estrangeira	40	272.150	150.496
<b>Teste de igualdade de Variância</b>		<b>Valor-p</b>	
Teste-F <sup>1</sup>		0,845	
Levene		0,771	
<b>ANOVA</b>			<b>Valor-p</b>
Economia por projeto conforme nacionalidade da empresa			0,106

<sup>1</sup>Teste de Bartlett substituído por teste-F para ANOVA com dois grupos comparados

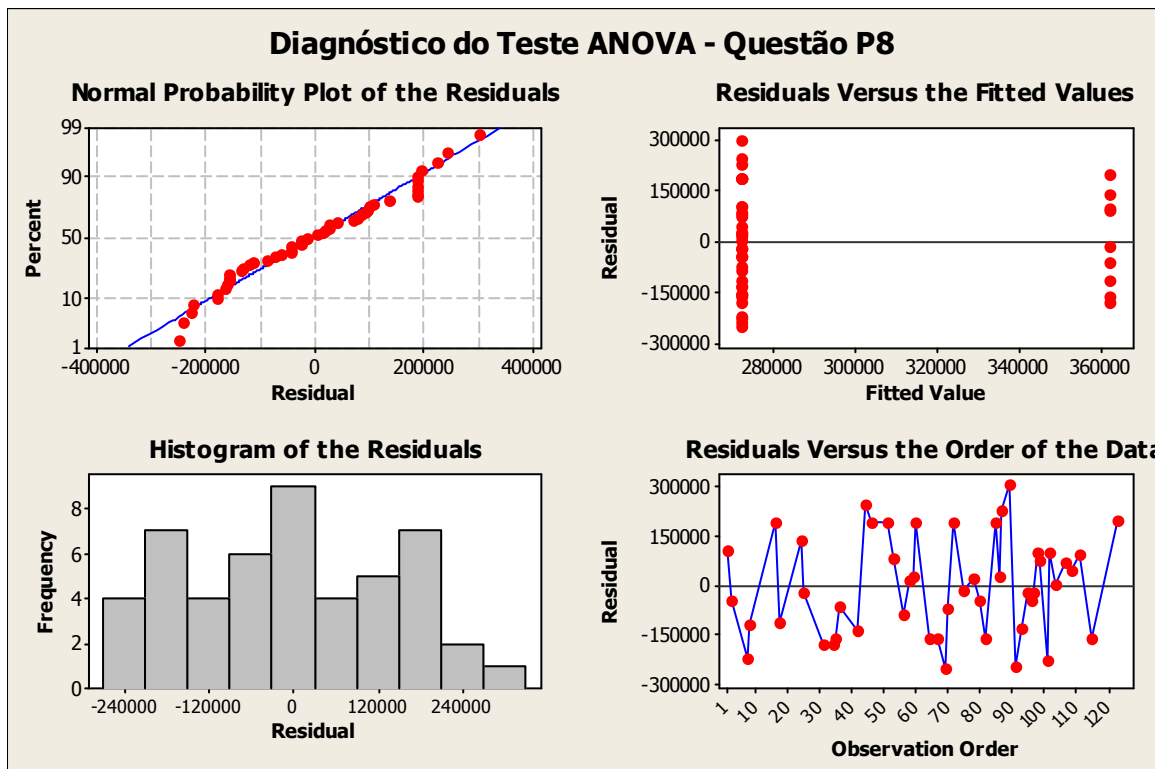


Gráfico 14 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P8

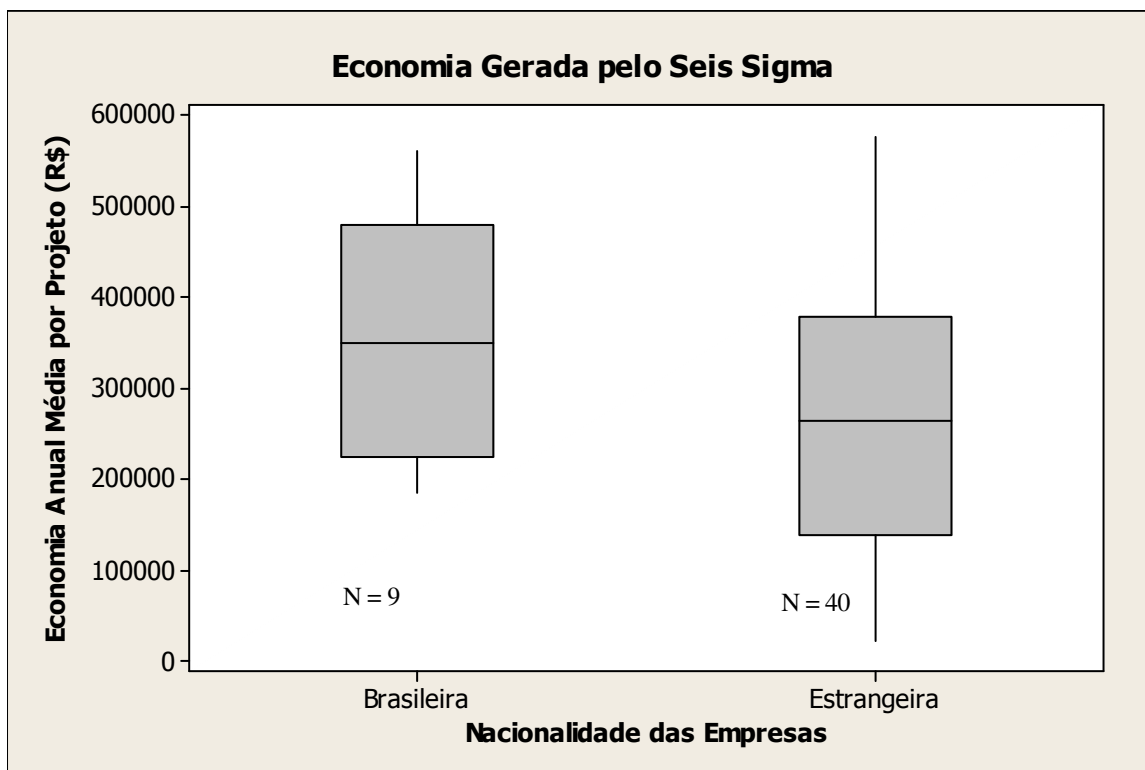


Gráfico 15 – Gráficos de caixa para economia gerada pelos projetos Seis Sigma em função da nacionalidade das empresas

Tabela 74 – Estatísticas para economia anual gerada por projetos Seis Sigma conforme tempo de implantação do Seis Sigma

Tempo de Implantação	Amostra	Economia Anual (R\$)	Desvio-Padrão
Menos de 1 ano	4	166250	100281
1 - 3 anos	18	305811	136111
3 - 5 anos	11	306118	155696
Mais de 5 anos	15	295073	174586
<b>Teste de igualdade de Variância</b>		<b>Valor-p</b>	
Bartlett		0,640	
Levene		0,475	
<b>ANOVA</b>			<b>Valor-p</b>
Economia por projeto conforme tempo de implantação			0,403

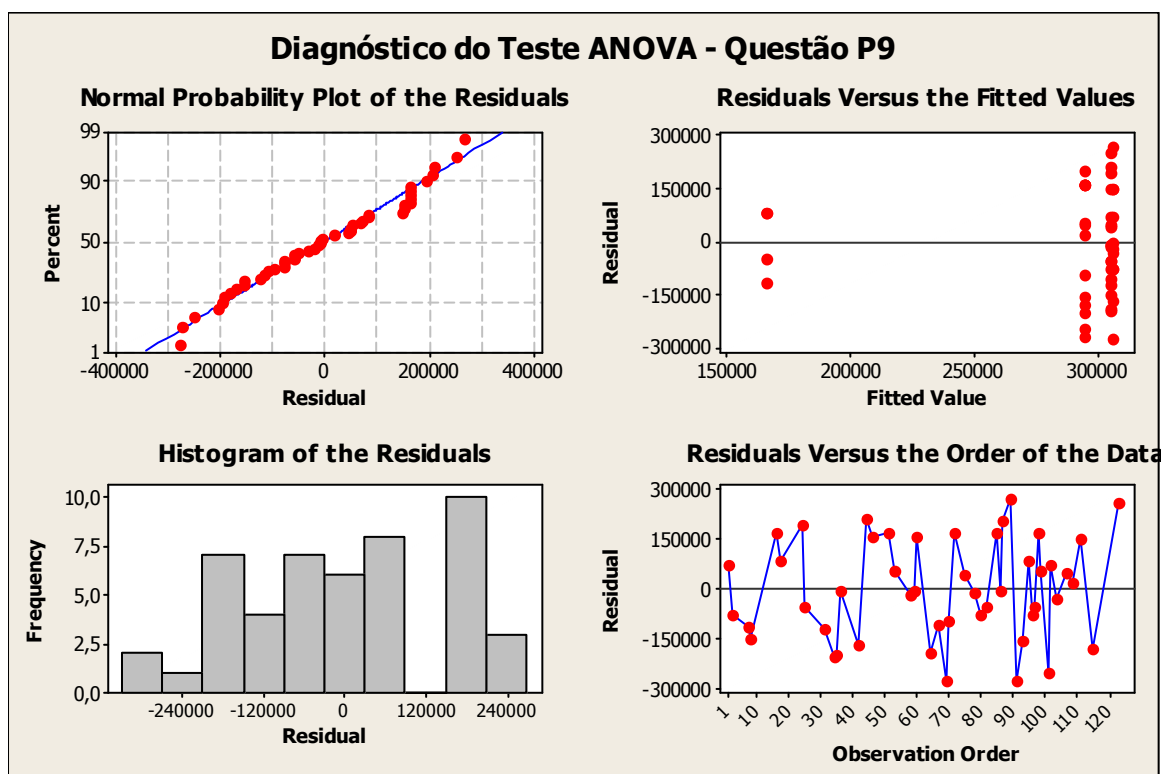


Gráfico 16 – Gráficos de Diagnóstico do teste ANOVA para questão P9

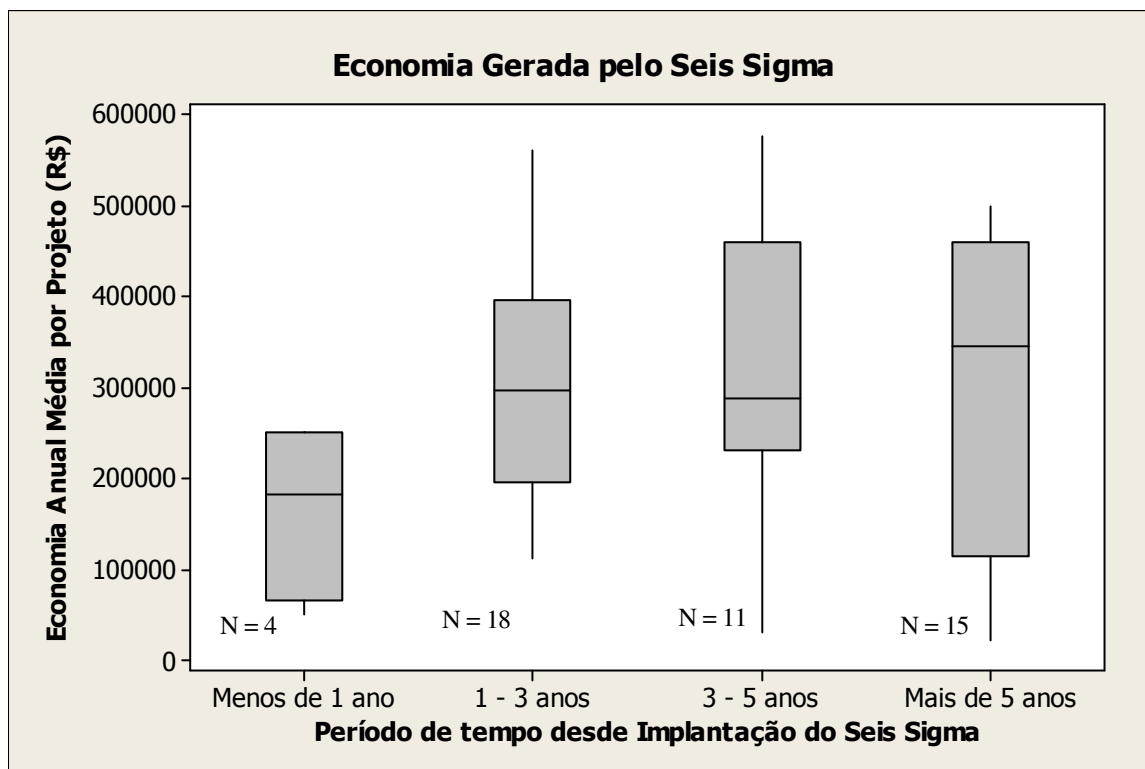


Gráfico 17 – Gráficos de caixa para economia gerada pelos projetos Seis Sigma em função do tempo de implantação do programa