

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A APLICAÇÃO DO**  
**PROGRAMA SEIS SIGMA NO BRASIL**

**JOÃO MARCOS ANDRIETTA**

ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO AUGUSTO CAUCHICK MIGUEL

CO-ORIENTADOR: PROF. MSc. NELSON CARVALHO MAESTRELLI

SANTA BÁRBARA D'OESTE

OUTUBRO, 2006

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A APLICAÇÃO DO**  
**PROGRAMA SEIS SIGMA NO BRASIL**

**JOÃO MARCOS ANDRIETTA**

ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO AUGUSTO CAUCHICK MIGUEL

CO-ORIENTADOR: PROF. MSc. NELSON CARVALHO MAESTRELLI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

SANTA BÁRBARA D'OESTE

OUTUBRO, 2006

# **ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A APLICAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA NO BRASIL**

**JOÃO MARCOS ANDRIETTA**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, em 25 de Outubro de 2006, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Manoel Fernando Martins  
UFSCar

Prof. Dr. Iris Bento da Silva  
UNIMEP

Prof. MSc. Nelson C. Maestrelli – Co-orientador  
UNIMEP

Prof. Dr. Paulo A. Cauchick Miguel - Orientador  
UNIMEP

À

Minha Família, especialmente, à Cirlene, Maria Amábile e Maria Paula.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Orientador Prof<sup>o</sup> Dr. Paulo Augusto Cauchick Miguel pelos ensinamentos transmitidos, pela orientação, atenção e dedicação dispensada no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu Co-Orientador Prof<sup>o</sup> Msc. Nelson Carvalho Maestrelli pela colaboração recebida, em especial na indicação da bibliografia e pela revisão do texto para o Exame de Qualificação.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Álvaro José Abackerli pela cessão do questionário de pesquisa similar e pelo auxílio no processo de Qualificação.

Ao Eng<sup>o</sup> Alberto Pezeiro (*Master Black Belt* da GE Plastics South América) pelo empenho demonstrado nas etapas da realização do pré-teste e do questionário piloto.

As Empresas que aceitaram participar da pesquisa e devolveram o questionário.

Aos Professores e Funcionários do PPGE - Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da UNIMEP pelo apoio recebido.

A Patrícia Lombardi, Ágata Cristiane Henrique, Gelson Zamboni, Amélia Z. Castanho Rosa Moreira e Mariangela de Togni, que auxiliaram no contato com as empresas participantes da pesquisa e na revisão dos textos.

*“A Sabedoria é resplandecente, não murcha, mostra-se facilmente para aqueles que a amam. Ela se deixa encontrar por aqueles que a buscam. Ela se antecipa, revelando-se espontaneamente aos que a desejam. Quem por ela madruga, não terá grande trabalho, pois a encontrará junto à porta da sua casa. Refletir sobre ela é a perfeição da inteligência, e quem cuida dela ficará logo sem preocupações. Ela mesma vai por toda a parte, procurando os que são dignos dela: aparece a eles bondosamente pelos caminhos, e lhes vai ao encontro em cada um dos pensamentos deles. O princípio da Sabedoria é o desejo autêntico de instrução, e a preocupação pela instrução é o amor.*

*Sabedoria 6, 12 -21*

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	XI
<b>ABSTRACT</b> .....	XII
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	XIII
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	XIV
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	XVI
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO .....	5
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	6
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	7
<b>CAPÍTULO 2. CONCEITO E APLICAÇÃO DO SEIS SIGMA</b> .....	9
2.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	9
2.2 CONCEITO TEÓRICO DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	15
2.3 VISÃO GERAL DO O PROGRAMA SEIS SIGMA .....	21
2.4 IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	28
2.5 SELEÇÃO E CAPACITAÇÃO DOS ESPECIALISTAS NO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	33
2.6 SELEÇÃO E GERENCIAMENTO DOS PROJETOS SEIS SIGMA .....	39
2.7 UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS DE MELHORIAS E SOLUÇÕES DE PROBLEMAS .	44
2.8 INTEGRAÇÃO DAS TÉCNICAS E FERRAMENTAS NO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	51
2.9 BENEFÍCIOS DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	55

2.10 LEVANTAMENTOS REALIZADOS EM 2002 E 2004 .....	57
2.11 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	58
<b>CAPÍTULO 3. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA.....</b>	<b>61</b>
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS DA PRESENTE PESQUISA.....	61
3.1.1 TIPO DA PESQUISA.....	62
3.1.2 TIPO DA AMOSTRA .....	64
3.1.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS.....	66
3.1.4 ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO .....	68
3.1.5 FORMULAÇÃO DAS QUESTÕES .....	70
3.1.6 TIPO DE QUESTÕES UTILIZADAS.....	71
3.1.7 ORDEM DAS QUESTÕES .....	73
3.1.8 INSTRUÇÕES DE PREENCHIMENTO.....	75
3.1.9 PRÉ-TESTE E PESQUISA PILOTO .....	76
3.1.10 <i>LAY-OUT</i> FINAL .....	77
3.1.11 ENVIO DOS QUESTIONÁRIOS E PROCEDIMENTOS PARA MELHORAR O ÍNDICE DE RETORNO.....	78
3.1.12 TABULAÇÃO DOS DADOS .....	79
3.2 CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES REALIZADAS .....	82
3.3 COMPARAÇÃO METODOLÓGICA SOBRE OS LEVANTAMENTOS REALIZADOS EM 2002 E 2004 .....	83
<b>CAPÍTULO 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>85</b>
4.1 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO.....	85
4.1.1 CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS PESQUISADAS .....	87



4.1.2 DADOS RELATIVOS A IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA.....	94
4.1.3 SELEÇÃO DOS ESPECIALISTAS NO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	102
4.1.4 FORMAÇÃO DOS PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS COM O PROGRAMA SEIS SIGMA.....	104
4.1.5 APLICAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA E SEUS RESULTADOS .....	109
4.1.6 BENEFÍCIOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA.....	113
4.1.7 MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PROGRAMA SEIS SIGMA.....	121
4.2 SÍNTESE SOBRE OS RESULTADOS DO LEVANTAMENTO.....	126
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>130</b>
5.1 CONCLUSÕES SOBRE OS MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA .....	130
5.2 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO .....	132
5.3 PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS.....	134
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>145</b>
ANEXO I – RELAÇÃO DE FERRAMENTAS E TÉCNICAS APLICADAS NO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	146
ANEXO II – QUESTIONÁRIO PILOTO .....	156
ANEXO III – QUESTIONÁRIO DA PESQUISA .....	165

ANEXO IV – RELAÇÃO DAS EMPRESAS PARTICIPANTES DA PESQUISA .....	167
ANEXO V – RELAÇÃO DOS PRODUTOS FABRICADOS PELAS EMPRESAS RESPONDENTES .....	171
ANEXO VI – RELAÇÃO DAS FERRAMENTAS E TÉCNICAS UTILIZADAS NAS ETAPAS DO MÉTODO DMAIC NAS EMPRESAS RESPONDENTES .....	174

Andrietta, João Marcos. *Estudo Exploratório sobre a Aplicação do Programa Seis Sigma no Brasil*. 2006. 176 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, Santa Bárbara d'Oeste.

## RESUMO

A utilização do Seis Sigma têm possibilitado resultados que merecem uma avaliação mais detalhada, pois existem relativamente poucos dados publicados sobre a aplicação do programa no país. Visando ampliar o conhecimento sobre o assunto foi elaborada uma pesquisa de campo do tipo *survey* exploratória-descritiva, conduzida com o propósito de levantar uma série de práticas relativas à adoção do programa Seis Sigma. O instrumento de coleta de dados utilizado foi um questionário com uma taxa de retorno que atingiu aproximadamente 65% dos 121 questionários enviados. Os resultados obtidos com o levantamento revelaram que a aplicação do Seis Sigma no Brasil é uma realidade, mas está sendo utilizado por um número relativamente reduzido de empresas, que são, na maioria, de grande porte ou filiais de grupos multinacionais, que desenvolvem o programa com suporte da matriz. Os dados apontaram também, que as empresas investem somas consideráveis na capacitação do pessoal envolvido no programa, com tempo de dedicação ao treinamento similar às empresas estrangeiras que se destacam na aplicação do Seis Sigma. Como conclusão principal, o presente estudo indica que as empresas estão de fato obtendo os benefícios financeiros almejados com os projetos Seis Sigma e o retorno dos investimentos dedicados ao programa. Considerando perspectivas para trabalhos futuros cabe melhor avaliação sobre o uso das técnicas e ferramentas que se aplicam ao programa Seis Sigma - nas diferentes etapas dos métodos de execução dos projetos - e a utilização do programa no desenvolvimento de produtos, bem como os fatores de insucesso na utilização do Seis Sigma, pois esse tipo de estudo é escasso na literatura.

**Palavras-chave:** Seis Sigma, gestão da qualidade, melhoria da qualidade.

Andrietta, João Marcos. ***Exploratory Study on Six Sigma Program Application in Brazil***,. 2006. 176 p. Dissertation (Master Degree in Production Engineering) Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, Santa Bárbara d'Oeste.

#### **ABSTRACT**

*The use of Six Sigma has made it possible to achieve results that deserve a more detailed evaluation since there are relatively few data published in Brazil about the application of this program. Aiming at obtaining knowledge enlargement on this subject it has been elaborated an exploratory-descriptive survey in order to obtain a series of practices related to adopting the Six Sigma program. A Questionnaire has been used as a gathering instrument and the return rate reached almost 65% out of 121 questionnaires that have been sent out. The results obtained during this study reveal that the Six Sigma application in Brazil is a reality but it has been utilized by a reduced number of companies, which are mostly large companies or branches of multinational groups that develop the program with the headquarters support. The data also pointed out that the companies invest a considerable amount of money in improving the capability of the workers involved in the program. The amount of time dedicated to the training is similar to the one used by foreign companies that are Six Sigma bench marks. As a main conclusion, this study points out that companies are truly getting not only the financial benefits but also the return of the investment dedicated to this program from the Six Sigma projects. Taking into account research perspectives for future work, it is necessary to have a better evaluation of the use of techniques and tools applicable to Six Sigma program - in different steps of the projects - and the use of the program to develop products as well as the failure factors in these Six Sigma programs, since this approach is rare in the literature.*

**Keywords:** Six Sigma, quality management, quality improvement.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Cp – Índice de Capacidade do Processo

Cpk – Índice de Desempenho do Processo

CTQ – *Critical to Quality* (Característica Crítica para a Qualidade)

DFSS – *Design for Six Sigma*

DMADV – *D - Define; M - Measure; A - Analyze; D - Design; V - Verify*

DMAIC – *D - Define; M - Measure; A - Analyze; I - Improve; C - Control*

DMEDI – *D - Define; M - Measure; E - Explore; D - Develop; I - Implement*

DPMO – Defeitos por Milhão de Oportunidades

DPO – Defeitos por Oportunidade

DPU – Defeitos por Unidade

LIE – Limite Inferior de Especificação

LSE – Limite Superior de Especificação

M/PCpS – *Machine / Process Characterization Study*

PDCA – *P - Plan; D - Do; C - Check; A - Action*

PNQ – Prêmio Nacional da Qualidade

ppm – parte por milhão

$\sigma$  – Letra grega “Sigma” que representa desvio padrão

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SEIS SIGMA .....	11
FIGURA 2.2 – HISTÓRIA DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	14
FIGURA 2.3 – ESPECIALISTAS DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	35
FIGURA 2.4 – DEFINIÇÃO DOS <i>CTQ'S</i> .....	40
FIGURA 2.5 – COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO PDCA E O DMAIC .....	46
FIGURA 3.1 – INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO .....	75
FIGURA 4.1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS EMPRESAS RESPONDENTES .....	86
FIGURA 4.2 – SETOR DE ATIVIDADE ECONÔMICA DAS EMPRESAS RESPONDENTES ....	88
FIGURA 4.3 – NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS DAS EMPRESAS RESPONDENTES .....	90
FIGURA 4.4 – FATURAMENTO ANUAL DAS EMPRESAS RESPONDENTES (R\$ MILHÕES) .....	91
FIGURA 4.5 – <i>MARKET SHARE</i> DAS EMPRESAS RESPONDENTES .....	92
FIGURA 4.6 – POSIÇÃO DAS EMPRESAS RESPONDENTES NO MERCADO DE ATUAÇÃO .....	93
FIGURA 4.7 – IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA NAS EMPRESAS RESPONDENTES .....	94
FIGURA 4.8 – NECESSIDADES DE IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA.....	96
FIGURA 4.9 – FORMA DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	97
FIGURA 4.10 – ÁREAS DAS EMPRESAS QUE IMPLANTARAM O PROGRAMA SEIS SIGMA .....	98
FIGURA 4.11 – ÁREAS DAS EMPRESAS QUE INICIARAM O PROGRAMA SEIS SIGMA.....	100

FIGURA 4.12 – INVESTIMENTOS NA IMPLANTAÇÃO DO SEIS SIGMA .....	101
FIGURA 4.13 – CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS ESPECIALISTAS DO SEIS SIGMA.....	103
FIGURA 4.14 – TIPOS DE RECONHECIMENTO AOS PROFISSIONAIS DO SEIS SIGMA ....	108
FIGURA 4.15 – CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE PROJETOS SEIS SIGMA .....	110
FIGURA 4.16 – PRINCIPAIS ENVOLVIDOS NA SELEÇÃO DE PROJETOS SEIS SIGMA .....	111
FIGURA 4.17 – QUANTIDADE DE PROJETOS SEIS SIGMA .....	112
FIGURA 4.18 – TEMPO MÉDIO DE DURAÇÃO DOS PROJETOS SEIS SIGMA .....	113
FIGURA 4.19 – BENEFÍCIOS DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	114
FIGURA 4.20 – BENEFÍCIOS FINANCEIROS OBTIDOS POR PROJETOS SEIS SIGMA .....	115
FIGURA 4.21 – RESULTADOS FINANCEIROS CONTABILIZADOS NO SEIS SIGMA .....	117
FIGURA 4.22 – ESCALA ADOTADA PARA MEDIR OS RESULTADOS DO SEIS SIGMA .....	119
FIGURA 4.23 – UTILIZAÇÃO DE <i>SOFTWARES</i> ESTATÍSTICOS NO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	120
FIGURA 4.24 – TENDÊNCIA DO PROGRAMA SEIS SIGMA NAS EMPRESAS RESPONDENTES .....	121
FIGURA 4.25 – USO DOS MÉTODOS DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO SEIS SIGMA ....	122
FIGURA 4.26 – TÉCNICAS E FERRAMENTAS MAIS UTILIZADAS DO MÉTODO DMAIC .....	123
FIGURA 4.27 – TÉCNICAS E FERRAMENTAS MENOS UTILIZADAS DO MÉTODO DMAIC .	125

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – PADRÃO SIGMA X COMPETITIVIDADE .....	12
TABELA 2.2 – RESUMO HISTÓRICO DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	13
TABELA 2.3 – PADRÃO SIGMA X MÉTRICAS DO SEIS SIGMA.....	19
TABELA 2.4 – INTEGRAÇÃO DOS ASPECTOS HUMANOS NO PROGRAMA SEIS SIGMA...	25
TABELA 2.5 – CARACTERÍSTICAS DOS PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS NO SEIS SIGMA .	38
TABELA 2.6 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETOS SEIS SIGMA .....	41
TABELA 2.7 – FONTES DE OPORTUNIDADES DE PROJETOS SEIS SIGMA .....	42
TABELA 2.8 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETOS INVIÁVEIS NO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	43
TABELA 2.9 – PRINCIPAIS MÉTODOS DE MELHORIA DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	45
TABELA 2.10 – RESULTADOS OBTIDOS COM O PROGRAMA SEIS SIGMA .....	56
TABELA 2.11 – LEVANTAMENTOS REALIZADOS SOBRE SEIS SIGMA .....	57
TABELA 2.12 – SÍNTESE DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE SEIS SIGMA.....	58
TABELA 2.12 – SÍNTESE DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE SEIS SIGMA (CONTINUAÇÃO).....	59
TABELA 3.1 – CODIFICAÇÃO DAS QUESTÕES.....	81
TABELA 3.2 – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES REALIZADAS .....	82
TABELA 3.3 – CARACTERÍSTICAS DOS LEVANTAMENTOS SOBRE SEIS SIGMA.....	83
TABELA 4.1 – NÚMERO DE PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS COM O PROGRAMA SEIS SIGMA .....	105
TABELA 4.2 – TREINAMENTO DOS PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS COM O SEIS SIGMA..	106



TABELA 4.3 – DEDICAÇÃO DOS PROFISSIONAIS <i>MASTER BLACK</i> , <i>BLACK</i> E <i>GREEN BELTS</i> .....	107
TABELA 4.4 – PROJETOS ORIENTADOS PARA ÁREA PRODUTIVA E ADMINISTRATIVA....	116
TABELA 4.5 – CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS RESPONDENTES .....	126
TABELA 4.6 – IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	127
TABELA 4.7 – RESULTADOS COM A APLICAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	128

## CAPITULO 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a característica essencial que identifica a história das empresas é a preocupação constante com o desempenho organizacional e a competitividade. O contexto econômico atual, marcado por um cenário de concorrência globalizada, estimula as organizações que desejam manter suas vantagens competitivas a investirem na sustentação de suas potencialidades e a buscarem constantemente práticas de gestão inovadoras, com a adoção de estratégias que possibilitem superar os crescentes desafios impostos pelo mercado (ECKES, 2001).

Mais recentemente, o conceito de qualidade tornou-se um dos fatores determinantes na decisão dos consumidores para a seleção e escolha de produtos e serviços fazendo com que as empresas concentrem seu foco de atuação, prioritariamente na satisfação dos clientes (MONTGOMERY, 2004). Assim, as empresas se conscientizaram da necessidade de investir continuamente na gestão da qualidade, tanto para manter o potencial competitivo, quanto para atender plenamente as exigências dos consumidores (PEREZ- WILSON, 1999).

O *Six Sigma*<sup>1</sup> ou Seis Sigma - como é conhecido no Brasil - é uma das práticas de gestão que as empresas estão utilizando atualmente, com o propósito de preservarem a competitividade de seus negócios (ROTONDARO et al., 2002), pois a ênfase das organizações que aplicam o Seis Sigma é respaldar suas decisões em fatos concretos e dados mensuráveis, visando conseguir maior e melhor controle dos processos de produção ou serviços (PANDE et al., 2000).

Conceitualmente, o que hoje se denomina de Seis Sigma surgiu no início de 1987, quando profissionais da empresa Motorola iniciaram uma série de estudos

---

<sup>1</sup> *Six Sigma* é marca registrada da Motorola Inc.

sobre os conceitos estabelecidos por Deming<sup>2</sup> a respeito da variação dos processos de produção, tendo como objetivo melhorar o desempenho através da análise de tais variações (HARRY & SCHROEDER, 2000). Essas iniciativas tiveram o reconhecimento da direção da Motorola, que estimulou a propagação da abordagem proposta, pois enaltecia o conceito de melhoria contínua (HENDERSON & EVANS, 2000).

As práticas adotadas pela Motorola e os resultados obtidos pela empresa proporcionaram a conquista, em 1988, do Prêmio *Malcolm Baldrige* de Qualidade<sup>3</sup> e assim, o Seis Sigma foi reconhecido como o responsável pelo sucesso alcançado pela organização (BREYFOGLE III et al., 2001). Tal fato provocou a divulgação do Seis Sigma, estimulando outras empresas a incorporarem o programa, tais como: Texas Instruments, IBM, ABB - Asea Brown Boveri, Allied Signal, Kodak e a General Electric, considerado o caso de maior notoriedade na aplicação do Seis Sigma, em virtude, dos benefícios registrados pela corporação (BAÑUELAS & ANTONY, 2002).

No Brasil, o Seis Sigma foi disseminado a partir de 1997, inicialmente pelo Grupo Brasmotor e em seguida, por algumas empresas multinacionais que adotaram o programa no país, devido principalmente, a influência e o suporte da matriz instalada nos Estados Unidos (WERKEMA, 2002b).

---

<sup>2</sup> Deming W. E. (\*1900 / †1993). Professor de renome internacional na área da Qualidade, que incentivou a indústria japonesa a adotar novos princípios de administração. Publicou mais de 200 trabalhos, e é também conhecido pela criação do Ciclo PDCA (ou ciclo de Deming) e pelos "Quatorze Princípios", que consubstanciam a essência de sua filosofia e aplicam-se indistintamente a organizações pequenas e grandes, tanto na indústria de transformação como na de serviços.

<sup>3</sup> Prêmio *Malcolm Baldrige* de Qualidade foi lançado nos Estados Unidos em 1987, cujo objetivo principal se estruturava em um conjunto de orientações visando melhorar a competitividade das empresas americanas através da conscientização para a qualidade, além da premiação, do reconhecimento e a divulgação dos resultados de sucesso. Os critérios de avaliação e o processo de escolha das empresas premiadas são administrados pelo *Commerce Department* do NIST (*National Institute of Standards and Technology*) em conjunto com a ASQ (*American Society for Quality*) (MIGUEL, 2001).

O Seis Sigma tem uma abordagem orientada para transformar as oportunidades de melhoria do desempenho organizacional em resultados concretos enfatizando a utilização de técnicas e métodos científicos, predominantemente estatísticos, visando a solução de problemas pertinentes aos processos de produção ou serviços, além de se caracterizar como um programa que busca melhorar a lucratividade das empresas de qualquer setor de atividade, aumentar a participação de mercado, reduzir custos e otimizar as operações, aprimorando a qualidade e promovendo a eliminação de defeitos, erros e falhas (FOLARON, 2003).

Nos últimos anos, tanto empresas fabricantes de produtos quanto prestadoras de serviços têm implantado programas de qualidade e de melhoria contínua, baseados no Seis Sigma, sendo que um dos diferenciais do programa é a modificação do posicionamento das empresas em relação aos problemas, a forma de identificá-los e de resolvê-los (SNEE, 2000).

Alguns fatores são determinantes para assegurar a eficácia do Seis Sigma nas organizações, destacando-se entre outros, o comprometimento da gerência, devido a necessária e indispensável alocação de recursos que sustentem sua manutenção (GOH & XIE, 2004) e a capacitação e formação dos profissionais que se envolvem na condução do programa (HOERL, 2001), pois o treinamento dos especialistas do Seis Sigma (*black belts* - faixas pretas, *green belts* - faixas verdes, *yellows* e *white belts* - faixas amarelas e brancas) alicerça a condução do programa, em especial, o desenvolvimento dos projetos de melhorias (BEHARA et al., 1995 e HAN & LEE, 2002).

Outra característica fundamental do programa Seis Sigma é a utilização de ferramentas e métodos estatísticos para (WYPER & HARRISON, 2000):

1. Definir os problemas e situações que carecem de melhorias;

2. Medir com rigor as situações dos processos para obter dados e informações concretas e tangíveis;
3. Analisar os critérios e as informações coletadas, incorporar e empreender melhorias nos processos;
4. Controlar ou redesenhar os processos ou produtos existentes, com a finalidade de otimizá-los, gerando um ciclo de melhoria contínua.

Destaca-se ainda, que a verdadeira expectativa das empresas em relação a implantação do Seis Sigma em suas atividades é o benefício financeiro resultante da adoção do programa (HAHN et al., 2000). Contudo, vale salientar que para a incorporação do Seis Sigma nas organizações são necessários sólidos e contínuos investimentos no sentido de preparar a infra-estrutura das empresas visando o desenvolvimento do programa e de maneira especial, a realização dos projetos específicos - denominados projetos Seis Sigma - que de fato materializam as metas definidas, que podem variar segundo a identificação dos problemas, como por exemplo: a redução dos ciclos de processos, a diminuição de falhas, erros, desperdícios, entre outros (HAN & LEE, 2002).

Assim, após quase vinte anos do surgimento do Seis Sigma e apesar do programa despertar a atenção e o interesse de muitas empresas, especialmente pela divulgação de ganhos financeiros extraordinários, a maior parte da literatura pesquisada se limita a descrever o Seis Sigma com ênfase teórica, se concentrando mais nos aspectos da implementação do programa, capacitação dos profissionais, impacto na cultura organizacional das empresas, *softwares* estatísticos adotados para levantamento e apuração dos dados ou ainda, relatando *cases* de empresas que conseguiram sucesso e notoriedade com a adoção do Seis Sigma.

Constata-se na literatura disponível sobre o programa Seis Sigma, a escassez de levantamentos ou pesquisas que revelem:

1. Os valores investidos na implantação do programa;
2. As cifras destinadas e as horas dedicadas ao treinamento dos profissionais;
3. A identificação dos métodos de melhorias, das ferramentas e técnicas utilizadas no desenvolvimento dos projetos;
4. Os ganhos reais contabilizados pelas empresas.

Fato similar acontece no Brasil, pois mesmo depois de oito anos da disseminação do Seis Sigma no país, também existe carência de dados e informações, especialmente de como é a sua efetiva aplicação nas empresas.

### **1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO**

A partir do exposto anteriormente, justifica-se a realização do presente trabalho, pois a literatura sobre Seis Sigma apresenta reduzido número de estudos específicos sobre a aplicação do programa, em especial no Brasil, onde se registra a existência - até o presente - de apenas outros dois levantamentos sobre o tema (WERKEMA, 2002a) e (FALANDO DE QUALIDADE, 2004). Estes levantamentos, porém, apresentam limitações, em virtude da pequena quantidade de empresas participantes, que proporcionaram uma análise limitada dos dados coletados.

Além disso, a justificativa para a condução desta pesquisa acadêmica também está apoiada na necessidade de atualizar e ampliar o conhecimento sobre o assunto, em especial, quando busca extrair dos respondentes - através das abordagens formuladas pelo instrumento de coleta de dados do presente estudo - as respostas para diversas questões que são determinantes para avaliar o grau de adesão das empresas ao programa Seis Sigma, como por exemplo:

1. De que maneira as empresas identificaram a necessidade da implantação do Seis Sigma e quais foram os investimentos realizados com a adoção do programa?
2. Como se dá a seleção e se estrutura o quadro dos profissionais que se envolvem com o Seis Sigma?
3. Quais são os critérios de seleção, o número, o tempo médio de duração e os benefícios financeiros obtidos com os projetos Seis Sigma nas empresas?
4. Quais são as técnicas e ferramentas utilizadas no desenvolvimento dos projetos?

## 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Considerando que a utilização do Seis Sigma no Brasil é relativamente recente, o tema é relevante e a aplicação do programa tem possibilitado as empresas resultados e benefícios que merecem ser identificados e melhor compreendidos, foi elaborada uma pesquisa de campo tipo *survey* exploratória-descritiva<sup>4</sup> com o propósito de ampliar o conhecimento sobre o uso do Seis Sigma no país.

Mais especificamente, o objetivo do presente trabalho é apresentar e analisar os resultados obtidos na realização deste estudo, que buscou - por meio do questionário - levantar e analisar dados para os seguintes tópicos:

1. Os aspectos relacionados com o processo de implantação do Seis Sigma nas empresas que aplicam o programa no país (e que participaram do estudo);

---

<sup>4</sup> Pesquisa de campo tipo *survey* exploratória-descritiva tem por objetivo obter uma percepção preliminar sobre um determinado assunto e fornecer as bases para uma pesquisa mais aprofundada, com o propósito de compreender a importância de um fenômeno específico e descrever sua distribuição numa população (FORZA, 2002).

2. A estrutura e formação dos profissionais envolvidos na condução do programa nas empresas;
3. Os critérios para definição dos escopos e seleção dos projetos Seis Sigma;
4. A utilização dos métodos de solução de problemas, técnicas e ferramentas no desenvolvimento dos projetos;
5. Os principais resultados e benefícios financeiros obtidos pelas empresas que adotaram o Seis Sigma.

O trabalho também tem o objetivo de sugerir algumas perspectivas para pesquisas futuras, no intuito de identificar temas e aprofundar o estudo sobre a aplicação do programa Seis Sigma no país.

### **1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Visando a apresentação do presente estudo, este trabalho está organizado em cinco capítulos, que visam apresentar o desenvolvimento do estudo sobre a aplicação do programa Seis Sigma no Brasil.

O presente capítulo apresenta a contextualização do Seis Sigma na área da qualidade e sua inserção no cenário competitivo das organizações, além da justificativa e dos objetivos da realização deste estudo.

No Capítulo 2 são apresentados o referencial e o conceito teórico sobre o Seis Sigma, bem como sua origem, a evolução do programa na história da qualidade, o significado estatístico da terminologia e uma visão geral sobre o programa Seis Sigma. Além disso, são apresentados dois levantamentos existentes sobre a aplicação do programa Seis Sigma no Brasil, que foram utilizados como referências comparativas com o levantamento desenvolvido no presente estudo.



O Capítulo 3 apresenta os métodos e técnicas de pesquisa aplicadas neste trabalho, com ênfase na justificativa da utilização de uma pesquisa de campo do tipo *survey* exploratória-descritiva, bem como da definição da amostragem (não aleatória e intencional), e os motivos que induziram o estudo ao uso de um questionário como instrumento de coleta de dados. Também apresenta uma comparação metodológica com os levantamentos existentes.

No Capítulo 4 são apresentados os resultados e a análise do levantamento que foi realizado - que teve uma taxa de retorno de aproximadamente 65% e a tabulação dos dados coletados em 78 empresas - sobre a aplicação do programa Seis Sigma no Brasil. Por meio de tabelas e gráficos são demonstrados os dados obtidos no levantamento destacando-se a caracterização das empresas (setor de atividade econômica; principais produtos; número de funcionários; faturamento anual e a participação da empresa no principal mercado de atuação); aspectos da utilização do programa Seis Sigma (histórico do programa na organização; estrutura e formação de pessoal; número, escopo e critérios para seleção dos projetos desenvolvidos; a proporção entre projetos nas áreas produtiva e administrativa; planejamento para a implantação do Seis Sigma; e os principais resultados alcançados com o programa); e ainda, a integração das técnicas e ferramentas utilizadas nas empresas que aplicam o programa Seis Sigma.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões sobre o desenvolvimento do trabalho, as limitações encontradas na realização do estudo, bem como, as perspectivas para pesquisas futuras.

## **CAPITULO 2. CONCEITO E APLICAÇÃO DO SEIS SIGMA**

Este capítulo apresenta a origem, evolução histórica, o referencial teórico e uma visão geral do Seis Sigma abordando os principais aspectos de sua implementação e aplicação nas organizações. Destacam-se, entre os tópicos relacionados, a seleção e capacitação dos especialistas envolvidos no programa, a escolha e gerenciamento dos projetos de melhorias, a integração das técnicas e ferramentas utilizadas no desenvolvimento dos projetos Seis Sigma e de modo especial, os benefícios obtidos com a adoção do programa.

O capítulo apresenta também os dois levantamentos existentes sobre a aplicação do programa Seis Sigma no Brasil (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004), que foram usados como referências comparativas com o levantamento desenvolvido no presente trabalho. No final do capítulo é apresentada uma síntese da literatura sobre o Seis Sigma utilizada como subsídio teórico neste estudo, estabelecendo-se a relação e classificação dos temas abordados a respeito do assunto com os autores e as datas das publicações.

### **2.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO PROGRAMA SEIS SIGMA**

O Seis Sigma surgiu no início de 1987 na empresa Motorola, após uma série de estudos sobre os conceitos estabelecidos por Deming a respeito da variação dos processos de produção (PANDE et al., 2000). A iniciativa teve como objetivo melhorar o desempenho por intermédio da análise de tais variações e a proposta recebeu o reconhecimento da direção da Motorola, que ofereceu suporte e estimulou a implantação da abordagem inovadora, em todas as atividades da empresa, pois enfatizava o conceito de melhoria contínua (HENDERSON & EVANS, 2000).

A intenção da Motorola buscava resolver o crescente aumento de reclamações relativas a ocorrência de falhas nos produtos eletrônicos manufaturados dentro do período da garantia (GOFFNET, 2004). Tal fato motivou a empresa a adotar o desafio de alcançar um desempenho de produtos livres de defeitos e tinha como alvos principais o aumento da confiabilidade do produto final e a redução de perdas (SENAPATI, 2004).

Nesse contexto nasceu a terminologia denominada “*Six Sigma*”, quando a Motorola decidiu representar o padrão de qualidade dos produtos da empresa como mais ou menos seis sigmas ( $\pm 6\sigma$ ) ou seis desvios padrão, dentro dos limites de controle. Tal definição foi estruturada considerando-se os limites de especificação inferior (LIE) e superior (LSE) com a tolerância (ou distância) de seis desvios padrão em relação à média, o que significa a “quase perfeição”, pois a Motorola defendeu à época, que a tolerância dos projetos deveria se ajustar em 12 sigmas ( $\pm 6\sigma$ ) ou duas vezes a variação do processo (PEREZ- WILSON, 1999).

Vale mencionar que a nova terminologia criada pela Motorola, visando encontrar um nome de fácil memorização no sentido de provocar grande impacto na empresa, e diante do lançamento do novo conceito de redução da variação dos processos acabou provocando muita confusão com o conceito estatístico “seis sigma” que sempre teve o significado de  $\pm 3$  e não  $\pm 6$  sigmas dentro das especificações (PEREZ- WILSON, 1999). Outro mal-entendido<sup>5</sup> veio à tona, através de um esclarecimento público da Motorola intitulado “Por que Seis Sigma?”, no qual, a variação (no sentido da descentralização) de mais ou menos 1,5 sigma foi utilizada como o pior caso apresentável de uma variação significativa na média do processo. A empresa afirmou a seus clientes, que uma variação de  $\pm 1,5\sigma$  não indicava uma piora no percentual fora da tolerância, se seus processos estivessem planejados com base nos limites de especificação igual a duas vezes a amplitude do processo, ou a níveis Seis Sigma. Tal afirmação não implica que a

---

<sup>5</sup> O equívoco mencionado foi publicado no artigo escrito por Mikel J. Harry e Reigle Stewart, denominado “*Six Sigma Mechanical Design Tolerances*”, impresso pela Motorola Inc., em 1988.

média de um processo possa variar (descentralização) em aproximadamente  $\pm 1,5\sigma$  o tempo todo (PEREZ- WILSON, 1999).

Assim, mesmo com os conflitos entre a denominação e o conceito estatístico, o termo “Seis Sigma” se disseminou independente do nome memorável que foi criado, pois a Motorola divulgou o correto entendimento da nova definição, justificando que a evolução para o padrão  $6\sigma$  ocorre quando o percentual de itens dentro da especificação reduz de 99,73%, valor associado aos limites de controle ( $\pm 3\sigma$ ), para os 12 sigmas de amplitude dentro dos limites de especificação, o que significa atingir um percentual de conformidade de 99,9999998% (ECKES, 2001) conforme ilustra a Figura 2.1.

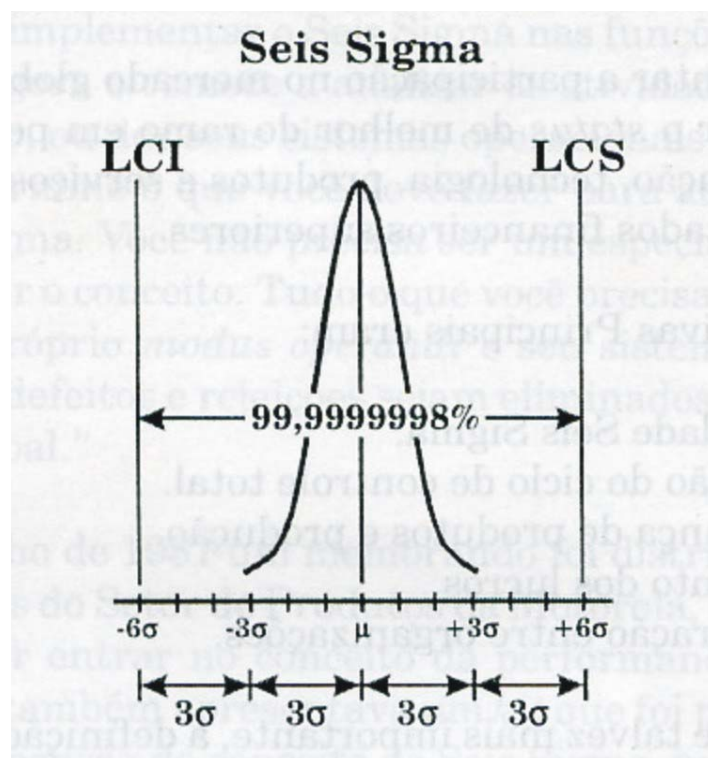


FIGURA 2.1 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SEIS SIGMA (PEREZ- WILSON, 1999)

A Motorola também associou os dados internos da experiência da empresa quanto à emissão de pedidos, pagamento de faturas e ordens de pagamentos a

outras estatísticas vinculadas ao dia-a-dia nos Estados Unidos, como a precisão de contas de restaurante, perda de bagagem aérea e prescrição de medicamentos (HARRY & SCHROEDER, 2000). Foram realizadas pesquisas junto às empresas com reconhecimento pela alta qualidade de seus produtos ou serviços e níveis elevados de satisfação dos clientes (conhecidas como *best-in-class*) e comparadas com empresas médias e, em seguida, os dados das empresas de desempenho médio e o seu nível de falha foram associados a um nível sigma (LUCAS, 2002).

A pesquisa da Motorola estabeleceu comparações entre os padrões sigma ao número de defeitos por milhão e aos custos estimados da baixa qualidade, expresso em percentual do faturamento das empresas e dessa associação à categoria da empresa quanto à competitividade (HARRY, 1998), conforme demonstra a Tabela 2.1.

TABELA 2.1 – PADRÃO SIGMA X COMPETITIVIDADE

<b>Padrão Sigma (<math>\sigma</math>)</b>	<b>Defeitos por milhão (DPMO)</b>	<b>Custos estimados da baixa qualidade</b>	<b>Categoria da empresa (competitividade)</b>
6 Sigma	3,4	< de 10% do faturamento	<i>World Class</i>
5 Sigma	233	10 – 15% do faturamento	<i>World Class</i>
4 Sigma	6 210	15 – 20% do faturamento	Competitividade Média
3 Sigma	66 807	20 – 30% do faturamento	Competitividade Média
2 Sigma	308 537	30 – 40% do faturamento	Não Competitiva
1 Sigma	691.462	> 40% do faturamento	Não Competitiva

FONTE: ADAPTADO DE HARRY (1998)

Após a iniciativa da Motorola em disseminar entre seus funcionários a busca por padrões de qualidade elevados e a importância do entendimento dos

conceitos estatísticos para a relação com os custos da qualidade, a Motorola desenvolveu um programa que priorizou os seguintes aspectos (FOLARON, 2003): melhorar a satisfação dos clientes, maximizar a eficiência dos processos, aumentar as vantagens competitivas, ampliar a participação no mercado e reduzir os custos com despesas operacionais.

Em 1988, a Motorola recebeu o Prêmio *Malcolm Baldrige* de Qualidade e o Seis Sigma passou a ser reconhecido como o responsável pelo sucesso alcançado pela organização. Após a divulgação dos ganhos obtidos pela Motorola, outras empresas adotaram o programa, tais como (THEVNIN, 2004): Texas Instruments (em 1988), IBM (em 1990), ABB - Asea Brown Boveri (em 1993), Allied Signal e Kodak (em 1994) e a General Electric (em 1996). A Tabela 2.2 apresenta o resumo histórico do Seis Sigma, destacando as empresas que aderiram ao programa e o ano da implantação do Seis Sigma em suas atividades.

TABELA 2.2 – RESUMO HISTÓRICO DO PROGRAMA SEIS SIGMA

Ano	Resumo histórico do programa Seis sigma
1987	Motorola Inc. (USA) lança o programa de qualidade Seis Sigma.
1988	Motorola recebe o Prêmio <i>Malcolm Baldrige</i> de Qualidade e o Seis Sigma é reconhecido como o responsável pelo sucesso alcançado pela empresa.
1988	Texas Instruments implementa o Seis Sigma.
1990	IBM adota o Seis Sigma como uma estratégia de negócios.
1993	Asea Brown Boveri implanta o Seis Sigma.
1994	Allied Signal e Kodak adotam o Seis Sigma.
1996	General Electric Company incorpora o Seis Sigma em toda a organização.
1999	GE anuncia ganho superior a 1,5 bilhões de dólares em consequência dos resultados do programa Seis Sigma.
2001	<i>American Society for Quality</i> , realiza o 1º Fórum Anual sobre Seis Sigma.

FONTE: YOUNG (2001)

A história do Seis Sigma também pode ser sintetizada através da visualização do gráfico apresentado na Figura 2.2, incluindo as datas e as empresas que se destacaram na implantação do programa.

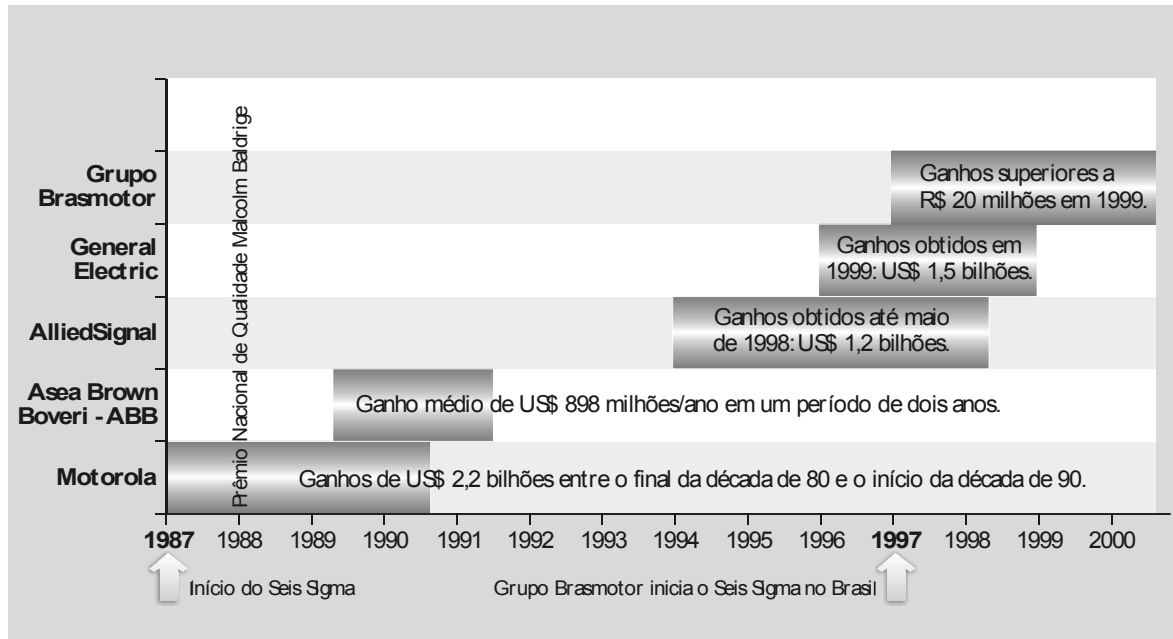


FIGURA 2.2 – HISTÓRIA DO PROGRAMA SEIS SIGMA (WERKEMA, 2002B)

O histórico do Seis Sigma registra um marco significativo após a repercussão dos resultados obtidos pela General Electric, que é o caso de maior notoriedade na aplicação do programa Seis Sigma (ECKES, 2001). A partir daí, a empresa conseguiu considerável crescimento na margem do lucro operacional, conquistando a posição de uma das corporações mais bem sucedidas dos Estados Unidos, registrando depois de quatro anos uma economia de mais de US\$ 1,5 bilhões (BAÑUELAS & ANTONY, 2002).

Segundo HENDERSON & EVANS (2000), em 1996, a General Electric decidiu implantar o Seis Sigma em suas atividades e a empresa investiu em treinamento e projetos mais de 450 milhões de dólares. Quando em 1999 o presidente da GE anunciou o maior faturamento nos 105 anos de história da

empresa e um lucro fenomenal, creditou-se o resultado alcançado ao programa de qualidade adotado três anos antes. Depois desse acontecimento, registra-se a popularização do Seis Sigma, tanto pelos resultados obtidos pela GE, quanto pela capacidade de comunicação de seu principal executivo, Jack Welch, que descreveu o Seis Sigma como "*a mais importante iniciativa que a GE já empreendeu*" (HENDERSON & EVANS, 2000).

No Brasil, o Seis Sigma foi disseminado a partir de 1997, quando o Grupo Brasmotor introduziu o programa em suas atividades e apurou em 1999 ganhos de R\$ 20 milhões (WERKEMA, 2002b). Em seguida, as seguintes empresas adotaram o Seis Sigma no país: Brahma (em 1998); Maxion, Gerdau e Votorantim Cimentos (em 2000); e Fiat Automóveis, Tupy Fundições, Nokia, Líder Táxi Aéreo, ALL e Votorantim Metais (em 2002).

## 2.2 CONCEITO TEÓRICO DO PROGRAMA SEIS SIGMA

A letra minúscula no alfabeto grego sigma ( $\sigma$ ) é um símbolo usado na estatística para representar o desvio padrão de uma distribuição. O desvio padrão de uma distribuição (ou população) é um indicador da quantidade de “variação” ou inconsistência em um determinado processo. O sigma em estatística representa o desvio padrão de um conjunto de dados populacionais e tem a finalidade de quantificar a dispersão ou variação desses dados em relação à média. Considerando que a variação está presente em todo evento real, esse é um ponto chave do estudo dos processos (BLAKESLEE JR., 1999). Assim, a variação nos processos é um problema crítico. Portanto, buscar o entendimento das causas das variações é entender melhor o desempenho real de uma empresa e seus processos. Quando o valor do desvio padrão é alto, significa que existe muita variação entre os resultados do processo. Contudo, se o valor do desvio padrão é baixo, significa que existe pouca variação entre os resultados do processo. Assim, quanto menor for o valor do desvio padrão, melhor será o processo (BEHARA et al., 1995).



Segundo WERKEMA (2002b), a simples observação do valor obtido para o desvio padrão não possibilita a compreensão do que esse valor representa, ou seja, se a grandeza da variação é aceitável ou não. A solução para essa dificuldade é solucionada através da comparação do valor do desvio padrão com algum tipo de referência. Quando as referências utilizadas para essas comparações são os limites de especificação para o resultado de interesse, surge a escala Sigma, que é empregada para medir o nível de qualidade associado a um processo e, quanto maior o valor alcançado nessa escala, melhor.

Assim para a correta avaliação e entendimento das variações de um processo assume papel significativo o estudo da capacidade do processo. De acordo com PEREZ-WILSON (1999), o índice  $C_p$  (potencial do processo) é a medida mais comum de capacidade, ou seja, mede a capacidade de um processo, que é definida pela razão entre a dispersão permitida e a dispersão real. A dispersão permitida é a diferença entre o limite de controle superior (LSE) e o limite de controle inferior (LIE). A dispersão real é determinada pelos dados coletados do processo e é calculada multiplicando-se o desvio padrão por 6. O desvio padrão quantifica a variação de um processo e à medida que o desvio padrão aumenta de valor em um processo, o  $C_p$  diminui de valor. Contudo, à medida que o desvio padrão diminui, isto é, à medida que o processo se torna menos variável, o  $C_p$  aumenta de valor.

Então, o  $C_p$  é definido por:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6.\sigma} \quad (1)$$

Onde: LSE e LIE denotam os limites de especificação superior e inferior respectivamente, e  $\sigma$  é o desvio padrão do processo.

ISHIKAWA (1993) afirma que a dispersão real do processo é geralmente assumida como  $6\sigma$ , o que representa, na curva Normal, a área do intervalo que

contém 99,73% da população. A dispersão permitida do processo é considerada fixa, enquanto que a dispersão real do processo deve ser estimada.

THISSE (1998) sustenta que quando um processo possui um valor de  $C_p$  menor do que 1,0, este processo é considerado potencialmente incapaz de satisfazer as especificações. Do contrário, quando o  $C_p$  de um processo é maior ou igual a 1,0, o processo é potencialmente capaz.

DEVOR et al. (1992) afirmam que, levando-se em conta que o índice  $C_p$  mede a dispersão do processo com relação aos limites de especificação sem levar em conta a localização da média do processo, é possível que se tenha uma porcentagem de itens fora das especificações, mesmo com um  $C_p$  alto, devido a uma localização da média do processo suficientemente próxima ao limite de especificação.

FEINGENBAUM (1991) descreve que um índice  $C_p$  com um alto valor não garante que um processo de produção esteja dentro dos limites de especificação, porque o valor de  $C_p$  não implica que a dispersão real coincida com a permitida. Para avaliar mais eficientemente o desempenho do processo, foi introduzido o índice  $C_{pk}$  (desempenho do processo), que mede a habilidade do processo em produzir um item dentro dos limites de especificação. O  $C_{pk}$  representa a diferença entre a média aritmética real do processo e o limite de especificação mais próximo, dividido por três vezes o desvio padrão.

Então, o  $C_{pk}$  é definido por:

$$C_{pk} = \text{menor de } \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \text{ ou } \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad (2)$$

Segundo NAVEH et al. (1988), quando o  $C_{pk}$  é menor do que 1,0, o processo é considerado incapaz e quando o  $C_{pk}$  é maior ou igual a 1,0, o processo é capaz para a produção e assegura processos dentro dos limites de especificação. O  $C_{pk}$  é inversamente proporcional ao desvio padrão, ou à

variabilidade de um processo. Quanto maior for o  $Cpk$ , mais estreita será a distribuição do processo se comparado aos limites de especificação e, conseqüentemente, mais uniforme será o produto ou o processo. Daí, que se o desvio padrão aumenta de valor, o coeficiente  $Cpk$  diminui e, por conseqüência, a possibilidade de fabricar produtos fora dos limites de especificação aumenta (PEREZ-WILSON, 1999).

HINES (1998) assegura que o  $Cpk$  somente pode assumir valores positivos e será igual a zero quando a média real do processo coincidir ou sair fora dos limites de especificação. O coeficiente  $Cpk$  nunca poderá ser maior do que o  $Cp$ , somente igual e isto acontece quando a média real do processo cair no centro dos limites de especificação.

BREYFOGLE III et al. (2001) confirmaram que os processos são considerados dentro dos limites de controle, quando têm um  $Cp$  de 1,0, e se a média estiver centrada entre os limites de controle, tem então, um  $Cpk$  também igual a 1,0. Dentro desses critérios, um processo com um  $Cp$  e um  $Cpk$  iguais a 1,0 tem aproximadamente 99,73% de seus produtos dentro das especificações e cerca de 0,27% fora, ou seja, 2.700 ppm.

De acordo com WERKEMA (1995), além do  $Cp$  e  $Cpk$ , existem outras possibilidades ou medidas para quantificar os resultados das empresas. Tais medidas, mais conhecidas como métricas são apropriadas para medir como os resultados das empresas podem ser classificados, no que diz respeito a geração de defeitos ou erros. Essas métricas são: ppm (parte por milhão); DPU (defeitos por unidade), DPO (defeitos por oportunidade) e DPMO (defeitos por milhão de oportunidades).

BARNEY (2002) afirma que a medida ppm ou partes por milhão se refere a peças ou produtos defeituosos, assim como a defeitos, erros e falhas. O ppm estima o número de unidade, partes de peças ou produtos que serão defeituosos,

se um milhão de produtos forem produzidos. A medida ppm é calculada com base na determinação de uma amostra do processo.

De acordo com BREYFOGLE III et al. (2001), a medida ppm oferece maior resolução para quantificar peças defeituosas, defeitos nos processos, erros e falhas. O ppm é um cálculo simples, mas somente quando é determinado por inspeção. No estudo da variação dos processos o importante é determinar quanto uma característica se desvia da sua especificação e para isto é utilizada a distribuição normal<sup>6</sup>.

Segundo BARNEY (2002), o valor de defeituosos associado ao Seis Sigma é de 0,002 ppm e este valor é aproximadamente duas partes por bilhão de defeituosos. A Tabela 2.3 compara o padrão sigma com o  $C_p$ , o  $C_{pk}$  e o ppm.

TABELA 2.3 – PADRÃO SIGMA X MÉTRICAS DO SEIS SIGMA

<b>Padrão Sigma</b>	<b><math>C_p</math></b>	<b><math>C_{pk}</math></b>	<b>ppm</b>
1 $\sigma$	0,33	0,33	317.320
2 $\sigma$	0,67	0,67	45.500
3 $\sigma$	1,00	1,00	2.700
4 $\sigma$	1,33	1,33	63,5
5 $\sigma$	1,67	1,67	0,60
6 $\sigma$	2,00	2,00	0,002

NOTA: considerando processo centralizado, estabilidade e distribuição normal.

FONTE: PEREZ-WILSON, (1999)

As outras métricas utilizadas no programa Seis Sigma são definidas pelos seguintes cálculos:

<sup>6</sup> Distribuição Normal é um modelo de distribuição de probabilidade, também conhecida como Gaussiana e apresenta-se em formato de sino, unimodal e simétrica em relação a sua média (DEVOR et al., 1992).

- DPU (Defeitos por Unidade): esta medida reflete o número médio de defeitos, de todos os tipos, sobre o número total de unidades da amostra, expresso pela equação (3).

$$DPU = \frac{\text{Número de Defeitos}}{\text{Número de Unidades}} \quad (3)$$

- DPO (Defeitos por Oportunidade): expressa a proporção de defeitos, em relação ao número total de oportunidades em um grupo, descrita pela equação (4).

$$DPO = \frac{\text{Número de Defeitos}}{\text{Número de Oportunidades} \times \text{Número de Unidades}} \quad (4)$$

- DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidades): indica quantos defeitos surgiriam se houvesse um milhão de oportunidades, como visto na equação (5).

$$DPMO = DPO \times 10^6 \quad (5)$$

A utilização das métricas de desempenho no programa Seis Sigma é de grande importância, pois valoriza a expressão dos resultados dos métodos de coleta de dados e dos controles dos processos, em especial, no acompanhamento da variação dos processos (BLAKESLEE JR., 1999). Portanto, o uso das métricas proporciona, segundo BLAKESLEE JR. (1999) e PANDE et al. (2000), as seguintes condições:

- Simplicidade: em virtude dos cálculos de diversos tipos de medidas baseadas em defeitos serem efetuados com habilidades básicas em matemática;
- Consistência: pelo fato de medidas de defeitos serem aplicadas a qualquer processo para o qual exista um padrão ou exigência de desempenho, seja para dados contínuos ou discretos, para processos produtivos ou serviços;

- Comparatividade: as medidas do Seis Sigma podem ser utilizadas para rastrear índices de melhoria em processos de todos os tipos e para comparar o desempenho de esforços em áreas diferentes da empresa.

Assim, após a exposição do conceito teórico do Seis Sigma são apresentadas a seguir as principais definições do programa que foram encontradas na literatura disponível sobre o assunto, bem como, as diversas possibilidades da utilização do Seis Sigma nas organizações.

### **2.3 VISÃO GERAL DO PROGRAMA SEIS SIGMA**

Do surgimento do Seis Sigma em 1987 até o presente, a literatura registra várias explicações do significado e da importância do programa, tanto pelo testemunho das experiências na implantação (HENDRICKS & KELBAUGH, 1998; MOTWANI et al., 2004), como pelos relatos das vantagens e benefícios alcançados com o programa (HARRY, 1998; NEUSCHELER-FRITSCH & NORRIS, 2001), ou sobre aspectos específicos do Seis Sigma, como a questão da seleção e capacitação das equipes de implementação (HOERL, 1998; INGLE & ROE, 2001), o uso dos métodos de melhorias aplicados nas áreas produtivas, administrativas e de serviços (KLEFSJÖ et al., 2001; MALEYEFF & KRAYENVENGER, 2004), bem como, da utilização das técnicas, métodos e ferramentas estatísticas (HUBER & LAUSNBY, 2002; LYNCH et al., 2003).

Considerando a extensão de possibilidades da aplicação do Seis Sigma e que existe considerável referencial teórico sobre o assunto, a intenção deste item é destacar as principais abordagens, visando oferecer melhor compreensão sobre o programa Seis Sigma.

Segundo MCFADDEN (1993), o Seis Sigma inicialmente foi compreendido como uma proposta de melhoria da qualidade fundamentada na medição com apoio da estatística e com o objetivo de redução nos erros e perdas dos processos

de produção e depois, se tornou uma filosofia de trabalho e uma estratégia de negócios cujo enfoque era o cliente, com ênfase no gerenciamento eficiente dos dados e metodologias, que permitiam eliminar a variação dos processos e alcançar um nível mínimo de eventuais defeitos. Adicionalmente, outros efeitos foram obtidos, como: a redução dos tempos de ciclo e de custos, o alto grau de satisfação dos clientes e os resultados no desempenho financeiro das organizações. Contudo, a principal dimensão do Seis Sigma sempre foi a meta em reduzir defeitos, erros e falhas a um valor próximo de zero (BEHARA et al., 1995).

Em seguida, o Seis Sigma foi visto como um programa para aumentar o desempenho organizacional. Segundo ECKES (2001), o Seis Sigma é uma estratégia gerencial de mudanças para acelerar o aprimoramento em processos, produtos e serviços.

HARRY & SCHROEDER (2000) afirmam que no Seis Sigma são observados aspectos que reduzem a variabilidade de processo, de maneira a diminuir a quantidade de defeitos nos produtos, ou seja, a análise das causas raízes dos defeitos leva à sua permanente redução. Essa é uma maneira quantitativa de medir os esforços de qualidade e numericamente conseguir medir o progresso da empresa e apresentá-lo para clientes, acionistas, funcionários e fornecedores.

Contudo, segundo PEREZ-WILSON (1999), o termo Seis Sigma pode ser usado de diferentes maneiras e apresentar diversas dimensões. O Seis Sigma pode atingir as seguintes abordagens ao mesmo tempo:

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

- *Benchmark*: o Seis Sigma é usado como um parâmetro de referência para comparar o nível de qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, máquinas, divisões e departamentos, entre outros;
- *Meta*: o Seis Sigma também é uma meta de qualidade visando obter um padrão sigma de 3,4 ppm (partes por milhão);
- *Medida*: o Seis Sigma é uma medida que reflete o desempenho de um processo e o nível de qualidade. Então, quanto maior o número de sigmas, melhor o nível de qualidade;
- *Filosofia*: o Seis Sigma é uma filosofia de melhoria permanente do processo (máquina, mão-de-obra, método, metrologia, materiais e ambiente) e redução de sua variabilidade na busca da satisfação dos clientes e acionistas;
- *Estatística*: o Seis Sigma é uma estatística calculada para cada característica crítica à qualidade, para avaliar a performance em relação à especificação ou à tolerância;
- *Visão*: o Seis Sigma é uma visão para levar uma organização a ser a melhor do ramo e um esforço contínuo em busca da redução da variação, defeitos, erros e falhas. Caracteriza-se por estender a qualidade para além das expectativas do cliente.

Ao longo do tempo e com a evolução do Seis Sigma surgiram novas abordagens para o programa. Uma das mais empregadas é o conceito de que o Seis Sigma é um programa de qualidade que se estrutura no envolvimento de toda a organização. Segundo KLEFSJÖ et al. (2001), o Seis Sigma utiliza-se, fundamentalmente, das mesmas ferramentas e procedimentos de outros sistemas da qualidade. Contudo, o diferencial do Seis Sigma reside na forma de aplicação



dessas ferramentas e procedimentos e em sua integração com os propósitos e objetivos da organização como um todo.

De acordo com SNEE (2000), o Seis Sigma também pode ser entendido como um programa de qualidade, pois sua aplicação, entre outros propósitos, também busca aprimorar a qualidade dos produtos e serviços.

Segundo SNEE (2000), o Seis Sigma quando compreendido como um programa de qualidade tem as seguintes características:

- O foco da qualidade é descentralizado em uma estrutura constituída para a identificação e a solução de problemas e tem um enfoque pró-ativo;
- As ferramentas de melhoria contínua e técnicas estatísticas na solução dos problemas são utilizadas de maneira estruturada;
- Existe uma base de apoio com pessoal capacitado para o uso das ferramentas de melhoria;
- As decisões são tomadas com base em dados precisos e objetivos;
- Busca-se a raiz do problema para implantar soluções sólidas e efetivas, prevenindo-se a recorrência de problemas;
- Estabelece planos de treinamento estruturados para a aplicação das técnicas estatísticas requeridas;
- Segue rigoroso controle das variáveis-chaves de entrada de processos, as quais, geram a saída de produtos desejado ao final do processo.

SNEE (2000) enaltece também, que o Seis Sigma é uma abordagem com forte apelo estratégico, pois concentra atenção em todos os processos e em virtude, da utilização disciplinada das ferramentas estatísticas causa significativas mudanças comportamentais nas organizações.

WYPER & HARRISON (2000), que também adotam o conceito de que o Seis Sigma é um programa de qualidade que se estrutura no envolvimento de toda a organização, afirmam que o programa possui ainda, duas abordagens, uma administrativa e uma técnica. A abordagem administrativa foca em escolher o processo, metas e objetivos certos. O projeto certo é trabalhar com as pessoas certas no uso de sistemas administrativos para completar com sucesso os projetos e manter seus ganhos ao longo do tempo. Na abordagem do ponto de vista técnico, o foco do Seis Sigma está em melhorar os resultados dos processos aumentando o nível médio de performance e reduzindo a variação, utilizando para isso dados do processo, pensamento estatístico e métodos, e utilização de uma metodologia disciplinada.

Ainda de acordo com WYPER & HARRISON (2000), também existe de novo no Seis Sigma, a integração dos elementos humanos no processo de melhoria mantendo o foco claro na obtenção de retorno financeiro e na aplicação das ferramentas e técnicas estatísticas. A Tabela 2.4 apresenta as principais características da integração dos aspectos humanos no Seis Sigma.

*TABELA 2.4 – INTEGRAÇÃO DOS ASPECTOS HUMANOS NO PROGRAMA SEIS SIGMA*

<b>Aspectos Humanos</b>	<b>Aspectos de processos</b>	<b>Resultados Seis Sigma</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultados Financeiros (\$)</li> <li>• Liderança da Gerência</li> <li>• Senso de Urgência</li> <li>• Foco no Consumidor</li> <li>• Equipes de Projetos</li> <li>• Mudança de Cultura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhoria de Processo</li> <li>• Análise de Variância</li> <li>• Abordagem Disciplinada</li> <li>• Medições Quantitativas</li> <li>• Métodos Estatísticos</li> <li>• Administração de Processos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultados financeiros</li> <li>• Liderança ativa do administrador sênior</li> <li>• Abordagem disciplinada</li> <li>• Término rápido do projeto (3 a 6 meses)</li> <li>• Definição clara de sucesso</li> <li>• Criação de infra-estrutura de recursos humanos</li> <li>• Foco nos clientes e nos processos</li> <li>• Profunda abordagem estatística</li> </ul>

*FONTE: WYPER & HARRISON (2000)*

Mais recentemente, o Seis Sigma passou a ser compreendido como uma estratégia de negócios. LINDERMAN et al. (2003) afirmam que o Seis Sigma não é um simples esforço para aumentar a qualidade, mas é um processo para aperfeiçoar os processos empresariais e é um programa de melhoria do negócio como um todo, que resulta em significativos impactos nos resultados financeiros das organizações, aumentando a satisfação dos clientes e ampliando a participação no mercado.

COOPER & NOONAN (2003) definem o Seis Sigma como um método estatístico para converter as necessidades dos clientes em projetos e especificações que atendam plenamente os requisitos exigidos. A identificação das conseqüências do projeto no negócio é uma parte crucial do programa, pois nenhum projeto Seis Sigma é aprovado sem que os impactos financeiros sejam avaliados. Esses resultados atraem a atenção da alta administração, uma vez que suas metas, em geral estão relacionadas aos ganhos financeiros e às estratégias das empresas.

Segundo NAVE (2002), o Seis Sigma é um programa que apóia a estratégia de negócios das organizações e confere ênfase na sua metodologia de implementação e no uso correto e eficaz das ferramentas e técnicas estatísticas utilizadas.

De acordo com WERKEMA (2002b), o Seis Sigma pode ser definido como um programa de incremento significativo de desempenho dos processos produtivos e dos produtos, que favorece o aumento da qualidade dos produtos fabricados, proporciona a melhoria da eficiência e eficácia dos processos e ainda gera ganho financeiro alinhado com as diretrizes estratégicas das organizações.

Atualmente, o Seis Sigma é compreendido como uma prática de gestão, que busca melhorar a lucratividade de empresas de qualquer setor de atividade, seja produtos ou serviços (ANTONY, 2004) ou de qualquer porte, pequena, média ou grande empresa (WESSEL & BURCHER, 2004), com a finalidade de aumentar

a participação de mercado, reduzir custos e otimizar as operações (ARNHEITER & MALEYEFF, 2005).

Assim, nos dias atuais, a implantação do programa nas empresas visa - de maneira estruturada - incrementar a qualidade por meio da melhoria contínua dos processos envolvidos na produção de um bem ou serviço, considerando todos os aspectos importantes de um negócio (PFEIFER et al., 2004). O Seis Sigma também prioriza o aumento da rentabilidade, pois o programa concentra grande esforço na redução dos custos da qualidade e no aperfeiçoamento da eficiência e da eficácia de todas as operações que visam atender as necessidades dos clientes (MCADAM & LAFFERTY, 2004).

A aplicação do Seis Sigma atualmente ocorre com o apoio de uma série de ferramentas para a identificação, análise e solução de problemas, com acentuado embasamento na coleta e tratamento de dados e com suporte estatístico (MAESTRELLI & MIGUEL, 2001; GOH & XIE, 2004). Assim, o diferencial do programa Seis Sigma reside na forma de aplicação estruturada dessas ferramentas e procedimentos e em sua integração com as metas e os objetivos da organização como um todo. Desta maneira, a participação e o comprometimento de todos os níveis e funções da organização é o fator-chave para o êxito da implantação do Seis Sigma, além de outros fatores de extrema importância, tais como o compromisso da alta administração, uma atitude pró-ativa dos envolvidos no programa, sistematização na busca da satisfação das necessidades e dos objetivos dos clientes e da própria organização (BAÑUELAS & ANTONY, 2004).

Neste contexto, o Seis Sigma também prioriza, a escolha criteriosa do pessoal que irá se envolver na implantação e aplicação do programa, bem como, o treinamento e a formação das equipes para a seleção, implementação, condução e avaliação dos resultados obtidos com os projetos executados, que são a base de sustentação do programa (INGLE & ROE, 2001; MOTWANI et al., 2004).

Na atualidade, a aplicação do Seis Sigma se fundamenta e consegue obter benefícios significativos às organizações por meio da escolha criteriosa dos projetos que serão desenvolvidos e principalmente dos métodos de melhorias (como por exemplo: DMAIC, DFSS, DMADV, entre outros que serão definidos adiante com detalhes). Além disso, os principais resultados do Seis Sigma também são conseguidos por meio da utilização das técnicas e ferramentas (denominadas popularmente como “ferramentas da qualidade”) e que se configuram como um dos sustentáculos do programa (THEVNIN, 2004).

#### **2.4 IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA**

Um dos aspectos mais importantes do Seis Sigma é a sua implementação, pois existem fatores que são essenciais no processo de inserção do programa nas organizações. Entre os principais fatores que podem assegurar a eficácia do Seis Sigma, destaca-se o comprometimento da gerência com o programa, em virtude da necessidade da alocação de recursos que sustentem sua manutenção (GOH & XIE, 2004). Outro fator relevante é a mudança cultural, pois a implementação do Seis Sigma exige ajustes na cultura da organização e uma nova atitude dos funcionários que devem se sentir continuamente motivados para os desafios e o rigor que o programa impõe, em especial, no que se refere a coleta e mensuração dos dados dos processos (ANTONY, 2004).

Considera-se também como um fator decisivo na implementação do Seis Sigma, a necessidade de existir nas empresas uma infra-estrutura organizacional adequada e que assegure a introdução, desenvolvimento e continuidade do programa (WIPER & HARRISON, 2000). Um dos requisitos da infra-estrutura necessária para sustentar o Seis Sigma nas empresas é o treinamento dos funcionários envolvidos com o programa. A capacitação dos funcionários que se envolvem com o Seis Sigma utiliza uma prática distinta, pela qual são atribuídas denominações segundo a carga horária de treinamento, hierarquia nos projetos e dedicação de tempo ao programa (BEHARA et al., 1995). Nesse contexto, os

profissionais envolvidos no Seis Sigma recebem terminologias específicas, tais como: *black belts* (faixas pretas), *green belts* (faixas verdes), *yellow* e *white belts* (faixas amarelas e brancas) (HAN & LEE, 2002) entre outras, que serão detalhadas mais adiante.

Destaca-se também como um fator importante na implementação do programa Seis Sigma, a seleção e o gerenciamento dos projetos, pois a falta de habilidade na escolha e condução de um projeto pode consumir tempo e recursos que depois geram frustrações e insucessos (BAÑUELAS & ANTONY, 2004).

Um outro aspecto que é de fundamental importância para a implementação do Seis Sigma nas empresas é entender e executar os métodos ou processos de melhorias aplicados no desenvolvimento do programa, tais como (PANDE et al., 2000; BAÑUELAS & ANTONY, 2003): M/PCpS (Estudo de Caracterização de Processos e Máquinas ou *Machine/Process Characterization Study*); DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*), DFSS (*Design for Six Sigma*), dentre outros. Além desses métodos ou processos de melhoria, a utilização das técnicas e ferramentas utilizadas no Seis Sigma, também são de grande importância, pois proporcionam ao programa o estudo e a compreensão das variáveis dos processos, asseguram a coleta de dados confiáveis, revelam indicadores para a tomada de decisões e favorecem a busca de soluções para os problemas que causam as inconstâncias nos processos (BYRNE & NORRIS, 2003). Portanto, a adoção dos métodos de melhorias para desenvolver o Seis Sigma e a utilização de técnicas e ferramentas são recomendadas para assegurar a conquista dos objetivos propostos na fase de implementação do programa (MUNRO, 2000) conforme são destacados a seguir.

Segundo BLAKESLEE JR. (1999) a implementação do Seis Sigma se dá após a avaliação das necessidades da introdução do programa em uma empresa. Em primeiro lugar, deve-se identificar e definir o desempenho estratégico atual da organização e buscar a resposta às seguintes perguntas (HAN & LEE, 2002):

1. Existe uma necessidade ou oportunidade de mudança crítica para o negócio que esteja baseado em necessidades financeiras, competitivas ou culturais?
2. É possível definir uma justificativa suficientemente sólida para aplicar o Seis Sigma ao negócio?
3. Os atuais sistemas de gerenciamento e de melhoria de processos serão capazes de alcançar o nível de melhoria essencial requerido para o êxito contínuo do negócio?

Dependendo das respostas a essas perguntas a organização poderá estar pronta para explorar o Seis Sigma. Em geral, pode haver boas oportunidades para adotar essa estratégia de negócios, principalmente se as respostas forem afirmativas para as perguntas 1 e 2 e, especialmente, se a resposta para a pergunta 3 for negativa. Um dos indicadores mais eficazes é o comportamento dos clientes. Se os clientes estão reclamando da qualidade ou da confiabilidade dos produtos, ou ainda, da qualidade do trabalho ou dos serviços, a organização provavelmente precisa fazer uma ampla avaliação de sua situação (BLAKESLEE JR., 1999; YOUNG, 2001).

De acordo com NEUSCHELER-FRITSCH & NORRIS (2001), algumas situações podem servir como um referencial para decidir pela implementação do Seis Sigma, como por exemplo: perda de mercado, gastos exagerados, grandes perdas como resultado da garantia que o cliente possui de devolução do produto e de indenizações, faturas não pagas no prazo devido a reclamações de clientes, peças erradas vindas dos fornecedores, relatórios errôneos de informações internas, previsões não-confiáveis, orçamentos freqüentemente superfaturados, repetição de problemas fazendo com que se tenha que voltar à mesma solução, projetos de produtos extremamente difíceis de serem produzidos, taxas de sucata muito altas e incontroláveis e encarar o reparo de produtos como uma atividade normal da produção.

Assim sendo, a implementação de um programa Seis Sigma acontece após cinco etapas importantes (MUNRO, 2000): a) a definição das características críticas para a qualidade; b) a medição dos valores das características críticas em relação aos valores desejados; c) a análise dos dados dessas medidas em termos do fator de qualidade ou nível do sigma; d) a melhoria no desempenho quantitativo da qualidade; e) e o controle do processo para minimizar variâncias dos limites de qualidade.

Na seqüência de atividades, visando a implementação do Seis Sigma, os responsáveis pela condução do programa devem responder as seguintes questões em cada uma das possíveis cinco fases da adoção do programa (YOUNG, 2001; RAISINGHANI et al., 2005): 1. Definição: quais processos têm maior prioridade para melhoria, isto é, quais são os processos chaves que irão criar influência máxima e satisfação do cliente? 2. Medição: qual é a capacidade do processo? 3. Análise: quando e onde os defeitos ocorrem? 4. Melhoria: como pode ser alcançado o nível de capacidade Seis Sigma? Quais são os poucos fatores vitais que controlam os resultados do processo? e 5. Controle: que controles devem ser implementados para garantir os ganhos?

YOUNG (2001) enaltece que os estágios de análise e melhoria envolvem a identificação das variáveis-chaves que são mais prováveis de causar variação do processo, confirmação das variáveis e modificação do controle do processo para controlar ou eliminar a variação. Nesses estágios - análise e melhoria - que a equipe de implementação do programa Seis Sigma pode empregar técnicas usuais de qualidade e métodos para melhoria de processos (como por exemplo: gráficos de controle, projetos de experimentos, FMEA e outras técnicas).

WATSON (2001) afirma que a implementação do Seis Sigma poder ser facilitada se forem tomadas algumas ações prévias para formação de uma base sólida e coerente com as necessidades e características de cada empresa, a saber:



- Diagnóstico da situação atual e definição das especificações e/ou indicadores aplicáveis aos processos organizacionais, delineamento ou mapeamento dos processos, caracterização do método de medição e avaliação, e determinação das capacidades atuais dos processos;
- Priorização da aplicação do Seis Sigma com base na gravidade, frequência e tendência das falhas e seus impactos nos resultados da empresa e na satisfação dos seus clientes;
- Definição das metas de melhorias;
- Planejamento da implementação do Seis Sigma;
- Implementação conforme planejado e ajustes necessários.

FALTIN & FALTIN (2003) definem que o tempo de implementação do Seis Sigma pode ser relativamente reduzido. Em 1987, a Motorola determinou uma meta de cinco anos para alcançar o Seis Sigma. Em 1996, a General Electric se propôs a tornar-se uma empresa de qualidade Seis Sigma até o ano 2000 e conseguiu antes (em 1999). Nas empresas mencionadas na literatura (HENDRICKS & KELBAUGH, 1998; HENDERSON & EVANS, 2000; BARNEY, 2002; MCADAM & LAFFERTY, 2004; MOTWANI et al., 2004; GUPTA, 2005) em que o processo de implementação do Seis Sigma foi estudado, o tempo médio de transformação da organização foi de cinco anos.

Segundo COCHRANE & GUPTA (2002), o tempo que cada empresa leva para alcançar o Seis Sigma depende de algumas variáveis, como a quantidade de pessoas treinadas e de processos a serem otimizados e principalmente o número de interações necessárias para atingir o padrão sigma pretendido, pois quanto mais interações, maior o tempo para obter os benefícios do Seis Sigma.

Contudo, segundo CHANDLER (1998), o treinamento inicial de uma organização não leva mais do que alguns meses, pois entre quatro à seis meses

as equipes podem trabalhar nas etapas iniciais de implementação do Seis Sigma, embora o completo desenvolvimento do programa possa levar alguns anos, em virtude do processo de treinamento e desenvolvimento ser intensivo e envolver pessoal de todos os níveis da organização e, à medida que o pessoal vai sendo treinado, equipes de implantação do programa são capacitadas para aplicar as ferramentas e metodologias para caracterizar e otimizar os processos. Esse aspecto é destacado a seguir.

## **2.5 SELEÇÃO E CAPACITAÇÃO DOS ESPECIALISTAS NO PROGRAMA SEIS SIGMA**

A equipe de trabalho do Seis Sigma é a base na qual o programa se apóia. Portanto, entender as denominações e como são chamados os especialistas que trabalham na aplicação do programa se faz importante, assim como saber o que cada profissional executa, quais as habilidades necessárias para os diferentes cargos na estrutura funcional e o treinamento exigido para cada função.

Segundo LUCAS (2002), uma empresa que adota o programa Seis Sigma é uma *“organização de aprendizagem”*. Isso significa que é uma organização que está constantemente recebendo novas informações de seus clientes, do ambiente e dos processos. Significa ainda, que é uma empresa capaz de utilizar esse conhecimento para se tornar receptiva a novas idéias, produtos, serviços e melhorias, e depois medir os resultados e aprender mais.

HOERL (2001) afirma que a capacitação é um ingrediente chave para se alcançar sucesso usando o Seis Sigma, pois não existe praticamente nenhuma habilidade gerencial que não desempenhe um papel essencial em algum ponto do crescimento de uma empresa que adotou o programa. A ênfase no treinamento dos profissionais deve ser posta nas habilidades e nos métodos que o pessoal mais precisa para desempenhar os papéis nas fases iniciais do esforço e para planejar uma aprendizagem contínua que reforce tanto o conhecimento inicial quanto acrescente conhecimentos mais avançados no futuro.

BEHARA et al. (1995) afirmam que o elemento vital dessa infra-estrutura é a equipe responsável pela implementação do programa. Desde o início, o cuidado na seleção dessas pessoas por parte da alta direção é de fundamental importância, em virtude, de serem os componentes dessa equipe que se tornarão agentes de mudança para impulsionar e desenvolver projetos específicos e o programa Seis Sigma como um todo.

HOERL (2001) afirma que o Seis Sigma para ser implementado com eficiência, deve envolver todas as pessoas da organização. Cada indivíduo deve ter um papel importante na busca da excelência do desempenho da empresa, pois os líderes de unidades de negócios normalmente são designados para serem os principais responsáveis em fazer com que equipes multifuncionais se empenhem no desenvolvimento de projetos específicos de melhoria e de redução de custos. Tais profissionais devem ser capazes de preparar o caminho para as mudanças necessárias e a integração dos resultados.

Segundo HOERL (1998), a estrutura funcional dos profissionais envolvidos no programa Seis Sigma é assim definida:

- *Sponsor*: “número um” da organização relativo ao programa e tem a responsabilidade de promover e definir as diretrizes para a implementação do Seis Sigma;
- *Sponsor* facilitador: exerce as principais funções no desenvolvimento dos projetos do programa;
- *Champions*: gestores dos projetos e apóiam as ações ou removem possíveis barreiras na condução dos projetos, além de definirem as pessoas (ou a pessoa, dependendo do porte da organização) que irá disseminar os conhecimentos sobre o Seis Sigma por toda a empresa e coordenar uma determinada quantidade de projetos;

- Coordenador: em algumas empresas de grande porte existe essa função com a finalidade de monitorar os projetos e transmitir a direção os resultados obtidos com o programa.

Depois, seguem os demais integrantes do Seis Sigma, que são diferenciados de acordo com níveis de conhecimento e capacitação recebendo as seguintes denominações: *Black Belts* (faixas pretas); *Green Belts* (faixas verdes); *Yellow* e *White Belts* (faixas amarelas e brancas), que embora componham o chamado "chão-de-fábrica", são treinados nos fundamentos do Seis Sigma, em especial, sobre a utilização das ferramentas básicas que se aplicam às várias fases dos projetos (HAN & LEE, 2002; WERKEMA, 2002b). A Figura 2.3 mostra a hierarquia dos especialistas do programa Seis Sigma.

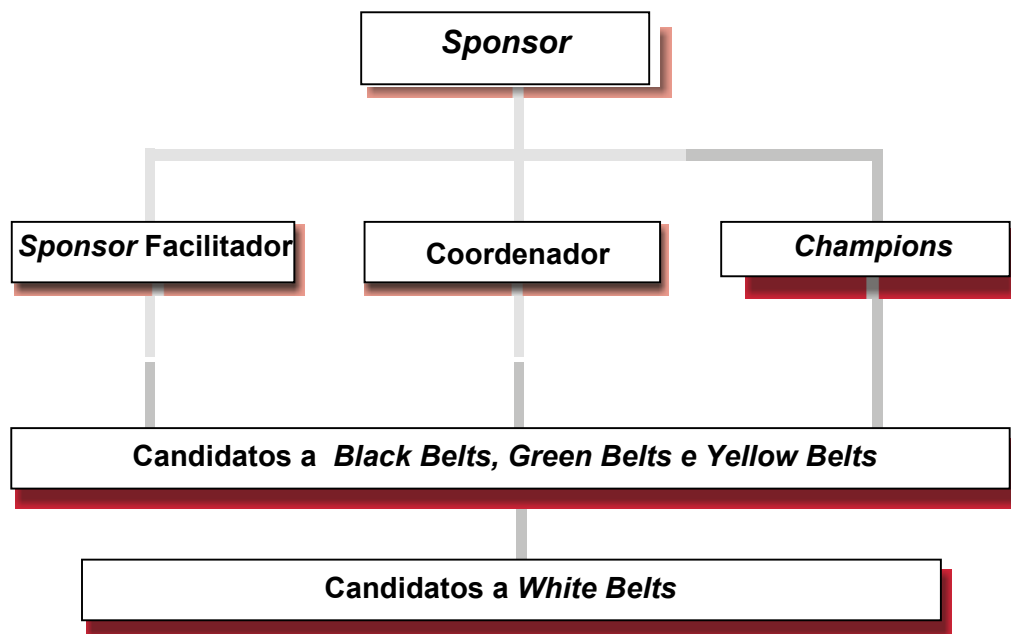


FIGURA 2.3 – ESPECIALISTAS DO PROGRAMA SEIS SIGMA (WERKEMA, 2002B)

Segundo HENDERSON & EVANS (2000), o responsável pelo Seis Sigma, ou seja, o *Sponsor* deve desenvolver um amplo plano para implementar e disseminar o programa pela empresa, pois é ele que deve selecionar os executivos (diretores e gerentes) que desempenharão o papel de *Champions* na implantação dos projetos, que exercem a responsabilidade de fazer com que as equipes multifuncionais se empenhem no desenvolvimento de projetos específicos de melhoria e de redução de custos. Aos *Champions* cabe ainda o planejamento das ações que incorporem na empresa os conceitos do programa Seis Sigma.

De acordo com HOERL (2001), os *Black Belts* são considerados em todo o mundo como uma verdadeira "*elite de profissionais*", pois normalmente conduzem nas empresas de 4 a 6 projetos por ano, que podem gerar melhorias da ordem de US\$ 75 mil a US\$ 175 mil por projeto, em termos de redução de custos, melhoria dos tempos de ciclo do produto ou serviço, eliminação de defeitos e incremento significativo da satisfação do cliente.

COCHRANE & GUPTA (2002) afirmam que a escolha de um candidato a *Black Belt* deve ser bastante criteriosa, e suas principais características pessoais devem ser as seguintes: ter experiência de pelo menos 5 anos em sua área de atuação (pode ser tanto engenheiro como administrador, por exemplo); ter sólidos conhecimentos de estatística, embora não é necessário ser um especialista, mas é imprescindível saber os conceitos básicos (média, desvio-padrão) e os intermediários (teste de correlação, análise de variância, etc.); ter excelente compreensão da língua inglesa, pois a maioria das publicações sobre o Seis Sigma foram publicadas em inglês; ser dinâmico e ter a firme disposição de efetuar mudanças; e ter habilidade para organizar e acompanhar projetos, além de coordenar equipes de trabalhos multifuncionais.

COOPER & NOONAN (2003) enfatizam que é fundamental que o *Black Belt* possua habilidades de liderança, pois um dos maiores desafios desse profissional é fazer com que outras pessoas pratiquem novas formas de trabalho. Seu foco

deve se concentrar em ensinar e auxiliar os funcionários da organização na análise e controle dos processos em que atuam. O tempo de um *Black Belt* deve estar voltado para estudar, pensar e aprender como inovar na solução de problemas e no aumento da lucratividade. Em grandes empresas, há também a figura do *Master Black Belt*, que também pode atuar em tempo integral, pois assessora os *Champions* na identificação de projetos de melhoria, além de coordenar todo o trabalho dos demais *Black Belts* (INGLE & ROE, 2001).

HOERL (2001) destaca que os demais profissionais do Seis Sigma como os *Green Belts* (Faixas Verdes) dedicam apenas parte de seu tempo, pois são funcionários que têm menos responsabilidades no processo e, normalmente, se envolvem em projetos diretamente relacionados ao seu dia-a-dia de trabalho. Os *Green Belts* recebem uma versão mais simplificada do treinamento a que são submetidos os *Black Belts* e suas tarefas básicas podem ser resumidas de duas maneiras: auxiliar os *Black Belts* na coleta de dados e no desenvolvimento de experimentos e liderar pequenos projetos de melhoria em suas respectivas áreas de atuação.

Os *Yellow* e *White Belts* (Faixas Amarelas e Brancas) são treinados nos fundamentos do Seis Sigma, através de cursos que têm de 2 a 4 dias de duração, sobre a utilização das ferramentas básicas que se aplicam às várias fases do programa. Tais cursos permitem que esses profissionais tenham uma compreensão mais detalhada de todo o processo, e a necessária preparação para que auxiliem os *Green* e os *Black Belts* na implementação de seus projetos (HAHN, et al., 2000).

HOERL (2001) aponta as características básicas, as qualificações necessárias e o treinamento adequado para os principais profissionais envolvidos no programa Seis Sigma, quais sejam: os *Champions*, *Master Black Belts*, *Black Belts* e *Greens Belts*. Na Tabela 2.5 são apresentadas as características dos profissionais que trabalham no Seis Sigma.

TABELA 2.5 – CARACTERÍSTICAS DOS PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS NO SEIS SIGMA

<b>Características</b>	<b><i>Champions</i></b>	<b><i>Master Black Belts</i></b>	<b><i>Black Belts</i></b>	<b><i>Green Belts</i></b>
<b>Qualificações</b>	Diretores e gerentes (com conhecimentos em Estatística)	Formação superior (engenharia ou administração) e sólidos conhecimentos de Estatística	Formação superior e sólidos conhecimentos de Estatística	Experiência técnica e administrativa (com conhecimentos das ferramentas estatísticas básicas)
<b>Treinamento</b>	03 dias ou 01 semana de treinamento (30 ou 50 horas)	04 meses de treinamento (200 horas + projeto)	04 meses de treinamento (200 horas + projeto)	02 meses de treinamento (100 horas + projeto)
<b>Número de funcionários treinados</b>	01 <i>Champion</i> por área-chave da empresa	01 <i>Master Black Belt</i> para cada 30 <i>Black Belts</i> (em grandes empresas)	01 <i>Black Belt</i> para cada 100 funcionários	01 <i>Green Belt</i> para cada 20 funcionários

FONTE: HOERL (2001)

Segundo LUCAS (2002), o Seis Sigma pode se consolidar em resultados satisfatórios se tiver o comprometimento da equipe de trabalho visando a sustentação do programa. Portanto, a escolha dos profissionais envolvidos no Seis Sigma, bem como os treinamentos oferecidos a esses funcionários serão pressupostos básicos para a correta seleção dos projetos (destacados a seguir), a definição dos métodos de melhorias e a seleção criteriosa das técnicas e ferramentas que serão aplicadas no desenvolvimento do programa, visando a conquista dos resultados esperados (MARASH, 2000).

## 2.6 SELEÇÃO E GERENCIAMENTO DOS PROJETOS SEIS SIGMA

A seleção de projetos para aplicação do programa Seis Sigma é de fundamental importância para a obtenção dos resultados e ganhos financeiros esperados. As escolhas dos projetos Seis Sigma obedecem algumas premissas que devem ser consideradas.

HARRY & SCHROEDER (2000) consideram que a priorização de projetos Seis Sigma deve considerar três fatores: 1. determinar o valor do projeto para o negócio, pois o programa Seis Sigma deve ser aplicado somente em projetos onde as melhorias causem significativos impactos na performance global das empresas e na sua lucratividade, sendo que os projetos que não diminuem drasticamente os custos não têm mérito como projetos Seis Sigma e os projetos que simplesmente evitam gastos (*cost avoidance*) não devem ser considerados como parte do programa (ANTONY & BAÑUELAS, 2002); 2. considerar a quantidade de recursos requeridos, em virtude do compromisso do projeto para aumentar o nível sigma de um processo e obter ganhos significativos; 3. verificar se o projeto está associado (ou não) com as metas globais do negócio da empresa.

Segundo CARVALHO et al. (2005), os estímulos para a execução de um projeto podem ser tanto oportunidades de mercado como exigências do negócio, impulsionadas por um dos seguintes fatores: 1. demanda de mercado; 2. necessidade do negócio; 3. pedido (ou exigência) de cliente; 4. avanço tecnológico; e 5. exigência legal.

BREYFOGLE III et al. (2001) e BLAKESLEE JR. (1999) citam como indispensável no desenvolvimento de projetos Seis Sigma, a aplicação do método de sucesso utilizado na General Electric, que é a elaboração de uma lista de características críticas à qualidade ou *CTQ (Critical to Quality)* que são os requisitos de desempenho definidos pelo cliente para um produto ou serviço. O *CTQ* deve ter duas características básicas: ser mensurável e ter a especificação



com tolerância permissível. Na Figura 2.4 é ilustrado o processo de definição dos CTQ.



FIGURA 2.4 – DEFINIÇÃO DOS CTQ (BLAKESLEE JR., 1999)

De acordo com BREYFOGLE III et al. (2001), as metas estratégicas da empresa e o refinamento para o processo de seleção dos projetos seguem os seguintes critérios: 1. disponibilidade de dados e recursos; 2. tempo estimado de execução; 3. identificação e definição adequada do problema; 4. retorno esperado; 5. probabilidade de sucesso e apoio de metas estratégicas.

A experiência dos profissionais envolvidos com o Seis Sigma também evidenciou que existem três critérios para a seleção adequada dos projetos (RAISINGHANI et al., 2005): 1. critérios para obtenção de lucros nos negócios, que avaliam o impacto no atendimento das exigências dos clientes, os ganhos financeiros e a identificação de competências na empresa para a execução dos projetos; 2. critérios de viabilidade, que analisam os recursos exigidos, as técnicas e ferramentas disponíveis na empresa para a implantação dos projetos; e ainda, 3. critérios de impacto organizacional, pelos quais são percebidos os eventuais

benefícios obtidos com a realização dos projetos. LYNCH et al. (2003) apresentam as características de um projeto Seis Sigma com chances de sucesso. A Tabela 2.6 apresenta as características dos projetos Seis Sigma, que devem associar as prioridades do negócio com as estratégias das organizações.

TABELA 2.6 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETOS SEIS SIGMA

<b>Problemas críticos dos projetos Seis Sigma</b>	<b>Fatores determinantes dos projetos Seis Sigma</b>
Estar claramente associado com as prioridades do negócio.	Estar associado com os planos estratégicos e operacionais.
O problema deve ser considerado da maior importância para a organização.	Representar melhoria na performance do processo e permitir ganhos financeiros anuais.
O projeto deve ser realizável entre 3 a 6 meses.	O projeto não pode ter um escopo muito amplo, pois demanda muito tempo.
Definir medidas quantitativas claras de sucesso.	Valor de referência, metas e melhoria da performance esperada do processo devem ser definidas quantitativamente.
A importância do projeto deve ser comunicada para toda a organização.	As pessoas devem apoiar os projetos se entenderem como importante para a organização.
O projeto deve ter o suporte e a aprovação da administração.	O suporte é indispensável para conseguir recursos, remover barreiras e garantir o projeto ao longo do tempo.

FONTE: LYNCH ET AL. (2003)

Segundo SNEE (2000), os projetos Seis Sigma devem ser direcionados apenas para os problemas cuja solução não é conhecida. Isso está intimamente associado ao conceito de que o programa, em face da capacidade de solução de

problemas, só deve ser usado em problemas crônicos ou estratégicos. Na Tabela 2.7 estão relacionadas - como exemplo - algumas oportunidades de projetos.

TABELA 2.7 – FONTES DE OPORTUNIDADES DE PROJETOS SEIS SIGMA

<b>Problemas</b>	<b>Oportunidades</b>
O conceito de "fábrica escondida"	Revisão de todos os processos
Pontos de desperdícios	Análise crítica e quantitativa dos processos de produção
Produtos com grandes déficits	Revisão nos custos
Produtos de alto volume e com problemas de produção	Reavaliação do sistema produtivo (máquinas, pessoal, etc.)
Clientes com grandes impactos financeiros	Alocação de pessoal exclusivo para a conta do cliente
Dificuldades para atingir os CTQ	Estudo da utilização das técnicas e ferramentas estatísticas

*FONTE: SNEE (2000)*

ZINKGRAF (1998) afirma que um projeto Seis Sigma deve representar uma ruptura em termos de melhorias na performance dos processos e significativo resultado global para as organizações, pois a determinação do impacto do projeto é de responsabilidade da área financeira. Essa também é uma das diferenças do programa Seis Sigma em relação a maioria das abordagens de melhorias que existem, uma vez que o impacto financeiro é identificado para cada projeto pela área financeira.

SMITH & ADAMS (2000) afirmam que as idéias dos projetos podem advir de quaisquer fontes, tais como: auditorias de processo, pesquisas e sugestões de empregados ou clientes, *benchmark* e extensões de projetos existentes. Contudo,

existem algumas organizações que se deparam com a dificuldade de identificar projetos de alto impacto e ganhos econômicos elevados. Segundo SNEE (2000), existem características de projetos Seis Sigma a serem evitados e barreiras a serem superadas pelas equipes que estão trabalhando com o Seis Sigma. A Tabela 2.8 mostra uma relação de projetos inviáveis, suas barreiras e causas.

TABELA 2.8 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETOS INVIÁVEIS NO PROGRAMA SEIS SIGMA

<b>Projetos inviáveis</b>	<b>Barreiras</b>	<b>Causas</b>
Objetivos obscuros	Equipe não está apoiada pela administração	Ausência de <i>Champions</i> e falta de reuniões com os <i>Blacks Belts</i>
Métricas subjetivas	Escopo de projeto muito amplo	Equívoco na definição das metas específicas dos projetos
Inexistência de associações com aspectos financeiros	<i>Black Belt</i> e equipe com pouco tempo para dedicar ao projeto	Disfunção na elaboração dos benefícios financeiros pretendidos
Escopo muito amplo	Objetivos do projeto sem importância para a organização	Erro na escolha do projeto
Inexistência de plano estratégico	Sem métricas claras de sucesso	Falta de relação com a administração
Solução mal identificada	Equipe muito grande	Equipes com mais de 4 ou 6 integrantes
Elevado número de objetivos	Equipe não treinada ou sem envolvimento	Falha na coordenação dos projetos

FONTE: SNEE (2000)

BREYFOGLE III et al. (2001) destacam que a garantia para a consolidação e êxito nos projetos Seis Sigma necessita do apoio incondicional das pessoas certas para atingir resultados reais. No caso das empresas que conseguem sucesso com o desdobramento das técnicas do Seis Sigma, a participação dos *Black Belts* que trabalham em tempo integral na execução dos projetos é apontada como fator determinante, pois tais funcionários são os líderes dos projetos e necessitam de outros profissionais que busquem atingir resultados significativos e tenham prioridades alinhadas com as metas estratégicas dos projetos.

Assim, a experiência dos profissionais envolvidos com o programa Seis Sigma evidenciou que existem três critérios para a seleção adequada dos projetos (RAISINGHANI et al., 2005): 1. critérios para obtenção de lucros nos negócios, que avaliam o impacto no atendimento das exigências dos clientes, os ganhos financeiros e a identificação de competências na empresa para a execução dos projetos; 2. critérios de viabilidade, que analisam os recursos exigidos, a complexidade e as técnicas e ferramentas disponíveis na empresa para a implantação dos projetos; e 3. critérios de impacto organizacional, pelos quais são vislumbrados os eventuais benefícios que serão obtidos com a realização dos projetos.

## **2.7 UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS DE MELHORIAS E SOLUÇÕES DE PROBLEMAS**

A aplicação do programa Seis Sigma utiliza diversos métodos de melhorias e soluções de problemas, que de uma maneira ordenada, lógica e sistemática empregam um conjunto de ferramentas, técnicas, princípios e regras na definição, elaboração, implementação, mensuração e controle dos projetos denominados Seis Sigma (MUNRO, 2000; GOFFNET, 2004; MALEYEFF & KRAYENVENGER, 2004). Os métodos que apóiam o Seis Sigma estão relacionados na Tabela 2.9 a seguir.

TABELA 2.9 – PRINCIPAIS MÉTODOS DE MELHORIAS DO PROGRAMA SEIS SIGMA  
(CONSTRUÍDA COM BASE EM GOFFNET, 2004 E MALEYEFF & KRAYENVENGER, 2004)

Métodos de Melhorias	Características Principais
<p style="text-align: center;"><b>M/PCpS</b> (Estudo de Caracterização de Processos e Máquinas) ou (<i>Machine/Process Characterization Study</i>)</p>	<p>É um estudo para caracterização e otimização de processos para eliminar a perda de tempo e dinheiro.</p>
<p style="text-align: center;"><b>DMAIC</b></p>	<p>É um método para a identificação e solução de problemas, com os seguintes princípios:</p> <p><i>D – Define</i> (definir); <i>M – Measure</i> (medir); <i>A – Analyze</i> (analisar); <i>I – Improve</i> (melhorar); <i>C – Control</i> (controlar).</p>
<p style="text-align: center;"><b>DFSS</b> (<i>Design for Six Sigma</i>)</p>	<p>É um método para a organização de projeto de produto, com os seguintes princípios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• identificação das especificações do cliente;</li> <li>• desdobramento das especificações;</li> <li>• construção da capacidade e modelagem.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>DMADV</b></p>	<p>É um método (que é mais usado pela GE) que contempla cinco etapas: Definir, Medir, Analisar, Desenhar e Verificar.</p>
<p style="text-align: center;"><b>DMEDI</b></p>	<p>É um método recém criado e que está sendo utilizado em algumas empresas norte-americanas, que também possui cinco etapas: Definir, Medir, Explorar, Desenvolver e Implementar.</p>

Segundo vários autores (PANDE et al., 2000; KLEFSJÖ et al., 2001; BAÑUELAS & ANTONY, 2003; LYNCH et al., 2003; GUPTA, 2005), o método de melhoria denominado DMAIC é o melhor estruturado e o mais utilizado pelas empresas que desejam atingir as metas do programa Seis Sigma.

AGUIAR (2002) afirma que o DMAIC foi desenvolvido com base no PDCA (*Plan* - planejar; *Do* - executar; *Check* - Verificar; *Action* - Agir), que é um método mundialmente conhecido e utilizado para a manutenção, melhoria e inovação de produtos, serviços e processos. A Figura 2.5 ilustra a similaridade existente entre os métodos PDCA e DMAIC.

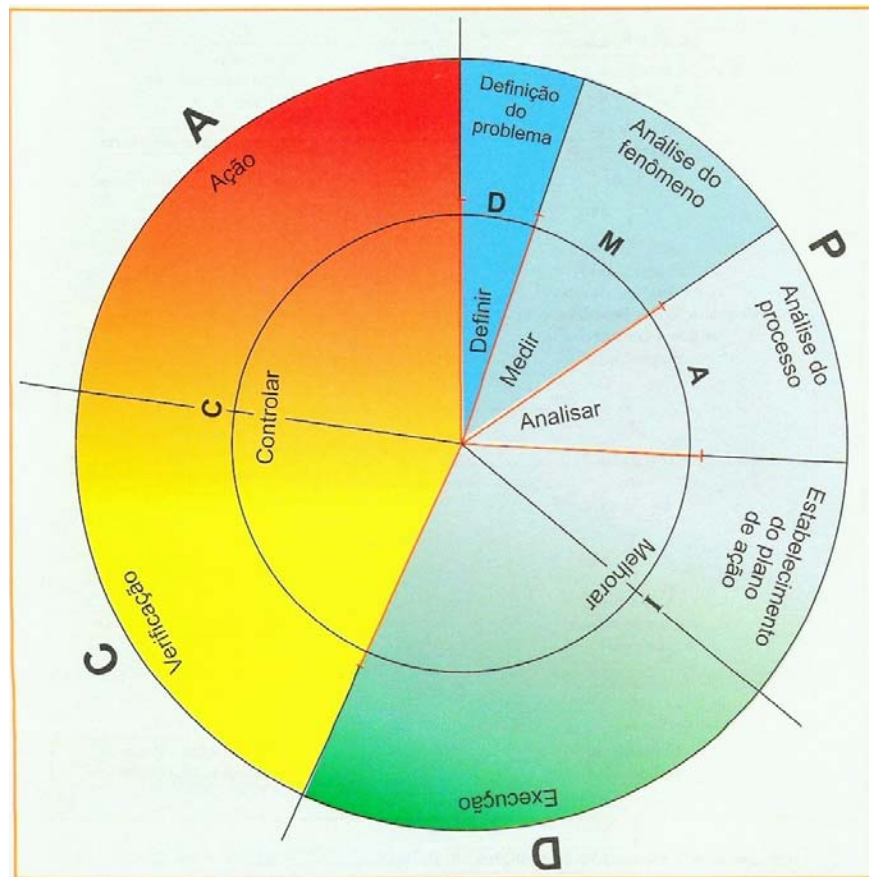


FIGURA 2.5 – COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO PDCA E O DMAIC (AGUIAR, 2002)

De acordo com LINDERMAN et al. (2003), o DMAIC contempla cinco fases e cada etapa do método significa uma ação:

- Definir: é a definição clara e objetiva do projeto compreendendo os CTQ's e os requisitos técnicos;
- Medir: é a identificação das medidas-chave da eficiência e da eficácia transportando tais medidas para o conceito do sigma;
- Analisar: é a determinação das causas dos problemas que precisam de melhorias;
- Melhorar: é a soma das atividades relacionadas com a geração, seleção e implementação de soluções;
- Controlar: é a ação de garantir que as melhorias se sustentem ao longo do tempo.

FALTIN & FALTIN (2003) afirmam que o método DMAIC deve ser utilizado quando um processo ou produto existente não satisfaz as necessidades ou objetivos do cliente, ou ainda apresenta um desempenho insatisfatório.

ROTONDARO et al. (2002) afirmam que o modelo para melhoria de performance, denominado DMAIC, tem as seguintes características:

1. Definir: são identificados os projetos Seis Sigma que serão desenvolvidos na empresa, com o objetivo de satisfazer as expectativas dos clientes em termos de qualidade, preço e prazo de entrega. A habilidade da organização em atender a essa expectativa está intimamente ligada à variação de seus processos (se refere a qualquer tipo de processo, abrangendo tanto os administrativos ou transacionais, como os de serviços, vendas e manufatura), como destacado por BEHARA et. al. (1995).



Como a variação dos processos tem um impacto direto nos resultados financeiros da empresa em termos de custo, tempo de ciclo e número de defeitos, falhas e erros que afetam a satisfação do cliente, a identificação de projetos Seis Sigma permite à organização reconhecer como os seus processos afetam sua lucratividade, e permite definir quais desses processos são críticos para o negócio da empresa (LYNCH et al., 2003).

2. Medir: abrange ações relacionadas à mensuração do desempenho de processos e à quantificação das suas variações. Através do consenso entre os integrantes da equipe Seis Sigma da empresa, são identificadas as variáveis de entrada e saída dos processos (LYNCH et al., 2003).

Segundo EDGEMAN et al. (1999), para assegurar os resultados esperados nesta fase, são utilizadas práticas básicas como, por exemplo: as métricas Seis Sigma, a Análise de Sistemas de Medição (MSA), a Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA) e o Desdobramento da Função Qualidade (QFD), entre outras.

3. Analisar: é a fase que analisa os dados relativos aos processos estudados, com o objetivo principal de se conhecer as relações causais e as fontes de variações e de desempenho insatisfatório dos processos, visando a melhoria destes mesmos processos (HAHN et al., 2000).

De acordo com ECKES (2001), nessa etapa as práticas utilizadas incluem a visualização de dados, testes de hipótese, análise de correlação e regressão, e análise de variância.

4. Melhorar: consiste, fundamentalmente, no desenvolvimento do Planejamento de Experimentos (DOE), com o objetivo de se conhecer a fundo cada processo, através da mudança estrutural de níveis de operação de diversos fatores, simultaneamente, ao processo em estudo (LYNCH et al., 2003).

BARNEY (2002) afirma que a informação obtida com o DOE auxilia a identificar o ajuste das variáveis-chaves para modificar e otimizar os processos.

5. Controle: nessa fase são implementados diversos mecanismos para monitorar continuamente o desempenho de cada processo (HAHN et al., 2000).

YOUNG (2001) enfatiza que dentre as práticas adotadas nesta fase destacam-se as seguintes: Cartas de Controle, Planos de Controle, Testes de Confiabilidade e Processos à Prova de Erros.

Na busca de obter uma solução mais eficaz para desenvolver a fase de controle, a General Electric desenvolveu o *Design For Six Sigma* (DFSS). Segundo WERKEMA (2002b), os princípios básicos do DFSS são:

- a) Identificação das especificações dos clientes através das características críticas da qualidade (*CTQ's*) e de outras necessidades do cliente ou de um novo produto ou processo;
- b) Desdobramento (ou *flow-down*) das especificações, que são as necessidades dos clientes gradualmente desdobradas em especificações para o projeto funcional, o projeto detalhado e as variáveis de controle do processo produtivo;
- c) Construção (ou *flow-up*) da capacidade, que é a verificação da capacidade do produto ou processo satisfazer às especificações determinadas. Havendo a constatação da capacidade (do processo ou produto), existe a possibilidade de eventuais ajustes quanto a objetivos conflitantes no desenvolvimento do projeto;
- d) Modelagem, que são as relações dos princípios *flow-down* e *flow-up* estabelecidas por meio de modelos, que podem ser estruturados em modelamentos físicos (por exemplo, estudos termodinâmicos com reações químicas), simulação (exercícios combinados ou ensaiados previamente, como a montagem de um *display* e a análise do comportamento ergonômico dos

envolvidos no processo), empíricos (aplicações de DOE, por exemplo), ou ainda, a combinação dos três tipos de modelos.

Assim, a importância do DFSS é prever a qualidade do projeto e direcionar a medição e a melhoria da previsibilidade durante as primeiras fases do projeto, ou seja, é uma forma mais eficiente e menos custosa para conseguir a qualidade e atingir os requisitos dos clientes (BERRYMAN et al., 2002; HUBER & LAUNSBY, 2002).

HARRY & SCHROEDER (2000) asseguram que quando um produto ou processo ainda não existe e requer desenvolvimento, ou ainda, quando um produto ou processo existente apresenta um desempenho não desejado e que requer uma reformulação total, poderá ser empregado o método DMADV, que compreende as seguintes etapas: Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Projetar (*Design*) e Verificar (*Verify*). Segundo WERKEMA (2002b), o método DMADV é mais utilizado pela General Electric.

As atividades em cada etapa do DMADV, sempre que possível, devem ser realizadas simultaneamente e não seqüencialmente (BERRYMAN et al., 2002). Essa característica contribui para reduzir o prazo de conclusão do projeto, além de favorecer a integração entre os membros da equipe.

O rigor no cumprimento das etapas do método pode ser avaliado por meio dos *tollgates* (utilização das técnicas e ferramentas) que, portanto, permitem que os *Sponsors* e *Champions* monitorem em detalhes e com segurança, o desenvolvimento do projeto (WERKEMA, 2002b). Portanto, a adoção de um método de melhoria ou solução de problemas com a finalidade de sustentar o programa Seis Sigma é recomendada visando assegurar a conquista dos objetivos propostos. Contudo, a exemplo dos métodos de melhorias, a utilização das ferramentas e técnicas (mais conhecidas como “ferramentas da qualidade”) associadas ao Seis Sigma também apóia a sustentação do programa.

## 2.8 INTEGRAÇÃO DAS TÉCNICAS E FERRAMENTAS NO PROGRAMA SEIS SIGMA

Considerando que o programa Seis Sigma estuda as variações dos processos e busca soluções para os problemas que causam essas inconstâncias, a melhor maneira de comprovar a existência das variações é estabelecer métodos confiáveis de medidas, ou seja, avaliar a capacidade dos processos com técnicas e ferramentas apropriadas (HARRY, 1998).

BYRNE & NORRIS (2003) afirmam que a validade das análises relativas ao desempenho dos processos depende da validade dos dados. Portanto, é essencial que o sistema de medição seja adequado, pois se todas as medidas realizadas em um sistema sob condições estáveis estão próximas do valor verdadeiro da característica, diz-se que a qualidade dos dados é alta. Da mesma forma, se algumas (ou todas) das medidas estão longe do valor padrão, então a qualidade dos dados é baixa (PEREZ-WILSON, 1999).

Uma das razões mais comuns de dados com baixa qualidade é a grande variação (erro) nas medidas realizadas. Muito da variação em um conjunto de medições é devido à interação entre o sistema de medição e seu meio ambiente. Se a interação gera muita variação, então a qualidade dos dados pode ser tão ruim que os dados se tomam inúteis, visto que a variação dos dados pode mascarar a variação do processo produtivo (HAN & LEE, 2002). Um sistema ideal de medição produziria somente medidas corretas, todas as vezes que fosse utilizado e um sistema de medição que produzisse medições desse tipo teria propriedades estatísticas de variância zero, tendência zero e probabilidade zero de classificação errônea de qualquer produto que ele medisse (HUNTER & SCHMITT, 1999).

Assim, a qualidade de um sistema de medição é em geral determinada unicamente pelas propriedades estatísticas dos dados que ele produz. Outras propriedades como custo, facilidade de uso, entre outras são também importantes por contribuírem para a conveniência geral de um sistema de medição, mas a

qualidade de um sistema é determinada pelas propriedades dos dados produzidos (LYNCH et al., 2003).

Segundo FOLARON (2003), pode ser exigido que cada sistema de medição tenha diferentes propriedades estatísticas, mas algumas delas, todos os sistemas de medição devem possuir, como por exemplo:

1. O sistema de medição deve estar sob controle estatístico;
2. A variação do sistema de medição deve ser pequena em comparação com a variação do processo de manufatura;
3. A variação do sistema de medição deve ser pequena se comparada com os limites de especificação;
4. Os incrementos de medida devem ser pequenos em relação à variação do processo ou aos limites de especificação.

NEUSCHELER-FRITSCH & NORRIS (2001) afirma que as propriedades estatísticas do sistema de medição podem mudar à medida que variem os itens que estão sendo medidos. Se isso ocorrer, a maior (pior) variação do sistema de medição deve ser pequena quando comparada com a variação do processo ou aos limites de especificação.

Os sistemas de medição podem ser analisados quanto à (MOHANTY, 1997):

- Estabilidade: variação nas medições obtidas com o sistema de medição medindo uma única característica na mesma peça ou padrão ao longo de um extenso período de tempo;
- Tendência: diferença entre a média observada e o valor de referência;

- Linearidade: desempenho do sistema de medição ao longo de toda sua faixa de uso;
- Repetitividade: variação das medidas obtidas com um dispositivo de medição quando usado várias vezes por um operador medindo a mesma característica na mesma peça;
- Reprodutibilidade: variação média das medidas feitas por diferentes operadores utilizando o mesmo dispositivo de medição e medindo característica idêntica nas mesmas peças.

Segundo HUNTER & SCHMITT (1999), a maioria dos sistemas de medição estão inseridos nas funções das chamadas “ferramentas da qualidade”. A utilização das técnicas e ferramentas no programa Seis Sigma não é fato novo, mas a abordagem no programa pode acrescentar considerável valor a elas, pois dissemina um vocabulário de métricas e ferramentas uniformizado em toda a organização e ainda, formaliza o uso de ferramentas estatísticas, evitando-se empregá-las isolada e individualmente em aplicações distintas.

De acordo com WATSON (2001), o Seis Sigma intensifica a necessidade de entender e reduzir as variações, em vez de somente estimá-las. Assim, o programa exige que na medida do possível tudo seja quantificado, mesmo situações intangíveis, como a percepção do cliente e, dessa forma, salienta uma abordagem baseada em dados para o gerenciamento e não apenas sentimentos ou intuição (HAHN et al., 2000).

WIPER & HARRISON (2000) também afirmam que no Seis Sigma são usadas ferramentas estatísticas conhecidas, na busca da eliminação de defeitos ao longo de todos os processos da empresa. No entanto, sua abordagem e forma de implementação são únicas e realmente trazem benefícios, o que justifica os resultados obtidos com a aplicação do programa. Apesar de não existir uma abordagem única ou recomendação de quais são as ferramentas estatísticas

necessárias a cada uma das etapas dos métodos de melhoria e solução de problemas (por exemplo: DMAIC, DFSS, entre outros) utilizados no Seis Sigma (HARRY & SCHROEDER, 2000) são apresentadas no ANEXO I uma relação das ferramentas e técnicas que podem ser aplicadas no programa.

Assim, o uso concomitante de um dos métodos de solução de problemas existentes e a escolha adequada das ferramentas e técnicas oferecem sustentação ao programa Seis Sigma nas empresas (BAÑUELAS & ANTONY, 2002; MALEYEFF & KRAYENVENGER, 2004). Portanto, o êxito do Seis Sigma se dá através da validade das análises relativas ao desempenho do processo, que depende da credibilidade dos dados coletados e da capacidade das ferramentas e técnicas mensurarem com exatidão o que se pretende avaliar (HENDRICKS & KELBAUGH, 1998). Quanto à utilização das ferramentas e técnicas estatísticas no programa Seis Sigma, apesar de não ser novidade, a abordagem e a maneira como são aplicadas podem avaliar a sustentação do programa e permitir que os benefícios obtidos sejam perpetuados (MCADAM & LAFFERTY, 2004).

Segundo HONG & GOH (2003), além da escolha e utilização dos métodos de melhoria e soluções de problemas, bem como das técnicas e ferramentas aplicadas no desenvolvimento de projetos Seis Sigma é indispensável o uso regular de um *software* estatístico para armazenar e dar o tratamento indicado aos dados coletados nas diferentes etapas dos métodos de melhorias empregados no programa Seis Sigma. A potencialidade desse *software* deve ser extensa e abrangente, por isso, é pouco provável que se encontre um produto que atenda a todas as necessidades que se possui.

De acordo com HAN & LEE (2002), atualmente o *software* estatístico mais utilizado (cerca de 80 países, mais de 30 mil empresas, 4.000 universidades em todo o mundo) pelos profissionais envolvidos no Seis Sigma é o Minitab® que provê análises gráficas e estatísticas, possuindo uma configuração independente, não se restringindo às limitações de nenhum aplicativo e que fornece o mais

complexo conjunto de ferramentas de controle de processos para identificação de problemas, análise específica de dados e decisões baseadas em informação.

## **2.9 BENEFÍCIOS DO PROGRAMA SEIS SIGMA**

Os benefícios do Seis Sigma são os principais atrativos que despertam o interesse das empresas pelo programa (KLEFSJÖ et al., 2001). Entretanto, para avaliar concretamente cada benefício obtido com a implantação do Seis Sigma são necessários levantamentos de dados por meio de pesquisas junto às empresas que aplicam o programa ou que estas organizações evidenciem suas conquistas por intermédio de informações confiáveis, como balanços, cartas aos acionistas ou divulgação na imprensa especializada (HOERL, 1998).

Os principais benefícios da aplicação do programa Seis Sigma são (BLAKESLEE JR.,1999; SNEE, 2000; YOUNG, 2001; HAN & LEE, 2002; ARNHEITER & MALEYEFF, 2005):

1. Busca da melhoria contínua dos processos;
2. Conquista da satisfação dos clientes através da melhor compreensão dos requisitos exigidos;
3. Pleno entendimento das entradas críticas dos processos, necessárias para responder as alterações nas exigências e especificações definidas;
4. Aprimoramento da qualidade e ganhos no fluxo do processo;
5. Aumento da produtividade e redução de tempos de ciclo;
6. Aumento da capacidade produtiva e da confiabilidade dos produtos;
7. Redução dos defeitos, dos custos e de desperdícios;



8. Eliminação de atividades que não agregam valor ao processo e a maximização dos lucros.

Contudo, como afirmado anteriormente, cabe sempre a constatação da extensão dos ganhos obtidos. Na Tabela 2.10 são apresentados alguns casos onde os benefícios com a implantação do Seis Sigma foram evidenciados.

Além dos exemplos mencionados, o caso que ganhou maior visibilidade foi o da General Electric (EUA) que se tornou um *benchmark* no assunto, pois a empresa investiu US\$ 450 milhões na implementação do Seis Sigma, em 1996, e apurou a obtenção de ganhos da ordem de US\$ 1,5 bilhões três anos depois (HENDERSON & EVANS, 2000). Outro caso que também ganhou destaque foi o da empresa Dow Chemicals (EUA) que em um curto espaço de tempo - apenas três anos - obteve em 1999, US\$ 1,5 bilhões de ganhos, estimulando outras unidades do grupo a incorporarem o programa, independente do produto fabricado ou da área funcional da empresa (MOTWANI et al., 2004).

TABELA 2.10 – RESULTADOS OBTIDOS COM O PROGRAMA SEIS SIGMA

<b>Empresa</b>	<b>Período</b>	<b>Resultados Obtidos</b>
Motorola	1987 a 1994	Redução do nível de defeitos; Redução dos custos de manufatura (US\$ 1,4 bilhão); Aumento da produtividade (produção por empregado) em 126%; Aumento da participação no mercado e valorização das ações da empresa.
Allied Signal	1992 a 1996	Crescimento de mercado de 14% em período quadrimestral; Redução dos custos de manufatura (US\$ 1,4 bilhão); Redução do "lead time" de produção em 24%; Redução do tempo de introdução de novos produtos de 16%.
General Electric	1996 a 2000	Redução de custos de produção acima de US\$ 1 bilhão; Estimativa de redução de US\$ 6,6 bilhões até o final de 2000.

FONTE: HARRY & SCHROEDER (2000)

No Brasil, o caso mais conhecido é o do Grupo Brasmotor, tanto por ter sido a primeira empresa a aplicar o Seis Sigma no país com tecnologia nacional, quanto por ter conseguido auferir em 1999 - dois anos após a implementação do programa - ganhos da ordem de R\$ 20 milhões (WERKEMA, 2002b).

## 2.10 LEVANTAMENTOS REALIZADOS EM 2002 E 2004

Antes do presente estudo foram realizados outros dois levantamentos sobre a aplicação do programa Seis Sigma no Brasil. O trabalho de WERKEMA (2002a) foi publicado pela revista Banas Qualidade, com o título “*Report Seis Sigma*”, e enviou questionário para 25 empresas brasileiras obtendo uma taxa de retorno de 44%, ou seja, com 11 empresas participantes. O outro levantamento, FALANDO DE QUALIDADE (2004) foi editado pela Editora EPSE, com o título “*A Realidade do Seis Sigma no Brasil*”. A realização do trabalho estabeleceu 986 contatos que constavam no banco de dados da empresa e foi possível enviar *e-mails* para 795 contatos, visto que 191 retornaram. Somados os respondentes que efetivamente preencheram o questionário por *e-mail* e aqueles que fizeram contatos por telefone, foram coletadas 100 respostas efetivas, mas apenas 8 empresas utilizavam o programa Seis Sigma. A Tabela 2.11 apresenta as características principais dos dois levantamentos.

TABELA 2.11 – LEVANTAMENTOS REALIZADOS SOBRE SEIS SIGMA

<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>Instrumento de Coleta de Dados</b>	<b>Número de Questões</b>	<b>Taxa de Retorno</b>
<i>Report Seis Sigma</i>	2002	Questionário (via correio)	39	44%
A Realidade do Seis Sigma no Brasil	2004	Questionário Eletrônico	22	8%

Destaca-se que os dois levantamentos apresentados serão usados - no Capítulo 3 - como comparação metodológica em relação ao presente trabalho e ainda, - no Capítulo 4 - como base na análise dos dados encontrados com a realização deste estudo.

### 2.11 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Considerando que um dos objetivos do presente trabalho é ampliar o conhecimento sobre a aplicação do programa Seis Sigma no Brasil é apresentada na Tabela 2.12 uma síntese da revisão bibliográfica sobre Seis Sigma, com o intuito de facilitar a compreensão sobre as diferentes abordagens dadas pelos autores.

Trata-se também da citação de publicações (artigos e livros, sendo que os livros estão indicados nas tabelas com asterisco \*) que compuseram as principais definições e explicações sobre Seis Sigma utilizadas neste trabalho e que estão dispostas cronologicamente.

*TABELA 2.12 – SÍNTESE DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE SEIS SIGMA*

<b>Abordagem</b>	<b>Autores (Ano de Publicação)</b>
Conceito teórico	Behara et al. (1995); Blakeslee Jr. (1999); Perez-Wilson (1999)*; Barney (2002).
Visão geral	Mcfadden (1993); Behara et al. (1995); Hahn et al. (2000); Harry & Schroeder (2000)*; Pande et al. (2000)*; Snee (2000), Wyper & Harrison (2000); Breyfogle III et al. (2001)*; Eckes (2001)*; Ingle & Roe (2001); Nave (2002); Cooper & Noonan (2003); Linderman et al. (2003); Antony (2004); Bañuelas & Antony (2004); Goh & Xie (2004); Mcadam & Lafferty (2004); Motwani et al. (2004); Pfeifer et al. (2004); Wessel & Burcher (2004); Arnheiter & Maleyeff (2005).

TABELA 2.12 – SÍNTESE DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICASOBRE SEIS SIGMA (CONTINUAÇÃO)

Abordagem	Autores (Ano de Publicação)
Implementação do programa Seis Sigma	Behara et al. (1995); Chandler (1998); Hendricks & Kelbaugh (1998); Blakeslee Jr. (1999); Henderson & Evans (2000); Munro (2000); Wiper & Harrison (2000); Neuscheler-Fritsch & Norris (2001); Young (2001); Watson (2001); Barney (2002); Cochrane & Gupta (2002); Han & Lee (2002); Byrne & Norris (2003); Faltin & Faltin (2003); Antony (2004); Bañuelas & Antony (2004); Mcadam & Lafferty (2004); Motwani et al. (2004); Gupta (2005); Raisinghani et al. (2005).
Seleção e capacitação dos profissionais	Behara et al. (1995); Hoerl (1998); Hahn et al. (2000); Henderson & Evans (2000); Marash (2000); Hoerl (2001); Cochrane & Gupta (2002); Han & Lee (2002); Lucas (2002); Werkema (2002b)*; Cooper & Noonan (2003).
Seleção e gerenciamento de projetos	Zinkgraf (1998); Blakeslee Jr. (1999); Harry & Schroeder (2000)*; Smith & Adams (2000); Snee (2000); Breyfogle III et al. (2001)*; Bañuelas & Antony (2003); Lynch et al. (2003); Raisinghani et al. (2005).
Métodos de melhorias e soluções de problemas	Edgeman et al. (1999); Hahn et al. (2000); Harry & Schroeder (2000)*; Munro (2000); Pande et al.(2000)*; Eckes (2001)*; Klefsjö et al. (2001); Young (2001); Aguiar (2002)*; Barney (2002); Berryman et al. (2002); Huber & Launsby (2002); Rotondaro et al. (2002)*; Werkema (2002b); Bañuelas & Antony (2003); Faltin & Faltin (2003); Linderman et al. (2003); Lynch et al. (2003); Thevnin (2004); Gupta (2005).
Integração de técnicas e ferramentas	Mohanty (1997); Harry (1998); Hendricks & Kelbaugh (1998); Hunter & Schmitt (1999); Perez-Wilson (1999)*; Harry & Schroeder (2000)*; Wiper & Harrison (2000); Klefsjö at al. (2001); Neuscheler-Fritsch & Norris (2001); Watson (2001); Bañuelas & Antony (2002); Han & Lee (2002); Byrne & Norris (2003); Hong & Goh (2003); Folaron (2003); Lynch et al. (2003); Maleyeff & Krayenvenger (2004); Mcadam & Lafferty (2004).
Benefícios Alcançados	Blakeslee Jr. (1999); Harry & Schroeder (2000)*; Henderson & Evans (2000); Snee (2000); Young (2001); Han & Lee (2002); Werkema (2002b)*; Motwani et al.(2004); Arnheiter & Maleyeff (2005).

Cabe destacar ainda, que existe relativamente pouca literatura sobre Seis Sigma publicada em português, sendo que até o momento foram editados no país apenas seis livros que abordam o assunto. Nos congressos técnicos realizados no Brasil e nos periódicos acadêmicos já são encontrados - ainda que em número reduzido - artigos de relevantes contribuições para a divulgação e entendimento sobre o assunto. Contudo, lamenta-se que parte considerável dos artigos que foram publicados na imprensa nacional tem tendência comercial e ufanista a respeito dos benefícios do programa.

No próximo capítulo são apresentados os métodos e técnicas de pesquisa utilizados neste trabalho.

## **CAPÍTULO 3. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA**

Este capítulo apresenta os conceitos e as definições teóricas relativas aos métodos de pesquisa, ou seja, a estratégia e o tipo de pesquisa, métodos e técnicas, e instrumentos de coletas de dados adotados no trabalho. Também são apresentados o desenvolvimento do instrumento de coleta de dados e os procedimentos empregados na condução do levantamento (pesquisa de campo) e na análise dos resultados obtidos neste estudo.

Considerando que o objetivo específico deste trabalho é ampliar o conhecimento sobre a aplicação do programa Seis Sigma em empresas instaladas no Brasil será dado - neste capítulo - maior ênfase nas explicações e justificativas a respeito da utilização do questionário, pois foi o recurso de pesquisa adotado com a intenção de atingir o objetivo proposto.

### **3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS DA PRESENTE PESQUISA**

Segundo DEMO (2000), a pesquisa é uma atividade cotidiana, ou seja, uma atitude, um “questionamento sistemático crítico e criativo, mais a intervenção competente na realidade, ou o diálogo crítico permanente com a realidade em sentido teórico e prático”. Assim, a pesquisa é um conjunto de ações propostas visando encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos. Em resumo, pesquisar significa, de forma bem simples, procurar respostas para indagações propostas (SILVA & MENEZES, 2001).

De acordo com GIL (1999), existem várias formas de classificar as pesquisas: quanto a natureza (básica e aplicada); do ponto de vista da abordagem do problema (quantitativa e qualitativa); de acordo com seus objetivos (exploratória, descritiva e explicativa); segundo procedimentos técnicos (bibliográfica, documental, experimental, levantamento, estudo de caso, pesquisa

*expost-facto*, pesquisa-ação e pesquisa participante). Nesse sentido, é relevante abordar a classificação das pesquisas existentes e justificar a razão da escolha para o tipo de pesquisa que foi utilizada no presente trabalho, feito a seguir.

### **3.1.1 TIPO DA PESQUISA**

Segundo SANTOS (2002), quando a pesquisa é classificada de acordo com seus objetivos (exploratória, descritiva e explicativa) as fontes para obtenção dos dados podem ser encontrados na pesquisa bibliográfica, em laboratório ou no campo. Assim, a pesquisa é de campo quando o estudo se realiza onde acontece o fato ou o fenômeno e a coleta de dados pode se dar por observação direta, por um levantamento ou por meio de um estudo de caso.

MALHOTRA & GROVER (1998) e BABBIE (1999) afirmam que, se a pesquisa de campo se realizar por meio de um levantamento, o estudo pode ser denominado como uma *survey*, que é a pesquisa que busca a informação diretamente com um grupo de interesse a respeito dos dados que se deseja obter e trata-se de um procedimento viável, especialmente em pesquisas exploratórias e descritivas, que normalmente é aplicado com um dos seguintes instrumentos: formulário, entrevista ou questionário.

O presente trabalho visa compreender o comportamento de uma amostra relativamente grande inserida numa população sobre um determinado assunto e busca as informações desejadas diretamente com o grupo de interesse, utilizando-se de um instrumento de coleta de dados. Assim, o presente estudo caracteriza-se como uma *survey* ou um levantamento.

FORZA (2002) afirma que existem três tipos de *survey*: exploratória, experimental (explanação ou teste teórico) e descritiva.

Segundo FORZA (2002), uma *survey* exploratória ocorre durante as etapas preliminares do estudo de um fenômeno<sup>7</sup>, onde o objetivo é antecipar uma percepção sobre um tópico e fornecer as bases para uma pesquisa mais aprofundada, ou quando normalmente não existem modelos e nem conceitos de interesse a serem medidos em relação ao fenômeno que é objeto do estudo, como melhor medi-lo ou como descobrir novas facetas do fenômeno em estudo. Posteriormente, uma *survey* exploratória pode ajudar a descobrir ou fornecer evidências preliminares que associem conceitos entre si, e ainda, oferecer contribuição para explorar o limite válido de uma teoria, sendo que este tipo de levantamento também pode ser executado usando-se dados coletados em estudos anteriores (BABBIE, 1999), o que não é o caso do presente trabalho.

FORZA (2002) indica que uma *survey* experimental (ou explanação, ou teste teórico) acontece quando o conhecimento de um fenômeno foi construído numa base teórica usando conceitos bem definidos, modelos e proposições. Neste caso, a coleta de dados é feita com o propósito específico de testar a conformidade dos conceitos desenvolvidos com relação ao fenômeno, por meio de ligações hipotéticas entre os conceitos, e do limite da validade dos modelos. Ainda segundo o autor (FORZA, 2002), uma *survey* descritiva tem o propósito de compreender a importância de um determinado fenômeno e descrever a distribuição do fenômeno numa população considerando que a intenção não é o desenvolvimento da teoria, embora através dos fatos descritos possam ser encontrados subsídios úteis, tanto para a construção da teoria quanto para o refinamento da mesma.

Considerando as citações dos autores mencionados anteriormente, o presente trabalho tem a característica de uma *survey* exploratória-descritiva, pois o Seis Sigma e os aspectos que envolvem sua aplicação no Brasil é um fenômeno de interesse, que merece melhor compreensão, tanto sobre sua

---

<sup>7</sup> Fenômeno: fato de interesse científico, suscetível de descrição ou explicação (SANTOS, 2002).



importância quanto pelas razões que justificam sua adoção por empresas brasileiras, em especial, pela necessidade de aferir se são válidas as informações divulgadas sobre os benefícios, ganhos financeiros e demais indicadores de desempenho obtidos com o programa, ou mesmo para suscitar perspectivas de temas futuros de pesquisa, visando aprofundar o conhecimento sobre o fenômeno (adoção do Seis Sigma).

### **3.1.2 TIPO DA AMOSTRA**

A teoria sobre amostragem em pesquisa científica enfatiza que normalmente é inviável ou impossível para um pesquisador estudar toda uma população. Assim sendo, em geral, para o desenvolvimento de uma pesquisa é retirada uma amostra que possa representar a população que será estudada (LEVIN, 1987).

As amostras podem ser do tipo probabilística (casual), quando a escolha dos elementos da população para formar a amostra é aleatória, ou do tipo não probabilística (não casual), quando a escolha dos elementos da amostra não é feita aleatoriamente (LEVIN, 1987).

Segundo AEKER et al. (1995) e MATTAR (1996), a escolha do uso de uma amostra não probabilística apóia-se nos seguintes argumentos:

1. Dificuldade de usar uma amostragem probabilística, pois não é possível conhecer todos os elementos da população estudada;
2. Riscos de ocorrerem erros na seleção aleatória das empresas, com o uso de técnicas estatísticas;
3. Se tratar de uma pesquisa exploratória que não pretende generalizar os resultados para a população.

Levando-se em consideração que o presente estudo tem por objetivo abranger empresas que utilizam o Seis Sigma no Brasil, justifica-se a adoção de uma amostra não probabilística, em função da dificuldade de utilização de uma amostragem probabilística, pois teria uma grande dificuldade ter os nomes, endereços e demais informações sobre todas as empresas brasileiras. Além disso, existe o risco de que uma seleção aleatória, mesmo que usando técnicas estatísticas, poderia certamente selecionar empresas que não aplicam o Seis Sigma, o que não se caracterizaria como o escopo do presente estudo.

De acordo com MATTAR (1996), uma amostra do tipo não probabilística (não aleatória) pode se caracterizar como intencional, se a seleção dos elementos da população que compõem a amostra dependerem - pelo menos em parte - do julgamento do pesquisador.

Considerando a argumentação anterior, o tipo de amostra utilizada neste trabalho se caracteriza como uma amostragem do tipo não probabilística (não aleatória) e intencional e foi definida a partir da identificação das empresas que aplicam o programa, utilizando fontes variadas, tais como:

1. Revistas especializadas nas áreas de qualidade e gestão;
2. Participação em cursos e seminários sobre Seis Sigma;
3. Busca nos *sítes* de empresas, com a finalidade de confirmar se as mesmas aplicam o Seis Sigma em suas atividades;
4. Levantamento junto às empresas de consultoria que prestam serviços na implementação do Seis Sigma;
5. Consultas aos fóruns e entidades associativas que reúnem empresas que utilizam o programa.

Na elaboração do presente levantamento também foi utilizado o critério do julgamento para selecionar a população, em virtude da convicção do pesquisador de que as empresas contatadas eram fontes de informações confiáveis e precisas para integrarem a amostra, tendo como base as fontes citadas anteriormente.

Outra consideração importante que reforça a escolha de uma amostra não probabilística neste trabalho é a limitação de recursos financeiros, materiais e humanos necessários para atingir a abrangência pretendida e ainda, pela viabilidade operacional requerida para a conquista de resultados satisfatórios. Após a definição do tipo de amostra a ser empregada no trabalho, foi definido o instrumento para a coleta de dados.

### **3.1.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**

De acordo com FORZA (2002), na realização de uma *survey* exploratória-descritiva podem ser utilizados três tipos de instrumento de coleta de dados: entrevistas, formulários e questionários. Tais técnicas de coleta de dados possuem as seguintes características (OLIVEIRA, 1997):

1. Entrevistas: caracteriza-se pela existência de um entrevistador que estabelece o contato com o entrevistado (por telefone ou pessoalmente), sendo que as entrevistas podem variar em:
  - a. Padronizadas ou estruturadas: que são feitas em formulários padronizados sem a possibilidade do entrevistador alterar a ordem ou o conteúdo das perguntas e que são normalmente, do tipo questões fechadas;
  - b. Despadronizadas ou não estruturadas: nas quais os formulários utilizam questões abertas e o entrevistador pode formular novas perguntas e liberar o entrevistado para falar à vontade sobre o tema pesquisado;

- c. Painel: é uma técnica que realiza as entrevistas repetidamente (em períodos pré-definidos) com os mesmos elementos da amostra e com o mesmo conteúdo das questões, visando aferir o comportamento (mudanças, evoluções, etc.) do tema pesquisado.
2. Formulários: é um conjunto de questões utilizadas em entrevista pessoal, ou seja, pelo contato face a face com o entrevistado;
3. Questionários: é um instrumento de coleta de dados que contempla um conjunto de perguntas ordenadas, que possibilitam ao entrevistado responder as questões sem a interferência do entrevistador, pois pode ser enviado ao respondente pelo correio, fax ou rede eletrônica. Segundo MATTAR (1996), o questionário oferece a racionalização do tempo de preenchimento, permite a aplicação da pesquisa simultaneamente para grande número de respondentes e atinge maior abrangência territorial, além de assegurar o caráter de sigilo e possibilitar a privacidade para os respondentes preencherem a pesquisa sem riscos de constrangimentos. Os questionários podem ser de quatro tipos diferentes (MATTAR, 1996):
  - a. estruturado não disfarçado: no qual o respondente sabe qual é o objetivo da pesquisa, o questionário é padronizado e são utilizadas prioritariamente questões fechadas;
  - b. não estruturado não disfarçado: são empregadas questões abertas e o respondente conhece os propósitos da pesquisa;
  - c. não estruturado disfarçado: é um modelo que usa técnicas projetivas (que são associações de idéias, com a possibilidade de completar sentenças ou contar histórias) com o intuito de obter indiretamente as informações, sem que o respondente descubra a intenção da pesquisa;

- d. estruturado disfarçado: aplica o recurso do cruzamento e tabulação de informações no sentido de descobrir indiretamente as informações desejadas.

OLIVEIRA (1997) afirma também que a seleção do instrumento de coleta de dados depende dos objetivos da pesquisa e dos recursos financeiros disponibilizados para a realização do estudo.

Desta maneira, no presente trabalho foi adotado como instrumento de coleta de dados, o questionário, em virtude de atender melhor os objetivos do estudo. As características de um questionário do tipo estruturado não disfarçado se ajustaram adequadamente às abordagens de interesse sobre o assunto pesquisado. Assim, o questionário foi padronizado, sendo utilizadas predominantemente questões fechadas e os respondentes tiveram prévio conhecimento dos objetivos do estudo. Além disso, o instrumento escolhido ofereceu condições financeiras de ser implementado visando a realização do estudo pretendido, e ainda, proporcionou agilidade aos respondentes no preenchimento, viabilizou a aplicação simultânea do levantamento em várias empresas atingindo grande parte do território nacional, além de garantir sigilo e privacidade aos respondentes. Sendo assim, a elaboração do questionário foi feita nas etapas apontadas a seguir.

#### **3.1.4 ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO**

De acordo com BERRY & PARASURAMAN (1992), a construção de um questionário depende principalmente do conhecimento das técnicas de elaboração deste instrumento de coleta de dados. Dessa maneira, o pesquisador deve seguir um método que obedeça as etapas básicas envolvidas no desenvolvimento de um instrumento eficaz. Um questionário deve conter como componentes, os seguintes tipos de informação (MATTAR, 1996):

1. Identificação do respondente: fase em que são colhidos o nome e os dados gerais do respondente (endereço, informações para contato, etc.);
2. Solicitação de cooperação: etapa que é importante motivar o respondente através de uma prévia exposição sobre a entidade que está promovendo a pesquisa e sobre as vantagens que essa pesquisa poderá trazer para a sociedade e em particular para o respondente, se for o caso;
3. Instruções: são as recomendações que devem ser claras e objetivas ao entendimento do respondente;
4. Informações solicitadas: que é efetivamente o objetivo que norteia a realização da pesquisa, ou seja, o questionário deve ter uma redação que sintetize ao respondente qual é de fato o propósito do estudo.

Segundo MATTAR (1996), existem procedimentos adequados para a elaboração de um questionário e que devem seguir as seguintes recomendações:

1. Estabelecer uma ligação com o problema, os objetivos e as hipóteses da pesquisa, a população a ser pesquisada e os métodos de análise de dados escolhidos e/ou disponíveis;
2. Determinar as informações pretendidas com a pesquisa, que devem fluir naturalmente, desde que as etapas precedentes da pesquisa tenham sido meticulosamente elaboradas, pois o desenvolvimento do questionário está ligado à formulação exata do problema a ser pesquisado e ao objetivo da pesquisa;
3. Definir os critérios para a análise dos seguintes aspectos da pesquisa: conteúdo, formulação e seqüência das perguntas, formato das respostas desejadas, apresentação (*lay-out*), e o pré-teste.

MARCONI & LAKATOS (1996) afirmam que a construção de um questionário deriva de um processo de melhoria, fruto de revisões constantes e de análises criteriosas das questões, a fim de garantir se são relevantes, se não são ambíguas ou de difícil entendimento.

No caso particular deste trabalho, a identificação dos respondentes constou da primeira página do questionário e foi elaborada uma lista de dez tópicos visando motivar os participantes a responderem e devolverem o questionário preenchido, além de esclarecer sobre os objetivos da pesquisa. Na elaboração do instrumento de coleta de dados também foram observados os cuidados para que os respondentes compreendessem, por meio das questões, a lógica da relação entre o problema e o objetivo da pesquisa, ou seja, a carência de dados existentes sobre a aplicação do programa Seis Sigma no país e a intenção de ampliar o conhecimento sobre o assunto. Vale registrar ainda, que também foram analisados os questionários utilizados em levantamentos anteriores (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) verificando-se a possibilidade de adaptar e utilizar, no presente estudo, as questões dos trabalhos anteriores.

### **3.1.5 FORMULAÇÃO DAS QUESTÕES**

Segundo CHAGAS (2000), na formulação das perguntas deve-se cuidar para que as mesmas tenham o mesmo significado para o pesquisador e para o respondente, evitando-se assim um erro de interpretação. Sabe-se que a formulação tem efeito sobre as respostas, portanto, é conveniente fazer a formulação das perguntas com as seguintes precauções (GIL, 2002):

1. Usar comunicação simples e palavras conhecidas;
2. Não utilizar palavras ambíguas;
3. Evitar perguntas que sugiram as respostas;

4. Evitar perguntas com conteúdo emocional e/ou sentimento de aprovação ou reprovação;
5. Fazer referências a nomes que impliquem em aceitação ou rejeição ou tenham componente afetivo;
6. Oferecer alternativas implícitas e necessidade do respondente fazer cálculos para responder;
7. Elaborar perguntas de dupla resposta e/ou alternativas longas;
8. Fazer mudanças bruscas de tema (descuidando de ordenar a ligação entre temas diferentes);
9. Evitar vieses involuntários, motivados por reação, visando prestígio por parte do respondente;
10. Zelar para que não ocorram retraimentos defensivos diante de perguntas personalizadas ou a atração exercida pelas respostas positivas.

Neste trabalho foram tomadas as precauções sugeridas pela literatura e adotado - na elaboração do questionário - um vocabulário simples. Quando foram empregados termos e nomenclatura técnica mais complexa (ou em inglês) foi disponibilizado um glossário, com termos geralmente utilizados pelos usuários do programa Seis Sigma, o mesmo ocorrendo com o uso de siglas, as quais também tiveram os significados explicitados.

### **3.1.6 TIPO DE QUESTÕES UTILIZADAS**

Segundo MARCONI & LAKATOS (1996) e MATTAR (1996), existem quatro tipos de questões possíveis de serem utilizadas em um questionário:



1. Questões abertas: nas quais os respondentes ficam livres para responderem com suas próprias palavras, sem se limitarem a escolha entre outras alternativas;
2. Questões fechadas dicotômicas: apresentam apenas duas opções de respostas, de caráter bipolar, do tipo: sim/não; concordo/não concordo; gosto/não gosto;
3. Questões fechadas tricotômicas: indicam a possibilidade de três opções de respostas;
4. Questões de múltipla escolha: oferecem aos respondentes a oportunidade de escolherem uma das alternativas ou por determinado número permitido de opções.

De acordo com KÖCHE (1997), as questões abertas são normalmente utilizadas no começo do questionário e o espaço destinado para preenchimento deve ser suficiente para que o respondente consiga expressar sua resposta.

CHAGAS (2000) afirma que as respostas às questões dicotômicas são adequadas para muitas perguntas que se referem à questões de fato, bem como a problemas claros e a respeito dos quais existem opiniões já cristalizadas (julgamento de valor).

Quanto às questões tricotômicas, MATTAR (1996) explica que quando a terceira alternativa é oferecida, o respondente indica desconhecimento ou falta de opinião sobre o assunto, e normalmente podem ser expressas com as frases “não sei” ou “não tenho opinião formada”. Segundo MATTAR (1996) e CHAGAS (2000), a inclusão desse tipo de resposta é, por um lado, desaconselhável, pois pode servir de fuga para aquelas pessoas que não desejam tomar uma posição. Por outro lado, a falta dessa opção pode provocar dificuldades para muitas pessoas,

que vendo-se forçadas a escolher entre uma das alternativas bipolares, acabam dando respostas que podem não expressar a realidade.

MATTAR (1996) indica que nos casos das questões de múltipla escolha, os respondentes podem optar por uma das alternativas, ou por determinado número permitido de opções. Ao elaborar perguntas de respostas múltiplas, o pesquisador se depara com dois aspectos essenciais: o número de alternativas oferecidas e os vieses de posição. Portanto, a opção de oferecer questões de múltipla escolha deve merecer do pesquisador um cuidado especial visando não dificultar posteriormente a análise dos dados coletados. Segundo MARCONI & LAKATOS (1996), deve-se evitar um questionário demasiadamente extenso, pois quanto maior, menor o retorno; a indicação é que um questionário tenha de 20 a 30 questões.

No questionário elaborado para a condução do presente trabalho foi necessário utilizar os quatro tipos de questões (abertas, fechadas dicotômicas, fechadas tricotômicas e de múltipla escolha), devido à característica do estudo que abordou vários tópicos no mesmo instrumento de coleta de dados. Também justifica-se pelo tipo de resposta que o questionário buscou, por exemplo, requerendo valores financeiros, o que sugere o uso de questões abertas. Contudo, vale destacar que a maior parte das 39 questões contidas no questionário foi do tipo fechada (dicotômicas e tricotômicas) e de múltipla escolha.

### **3.1.7 ORDEM DAS QUESTÕES**

Segundo CHAGAS (2000), a ordem na qual as perguntas são apresentadas pode ser crucial para o sucesso da pesquisa, mas não há regras estabelecidas. Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados, como, por exemplo, separar as questões em grupos definidos por assunto ou tópicos de abordagem. Esse recurso deixa o respondente em sintonia com a lógica do questionário e com os objetivos da pesquisa.

MATTAR (1996) também afirma que o questionário deve seguir uma lógica para preenchimento, iniciando com perguntas simples e gerais, e terminando com perguntas mais complexas e específicas, pois todos esses cuidados visam uma elaboração satisfatória do questionário.

No presente trabalho, a versão dos questionários (do pré-teste e piloto), teve o agrupamento das questões em três blocos que foram divididos em: 1. Dados da Empresa; 2. Programa Seis Sigma (com aspectos gerais do programa nas empresas); e 3. Integração das ferramentas da qualidade no programa Seis Sigma. Na versão final do questionário que foi enviado para os respondentes, as perguntas foram agrupadas e ordenadas em três blocos, a saber:

1. Dados da Empresa: com seis questões englobando o setor de atividade; principais produtos; número de funcionários; faturamento anual (R\$ milhões); *market share* (mercado interno e externo); e a participação da empresa no principal mercado de atuação;
2. Programa Seis Sigma: com trinta e três questões, abrangendo o histórico do programa na organização; estrutura e formação de pessoal; número, escopo e critérios para seleção dos projetos desenvolvidos; a proporção entre projetos nas áreas produtiva e administrativa; planejamento para a implantação do Seis Sigma; e os principais resultados alcançados com o programa;
3. Integração das Técnicas e Ferramentas no programa Seis Sigma: buscou identificar quais são as técnicas, métodos e ferramentas utilizadas em empresas que aplicam o programa Seis Sigma (e que foi elaborada a partir de uma tabela para ser assinalada, com a relação de 58 ferramentas e técnicas estatísticas).

A ordem das questões na versão final do questionário partiu de perguntas simples e gerais (nome da empresa, data de implantação do Seis Sigma na empresa) e concluiu com questões mais complexas e específicas (como por

exemplo, a tabela para preenchimento com 58 ferramentas e técnicas estatísticas utilizadas nas etapas do método DMAIC).

### 3.1.8 INSTRUÇÕES DE PREENCHIMENTO

MARCONI & LAKATOS (1996) recomendam que o questionário deve oferecer aos respondentes instruções claras, pois tais procedimentos asseguram respostas mais consistentes, portanto, valorizam ainda mais os dados coletados.

No desenvolvimento do questionário deste trabalho não foram elaboradas instruções de preenchimento para os questionários do pré-teste e do piloto, pois o próprio enunciado das questões fornecia as explicações necessárias. Além disso, os respondentes poderiam manter contato com o pesquisador para sanar eventuais dúvidas.

Contudo, na versão final do questionário, as instruções foram detalhadas por meio de dois recursos: um quadro ilustrativo com a simbologia visual e as explicações para cada um dos tipos de questões existentes no questionário, como ilustrado na Figura 3.1.

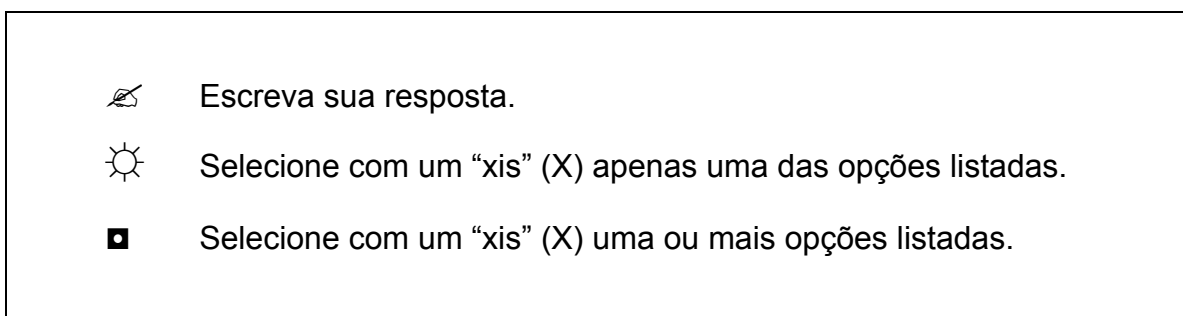


FIGURA 3.1 – INSTRUÇÕES PARA O PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO

Todos os cuidados apontados anteriormente tiveram a finalidade de causar maior motivação aos respondentes e assim aumentar a taxa de retorno da pesquisa.

### 3.1.9 PRÉ-TESTE E PESQUISA PILOTO

Segundo CHAGAS (2000), a realização de um pré-teste é uma fase importante da pesquisa, pois existe a possibilidade de que não se consigam prever todos os problemas e dúvidas que possam surgir durante a aplicação do questionário. Sem o pré-teste, pode haver grande perda de tempo, dinheiro e credibilidade, caso se constate algum problema grave com o questionário já na fase de aplicação e, nesse caso, o questionário terá que ser refeito e estarão perdidas todas as informações já colhidas (MARCONI & LAKATOS, 1996).

De acordo com MATTAR (1996), os pré-testes podem ser realizados inclusive nos primeiros estágios, quando o instrumento ainda está em desenvolvimento, quando o próprio pesquisador pode realizá-lo, através de entrevista pessoal.

MATTAR (1996) e MARCONI & LAKATOS (1996) afirmam que os pré-testes devem ser realizados com respondentes que tenham o mesmo perfil das pessoas que vão responder o questionário da pesquisa. Outra consideração importante é que o pré-teste deve estar numa versão quase definitiva, com capa e formatação concluídas. Essas observações foram consideradas no caso do presente trabalho.

Os pré-testes têm vários objetivos, mas sempre têm a finalidade de aperfeiçoar o instrumento de coleta de dados, como por exemplo: verificar se as questões estão claras, se não causam dúvidas e se existe espaço físico suficiente para responder as questões abertas (MATTAR, 1996; MARCONI & LAKATOS, 1996; OLIVEIRA, 1997; CHAGAS, 2000). Também é a oportunidade de verificar se existe a necessidade de acrescentar ou remover questões, se não existem perguntas que podem provocar embaraços ou resistências ao respondente, e ainda, se o instrumento de coleta de dados atende plenamente os objetivos do estudo (CHAGAS, 2000).

Com a finalidade de atender as recomendações propostas pela literatura, na elaboração deste trabalho houve a preocupação do envio do questionário pré-teste a um respondente qualificado (no caso, um *Master Black Belt*), empregado de uma grande empresa multinacional instalada no Brasil e que utiliza o programa Seis Sigma com notório sucesso. Este respondente se comprometeu a responder o questionário e devido a sua experiência na aplicação do Seis Sigma, também se prontificou a fazer sugestões de melhorias no questionário. Cabe ressaltar que, para a condução do presente estudo, todos os respondentes foram escolhidos após o contato preliminar (via telefone) com as empresas que confirmaram a aplicação do Seis Sigma e os questionários foram enviados exclusivamente para profissionais (especialistas) envolvidos com o programa.

A realização do pré-teste possibilitou a avaliação quanto aos tipos de questões e indicou que o número de perguntas abertas deveria diminuir e haver a inserção de um número maior de perguntas fechadas tricotômicas, no sentido, de corrigir algumas perguntas dicotômicas que poderiam ter o risco de ficarem sem repostas.

Após o retorno do questionário pré-teste preenchido e com as sugestões dadas pelo respondente, ocorreu a revisão do questionário, que depois foi aplicado em quatro empresas caracterizando, dessa maneira, a pesquisa piloto deste trabalho. Em seguida, o questionário foi novamente modificado, atendendo as sugestões e críticas dos respondentes, que indicaram novas técnicas, métodos e ferramentas para completar a tabela denominada “Ferramentas e Técnicas utilizadas no Seis Sigma”.

### **3.1.10 LAY-OUT FINAL**

De acordo com CHAGAS (2000), os pontos a serem definidos na fase final de elaboração do questionário são: número de páginas, qualidade do papel e da impressão, tipos e tamanho de letras, posicionamento e tamanho dos espaços

entre questões, cores da tinta e do papel, espaço para resposta de cada questão, separação de campos para facilidade de digitação (praticamente obrigatórias para se compilar as respostas e processá-las em tempo reduzido), impressão em frente e verso ou só na frente e a identificação do patrocinador (caso exista). Tais itens são relevantes para adquirir a colaboração dos respondentes, pois quanto melhor e mais adequada for a apresentação, maior a probabilidade de aumentar a taxa de retorno dos questionários (MATTAR, 1996).

Na realização do presente trabalho, a versão do questionário piloto foi formatada em folhas do tipo A4, e o mesmo se completou com uma folha de rosto com as logomarcas institucionais. Contudo, a versão final do questionário recebeu considerável melhoramento, com ampliação e mudanças nas questões, nova formatação, apresentação estilizada e foi impresso em gráfica com encadernação na forma de brochura (tamanho A5). No ANEXO II e III encontram-se, respectivamente, os exemplares do questionário da pesquisa piloto e final.

### **3.1.11 ENVIO DOS QUESTIONÁRIOS E PROCEDIMENTOS PARA MELHORAR O ÍNDICE DE RETORNO**

Segundo MATTAR (1996) e OLIVEIRA (1997) são indicadas as seguintes atitudes, visando favorecer à resposta aos questionários enviados aos respondentes:

1. Enviar previamente uma carta ou telefonar aos respondentes apresentando a pesquisa, pedindo a cooperação;
2. Enviar uma segunda carta com o questionário, esclarecendo sobre o objetivo da pesquisa, solicitando participação e se comprometendo com o sigilo, das respostas;
3. Anexar ao questionário um envelope endereçado e selado para o envio da resposta;

4. Estabelecer contato com o respondente - após duas semanas - por carta ou telefone, com a finalidade de enfatizar a importância da participação;
5. Caso não aconteça o retorno do questionário - após um determinado período - enviar novamente o instrumento, com uma nova carta, solicitando a cooperação do respondente.

Na condução do presente trabalho, os questionários foram enviados para 121 empresas e as recomendações sugeridas na literatura com a finalidade de melhorar o índice de retorno do presente trabalho foram as seguintes:

1. Contato prévio - por telefone e correio eletrônico - com os respondentes assegurando seu interesse e disponibilidade para participar do levantamento;
2. Envio de uma carta junto com o questionário, explicando os objetivos da pesquisa e comprometendo com o sigilo das informações;
3. Envio de envelope endereçado e com porte postal pago para a devolução do questionário;
4. Contatos periódicos - por telefone e correio eletrônico - com os respondentes (ao longo da pesquisa foram feitos, aproximadamente 500 contatos com cerca de 110 empresas);
5. Devoluções dos questionários que retornaram pelo correio (em virtude de destinatários não encontrados) que foram reenviados após as correções dos dados dos respondentes.

### **3.1.12 TABULAÇÃO DOS DADOS**

Segundo MATTAR (1996), quando acontece o retorno dos questionários, é necessário que, antes de sua análise, seja definido um processo de verificação dos dados, codificação e tabulação. O processo de verificação consiste em



comprovar se todas as questões foram respondidas, se as respostas abertas estão legíveis e se o texto é compreensível.

CHAGAS (2000) afirma que pela tabulação dos dados pode ser comprovado se o respondente seguiu corretamente as instruções de preenchimento e se existe coerência nas respostas ou eventualmente informações confusas. Na hipótese de surgir algum destes problemas, o pesquisador poderá entrar em contato com o respondente, por telefone ou por correio eletrônico. Segundo este mesmo autor, na impossibilidade de tirar essas dúvidas, estes dados devem ser desprezados. Nos casos em que os respondentes se negarem a atender a pesquisa e devolverem o questionário, o respondente deverá tentar um novo contato, buscando identificar as razões da negativa.

Segundo BERRY & PARASURAMAN (1992), a tabulação de um levantamento (ou de uma pesquisa) significa organizar os dados em tabelas, com a finalidade de serem analisados por processo de técnica de análise estatística, sendo que a principal operação é o “cômputo” (cálculo, contagem).

BABBIE (1999) enfatiza que a codificação das respostas de um questionário é importante e essencialmente uma instância de análise de conteúdo, em virtude das questões pedirem respostas nas próprias palavras dos respondentes. Durante a tabulação dos dados, essas respostas devem ser codificadas em tipos de respostas. De acordo com OLIVEIRA (1997), com a codificação os dados são transformados em símbolos, podendo depois ser tabulados.

BERRY & PARASURAMAN (1992) afirmam também, que as categorias de tabulação podem ser simples ou cruzada, e serem feitas de forma manual, mecânica, eletrônica ou parcialmente manual e eletrônica. No presente trabalho, em virtude do número de questões abertas, os dados foram classificados e agrupados conforme as questões, não havendo a necessidade de transformá-los em símbolos para a tabulação. A codificação é representada na Tabela 3.1

As tabulações deste estudo se enquadram numa categoria simples e foram elaboradas de maneira manual e eletrônica, sendo que as tabelas foram adaptadas em planilhas do aplicativo Excel®. Assim, existindo uma coluna para cada opção de respostas das questões fechadas e de múltipla escolha, os resultados foram calculados, expressos em percentuais e em seguida elaborados os gráficos que serviram para as análises dos resultados obtidos.

TABELA 3.1 – CODIFICAÇÃO DAS QUESTÕES

<b>Código</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Questões</b>
A	Dados da Empresa	Razão Social Endereço Endereço na Internet Setor de Atividade Industrial Principais Produtos N° de Funcionários Faturamento Anual (R\$ milhões) <i>Market Share</i> (mercado interno e externo).
B	Programa Seis Sigma	Histórico do Programa Estrutura de Pessoal e Formação Número e Escopo dos Projetos Critérios para Seleção de Projetos e Proporção entre Projetos nas Áreas Produtivas e Administrativas Planejamento para a Implantação do Programa Seis Sigma.
C	Integração das ferramentas da qualidade no programa Seis Sigma ao método DMAIC	Relação (tabela) de cerca de 58 (cinquenta e oito) técnicas, métodos e ferramentas, no intuito do respondente identificar em quais etapas do DMAIC são utilizadas.



### 3.3 COMPARAÇÃO METODOLÓGICA SOBRE OS LEVANTAMENTOS REALIZADOS EM 2002 E 2004

Os dois levantamentos sobre a aplicação do programa Seis Sigma no Brasil, realizados anteriormente (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) foram comparados com o levantamento conduzido no presente trabalho. A Tabela 3.3 apresenta as principais características dos três levantamentos.

TABELA 3.3 – CARACTERÍSTICAS DOS LEVANTAMENTOS SOBRE SEIS SIGMA

<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>Instrumento de Coleta e Modo de Envio</b>	<b>Tipos de Questões</b>
<i>Report</i> Seis Sigma	2002	Questionário (via correio)	39 questões: 17 tipo aberta 14 tipo múltipla escolha 6 tipo dicotômicas 2 tipo tricotômicas
A Realidade do Seis Sigma no Brasil	2004	Questionário Eletrônico	22 questões do tipo fechada: 17 tipo resposta única 5 tipo escalar
Estudo sobre a Aplicação do Programa Seis Sigma no Brasil	2006 (Conclusão)	Questionário (via correio)	39 questões: 10 tipo aberta 17 tipo múltipla escolha 3 tipo dicotômica 9 tipo tricotômicas 1 quadro de preenchimento com 58 tipos de ferramentas e métodos de qualidade usados nas etapas do métodos DMAIC

Na condução do presente estudo, além do aproveitamento de algumas questões utilizadas nos dois levantamentos realizados anteriormente (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004), também foram estabelecidas comparações entre os resultados obtidos neste trabalho com os dados encontrados nos outros dois levantamentos.

As comparações se deram através do grau de similaridade dos resultados apontados entre os três levantamentos expressando-se as relações em dados percentuais. Todas as questões que indicaram viabilidade foram comparadas, como por exemplo, a taxa de retorno conseguida na realização dos levantamentos até abordagens mais complexas, como aquelas que envolveram respostas com valores financeiros indicados pelas empresas participantes. Cabe destacar que na apresentação dos resultados do presente trabalho são mencionadas - no processo de análise dos dados - as questões que não foram abordadas nos outros dois levantamentos anteriores (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004).

Vale mencionar também, que as limitações identificadas nos outros dois levantamentos (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) foram corrigidas no presente trabalho, além de terem sido apontadas nas análises comparativas entre os levantamentos.

A seguir, no próximo capítulo são apresentados os resultados e análises dos dados coletados no presente estudo.

## **CAPITULO 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste capítulo são apresentados os resultados do presente estudo. Como foi mencionado anteriormente, o questionário utilizado na pesquisa de campo teve por objetivo levantar três conjuntos principais de dados, que foram agrupados e ordenadas em blocos, a saber:

1. Dados da Empresa (com seis questões englobando: o setor de atividade; principais produtos; número de funcionários; faturamento anual; *market share* - mercado interno e externo; e a participação da empresa no principal mercado de atuação);

2. Programa Seis Sigma (com trinta e três questões, abrangendo: o histórico do programa na organização; estrutura e formação de pessoal; número, escopo e critérios para seleção dos projetos desenvolvidos; a proporção entre projetos nas áreas produtiva e administrativa; planejamento para a implantação do Seis Sigma; e os principais resultados alcançados com o programa);

3. Integração das Técnicas e Ferramentas no programa Seis Sigma, que buscou identificar - a partir de uma tabela com a relação de 58 ferramentas e técnicas estatísticas - quais são as técnicas, métodos e ferramentas utilizadas em empresas que aplicam o programa Seis Sigma no Brasil. Os resultados obtidos no levantamento são revelados a seguir.

### **4.1 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO**

Os resultados deste levantamento foram obtidos por meio da devolução de 83 questionários (68,7%) dos 121 que foram enviados. Na verdade, retornaram 78 questionários que foram efetivamente respondidos (pois as empresas poderiam devolver o questionário em branco, assinalando que não iriam respondê-lo), atingindo uma taxa de retorno útil de 64,5%. Este percentual está acima do índice de devolução citado por MATTAR (1996) que sugere como aceitável, neste tipo de

pesquisa, taxas que se concentram entre 3% a 50%. Os levantamentos semelhantes estudados no Capítulo 2 (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) apresentaram resultados bem inferiores quanto ao índice de retorno e também no que se refere ao percentual de empresas que aplicavam o Seis Sigma por ocasião dos respectivos levantamentos, se comparado com o número de respondentes deste estudo. Assim sendo, os dados apresentados neste trabalho são mais amplos e pormenorizados que os outros dois levantamentos existentes sobre a aplicação do programa Seis Sigma no país.

Considerando que o objetivo proposto do presente estudo era o de levantar dados sobre as empresas que aplicam o Seis Sigma no país, a primeira pergunta teve o propósito de traçar a localização geográfica das empresas pesquisadas. A incidência dos Estados brasileiros presentes no levantamento é mostrada na Figura 4.1.

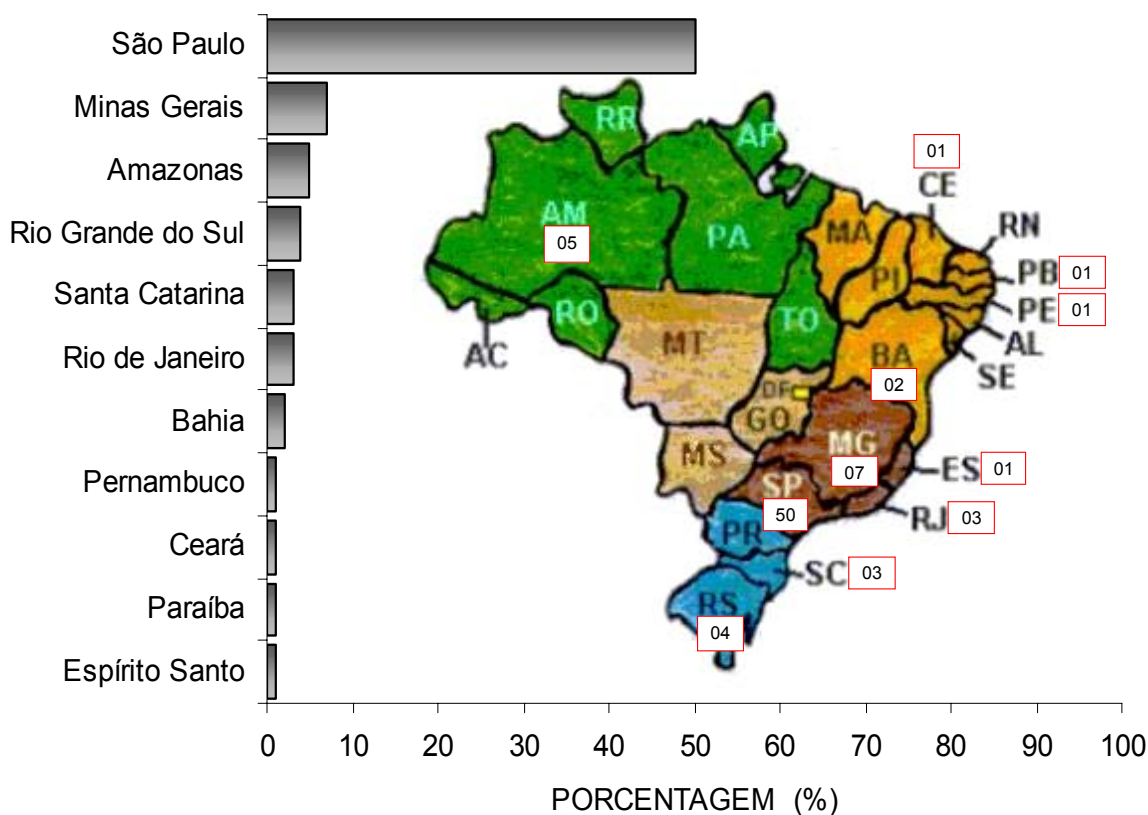


FIGURA 4.1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS EMPRESAS RESPONDENTES

A concentração dos respondentes foi constatada em 11 Estados distribuídos entre quatro das cinco regiões do país: Nordeste (4 Estados); Norte (1 Estado); Sudeste (4 Estados) e Sul (2 Estados) e os dados obtidos indicaram que no Estado de São Paulo se encontram 50% das empresas que devolveram os questionários. A seguir são apresentadas as caracterizações das empresas respondentes.

#### **4.1.1 CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS PESQUISADAS**

Na abordagem que buscou obter informações sobre as empresas, um dos dados relevantes foi identificar a concentração dos respondentes nos setores de atividade econômica.

A classificação setorial seguiu o critério da Revista Exame (2005), que contempla os seguintes setores: 1. alimentos, bebidas e fumo; 2. atacado e comércio exterior; 3. automotivo; 4. comércio varejista; 5. confecções e têxteis; 6. construção; 7. eletroeletrônico; 8. farmacêutico, higiene e cosméticos; 9. material de construção; 10. mecânica; 11. mineração; 12. papel e celulose; 13. plásticos e borracha; 14. química e petroquímica; 15. serviços de transporte; 16. serviços diversos; 17. serviços públicos; 18. siderurgia e metalurgia; 19. tecnologia e computação e 20. telecomunicações. A classificação seguiu o critério da Exame (2005), levando-se em consideração a idoneidade da publicação.

O levantamento apontou que a incidência maior dos respondentes se concentra no setor automotivo, que se destacou com um percentual de 37%. A Figura 4.2 apresenta os demais setores de atividades das empresas que participaram do levantamento e responderam os questionários.

O ANEXO IV apresenta a relação das 121 empresas que confirmaram a adoção do programa Seis Sigma em suas atividades e que receberam o questionário da pesquisa.



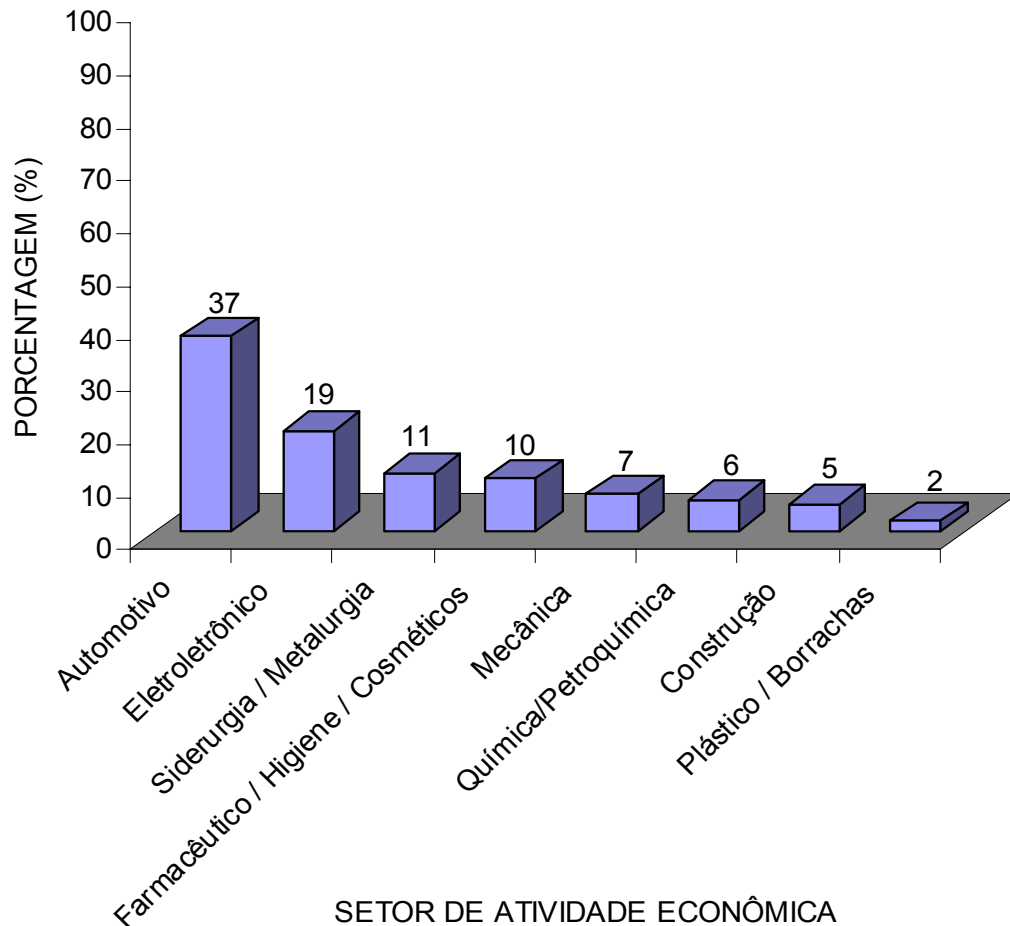


FIGURA 4.2 – SETOR DE ATIVIDADE ECONÔMICA DAS EMPRESAS RESPONDENTES

Os dados obtidos no levantamento revelaram que a adoção do Seis Sigma acontece em empresas que se concentram nos mais diferentes setores de atividades econômicas confirmando os dados da literatura (HAHN et al., 2000; HENDERSON & EVANS, 2000; ANTONY & BAÑUELAS, 2002; LINDERMAN et al., 2003), ou seja, que o programa Seis Sigma pode ser aplicado em qualquer empresa, independente do segmento em que atua. Contudo, analisando os dados obtidos no levantamento constatou-se que entre os respondentes não se incluíram empresas de serviços ou instituições financeiras (bancos e administradoras de cartões de créditos). Essa constatação não tem similaridade com os outros dois levantamentos (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004), pois a

pesquisa de 2002 teve 28% dos respondentes no setor de serviços e a de 2004, 37,5%. Essa ocorrência pode indicar uma limitação do presente trabalho que não conseguiu identificar empresas de serviços ou instituições financeiras que aplicam o programa Seis Sigma no país e que aceitassem participar do levantamento.

Ampliando as informações sobre o setor de atividade dos respondentes, a seqüência das questões indagou sobre quais seriam os principais produtos fabricados pelas empresas. Os dados apontaram uma variedade extensa de produtos que estão relacionados no Anexo V.

Cabe ressaltar, que entre os produtos relacionados apenas 6 tipos (celulares, monitores e *CD room*; cimento, concreto, cal e argamassa; filtros automotivos para óleo, ar e combustíveis; lâmpadas; latas de alumínio; e, medicamentos) também são fabricados por outras empresas respondentes. Os outros dois levantamentos (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) não indagaram os respondentes sobre os principais produtos das empresas.

O levantamento possibilitou ainda traçar o perfil das empresas quanto ao porte. A classificação seguiu os critérios do PNQ - Prêmio Nacional da Qualidade (FNQ, 2004) segundo o número de funcionários: empresas com até 50 empregados são consideradas como pequenas; de 51 a 500, médias; e mais de 500, como grandes. Os dados coletados constataram que 65,4% das empresas respondentes são de grande porte e 34,6% são médias. A Figura 4.3 apresenta o número de funcionários das empresas participantes do levantamento.

Com relação ao porte das empresas, segundo o número de funcionários, cabe ressaltar que a literatura pesquisada sobre Seis Sigma indica que o programa pode ser utilizado por empresas de qualquer porte (MARASH, 2000; FOLARON, 2003; PFEIFER et al., 2004; WESSEL & BURCHER, 2004). Embora alguns autores sugiram que empresas de grande porte têm melhores condições de implementar o Seis Sigma, em virtude de disporem de infra-estrutura mais adequada que empresas de porte menor e maiores recursos financeiros para

justificarem os investimentos necessários no treinamento dos profissionais envolvidos no programa (BLAKESLEE JR., 1999; FOLARON, 2003; ARNHEITER & MALEYEFF, 2005).

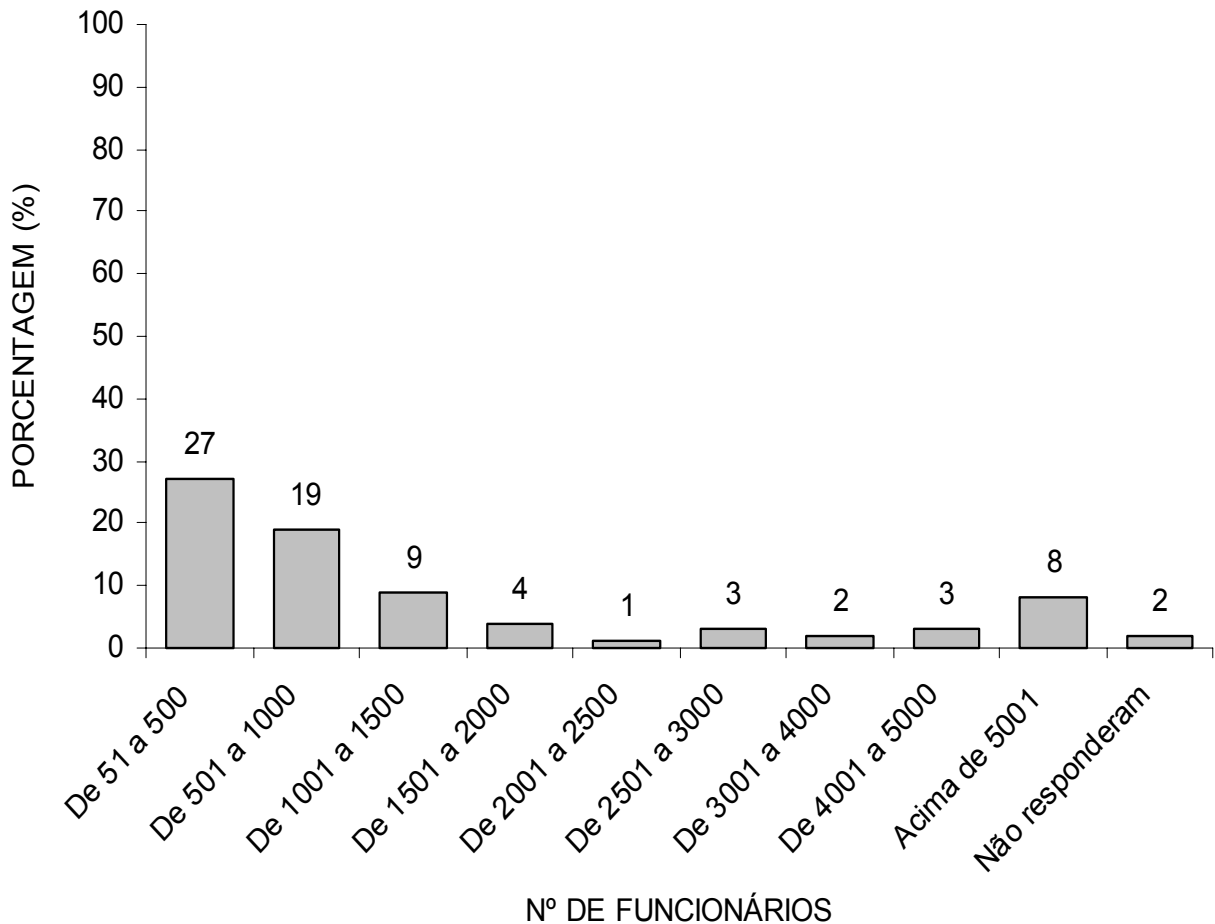


FIGURA 4.3 – NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS DAS EMPRESAS RESPONDENTES

Comparando os dados obtidos nos dois outros levantamentos realizados sobre a aplicação do programa Seis Sigma no Brasil (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) constatou-se que existe similaridade entre o estudo atual e os resultados encontrados em 2002, pois no estudo anterior 63% das empresas eram de grande porte e 37% médias. Contudo, não foi possível estabelecer comparações com a pesquisa de 2004, em virtude da classificação

das empresas não ter seguido nenhuma referência metodológica e a demonstração dos resultados se apresentar imprecisa.

Ainda sobre a caracterização das empresas pesquisadas, outro dado obtido pelo levantamento indicou os valores de faturamento previstos pelos respondentes para o ano base de 2004 (expressos em milhões de Reais). A Figura 4.4 apresenta os valores de faturamento das empresas respondentes.

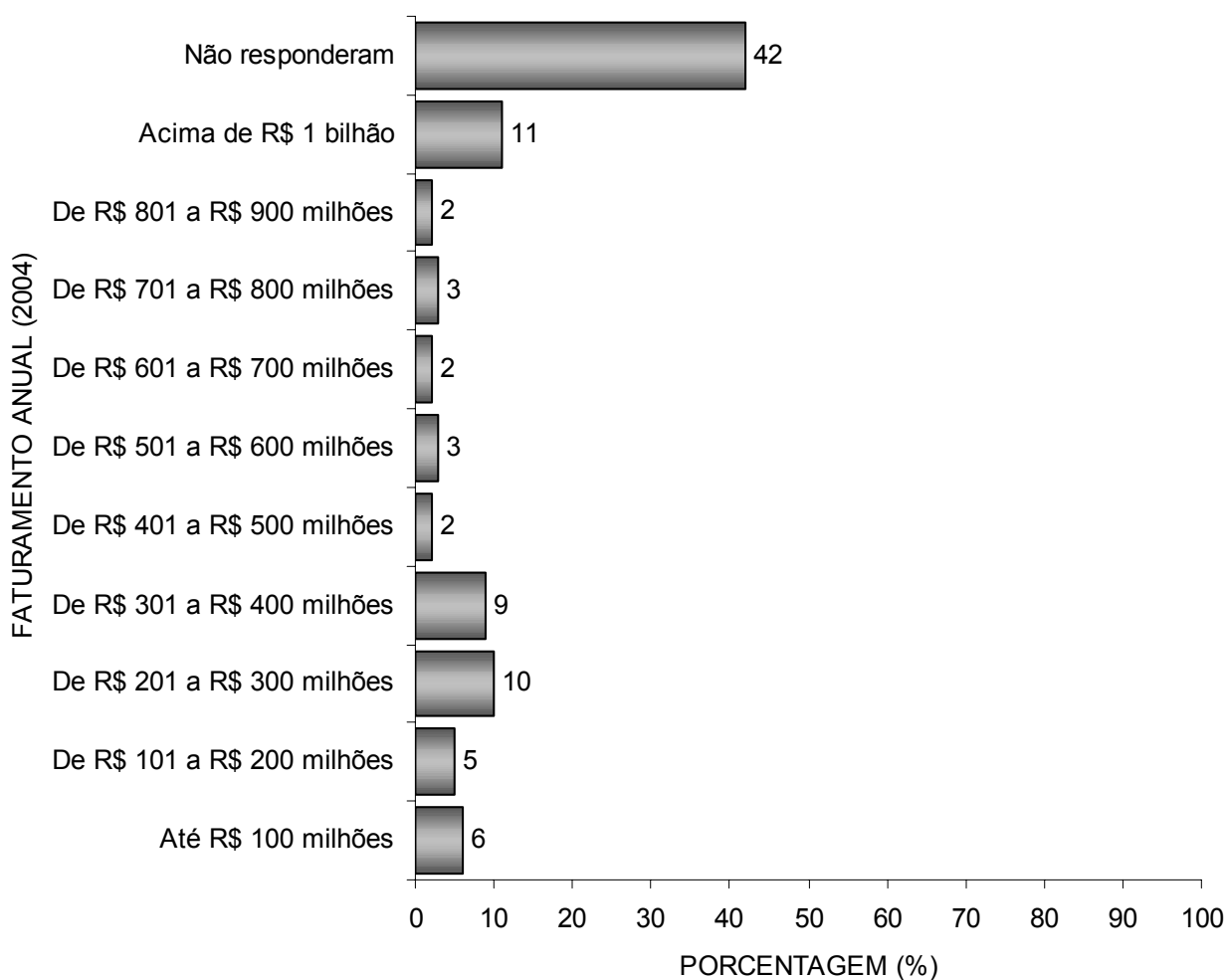


FIGURA 4.4 – FATURAMENTO ANUAL DAS EMPRESAS RESPONDENTES (R\$ MILHÕES)

Foi possível constatar que, apesar de um número elevado de empresas não terem revelado o valor do faturamento (42%), as empresas respondentes estimaram valores de faturamento anual variando entre 33 milhões à 18 bilhões. Levando-se em conta o *ranking* da revista Exame (2005), constatou-se que mais de 60% das organizações participantes do levantamento estão entre as 500 maiores empresas em faturamento no Brasil. A literatura sobre Seis Sigma que foi pesquisada não aponta dados sobre a influência do porte das empresas quanto aos valores de faturamento com a aplicação do programa. Contudo, o presente estudo constatou que as empresas respondentes se caracterizam como de grande porte considerando-se os valores indicados de faturamento. Os outros dois levantamentos realizados (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) não questionaram os respondentes sobre esse tema.

Mantendo o objetivo de traçar a caracterização dos respondentes, foi perguntado sobre o *market share* das empresas. O resultado é mostrado na Figura 4.5.

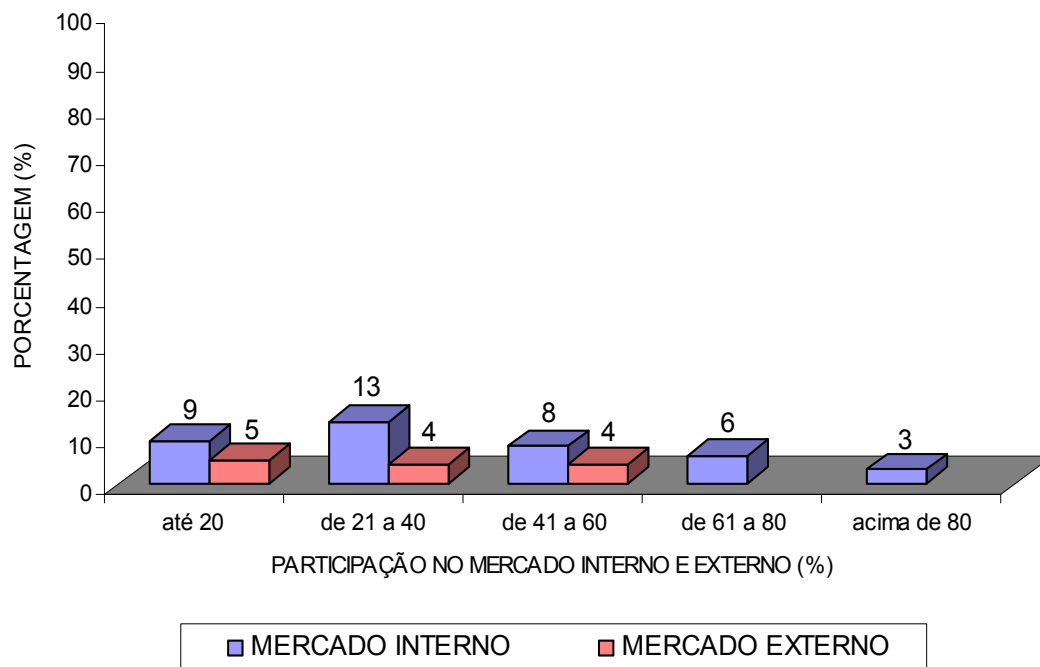


FIGURA 4.5 – MARKET SHARES DAS EMPRESAS RESPONDENTES ( % )

O posicionamento das empresas quanto às vendas no mercado interno e externo revelou que cerca de 35% dos respondentes detêm entre 20 a 60% do mercado interno e aproximadamente 15% das empresas pesquisadas possuem entre 20 a 60% do mercado externo.

Ainda na busca de definir as principais características das empresas pesquisadas, foi questionado sobre qual era a participação da empresa no mercado interno no seu principal segmento de atuação. O resultado do levantamento identificou que 41% dos respondentes se posicionaram como líderes de mercado, como está ilustrado na Figura 4.6.

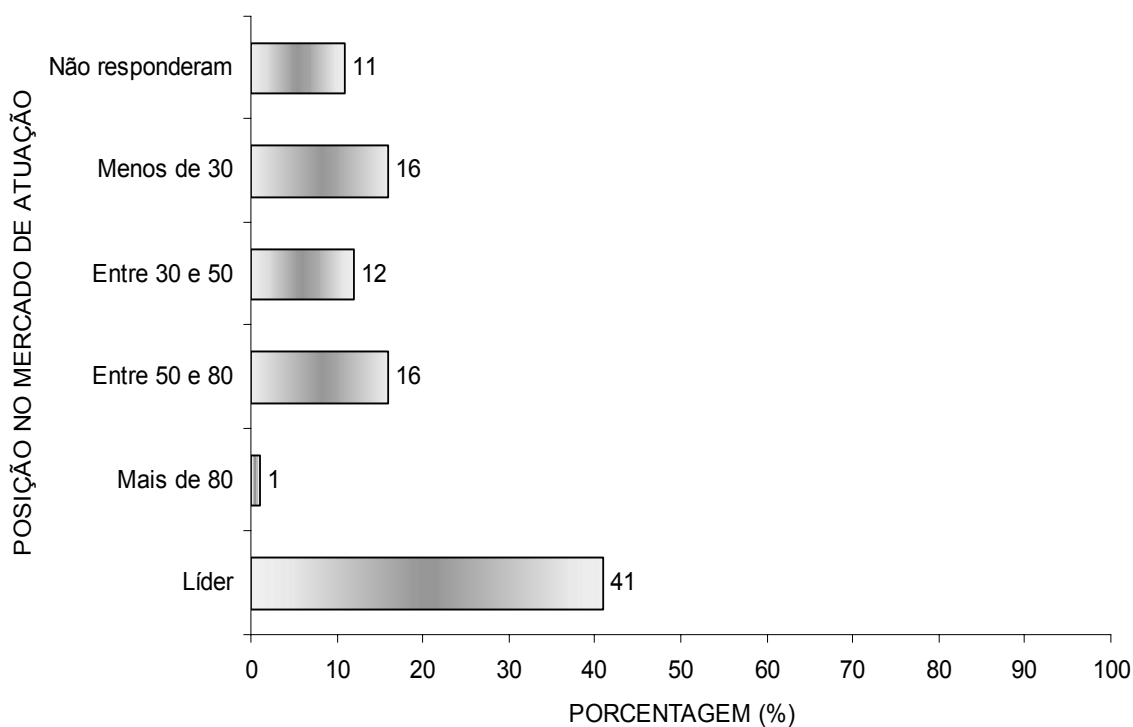


FIGURA 4.6 – POSIÇÃO DAS EMPRESAS RESPONDENTES NO MERCADO DE ATUAÇÃO

Na seqüência das perguntas do questionário, os respondentes se detiveram nas questões que abordaram aspectos relativos a implementação do programa

Seis Sigma nas empresas. O objetivo de tais perguntas foi definir o histórico, os motivos e a forma de implantação do programa, que são apresentadas a seguir.

#### 4.1.2 DADOS RELATIVOS A IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA

O levantamento buscou identificar a data de implantação do Seis Sigma nas empresas, visando contextualizar historicamente a aplicação do programa no país. Nota-se na Figura 4.7 um pico na adoção do programa a partir do ano 2000, pois comparando-se os períodos de 1995 a 1999, e de 2000 a 2003, percebe-se que nos quatro últimos anos houve um crescimento superior a 100% da aplicação do programa Seis Sigma no país.

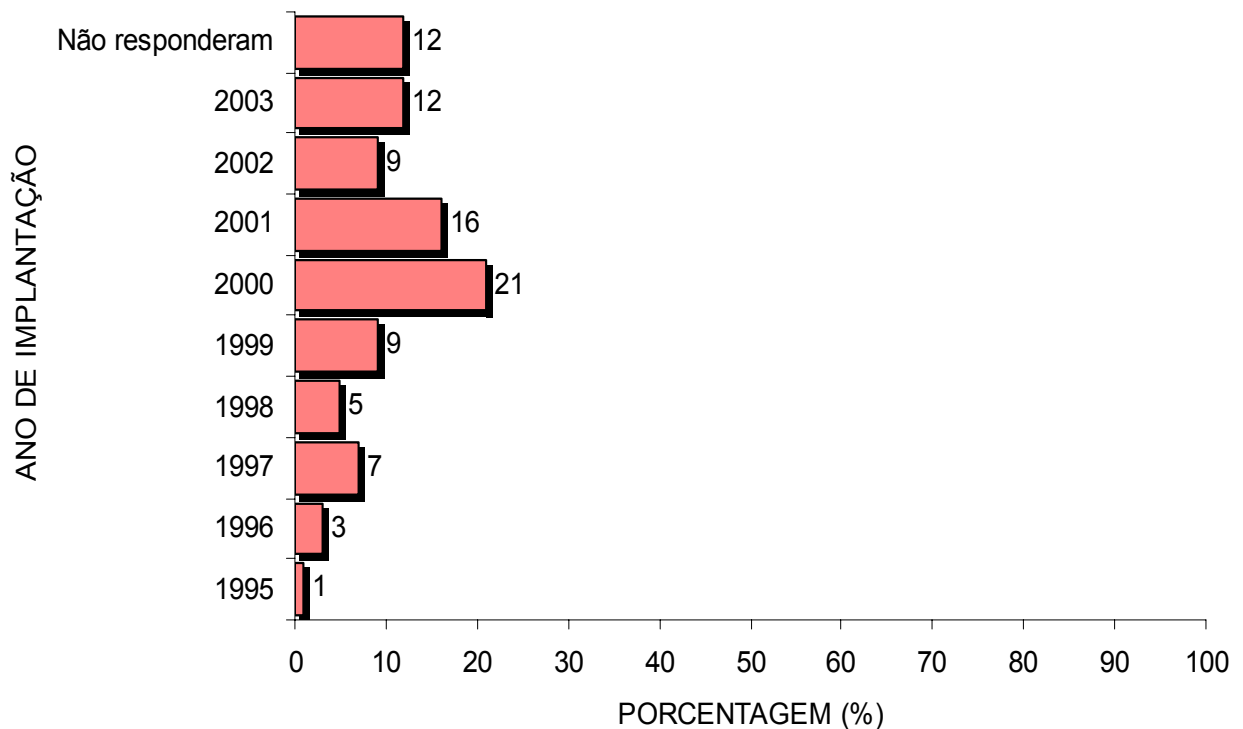


FIGURA 4.7 – IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA NAS EMPRESAS RESPONDENTES

A provável justificativa para o crescente aumento de empresas que adotaram o Seis Sigma no Brasil a partir do ano 2000, pode estar relacionada com os ganhos obtidos pelo Grupo Brasmotor (WERKEMA, 2002b) que despertaram o interesse de empresas brasileiras pela utilização do Seis Sigma e ainda pelos resultados conseguidos pela General Electric nos Estados Unidos, que motivaram a disseminação do programa em outras unidades da corporação e que acabaram se estendendo também para as plantas instaladas em outros países (HENDERSON & EVANS, 2000) como é o caso do Brasil onde a companhia multinacional possui várias unidades de negócios.

Cabe justificar que os resultados deste estudo contrariam os dados apontados por WERKEMA (2002b), quando afirmou que a história do Seis Sigma no Brasil teve início em 1997 através do Grupo Brasmotor, embora na referida pesquisa tenha sido indicado que um dos respondentes adotou o programa em 1995. Nos dados obtidos neste levantamento uma das empresas respondentes mencionou que implantou o Seis Sigma em 1995 e três em 1996, além de seis empresas também terem indicado que adotaram o programa em 1997.

Outro dado apurado pelo levantamento indicou que a descoberta da necessidade da implantação do programa Seis Sigma surgiu, em quase três quartos dos casos, como uma “estratégia da empresa”, em mais de 50%, como uma “decisão da matriz” e aproximadamente 2,5% das empresas relacionaram a necessidade da adoção do Seis Sigma devido à “propaganda na imprensa”. A Figura 4.8 ilustra as demais indicações dos respondentes.

O motivo pelo qual a maioria dos respondentes apontou a “estratégia da empresa”, como a principal necessidade da implantação do programa Seis Sigma em suas atividades, se justifica, pois alguns autores (HAHN et al., 2000; BREYFOGLE III et al., 2001; ECKES, 2001; KLEFSJO et al., 2001; BANUELAS & ANTONY, 2002; LINDERMAN et al., 2003) defendem que o Seis Sigma é compreendido pelas empresas como uma estratégia gerencial disciplinada que



tem como objetivo aumentar a lucratividade das empresas, baseando-se na relação existente entre projeto, fabricação, qualidade final, entrega de um produto e a satisfação dos clientes.

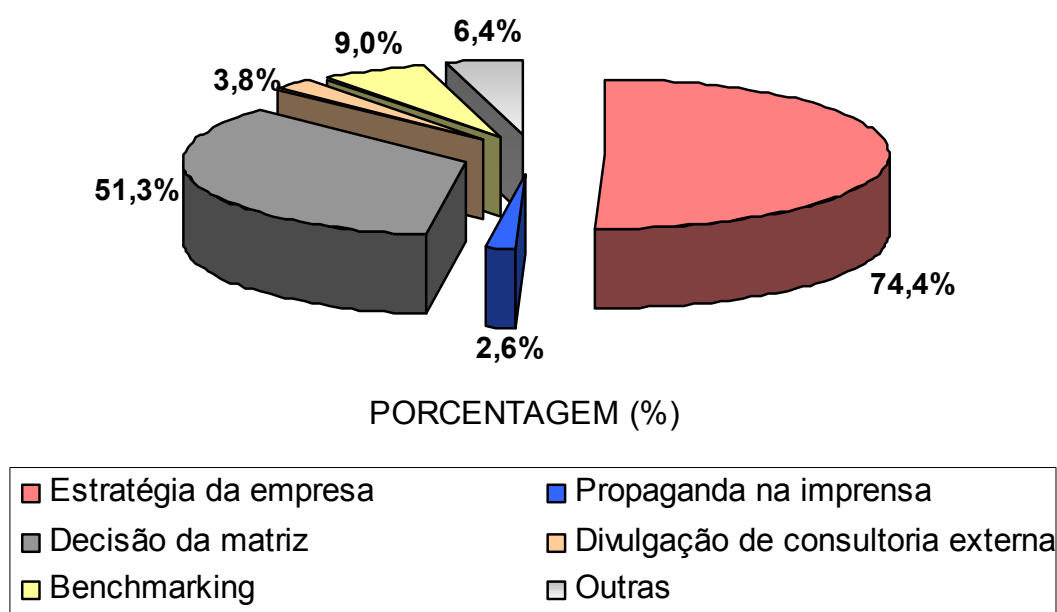


FIGURA 4.8 – NECESSIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA

No que se refere a identificação da necessidade de implantação do Seis Sigma nas empresas, comparando-se os dados obtidos neste trabalho com um trabalho anterior (WERKEMA, 2002a), constata-se uma similaridade, pois as duas causas mais indicadas pelos respondentes para implantar o programa foram, respectivamente, “estratégia da empresa” e “decisão da matriz”.

Os resultados do levantamento indicaram também que, em relação à forma de implantação do Seis Sigma, na maioria dos casos ocorre com o “suporte da matriz”, como está demonstrado na Figura 4.9. Essa constatação pode ser explicada segundo HENDERSON & EVANS (2000), que afirmam que o sucesso conquistado na matriz das empresas que adotaram o Seis Sigma estimula a divulgação do programa em outras unidades das corporações, através de

processos de *benchmarking*. Essa razão também pode justificar a incidência de empresas que indicaram na pesquisa, que o “suporte da matriz” é a forma preferida na implementação do programa, pois a maioria das organizações multinacionais estabelece planos e metas globais.

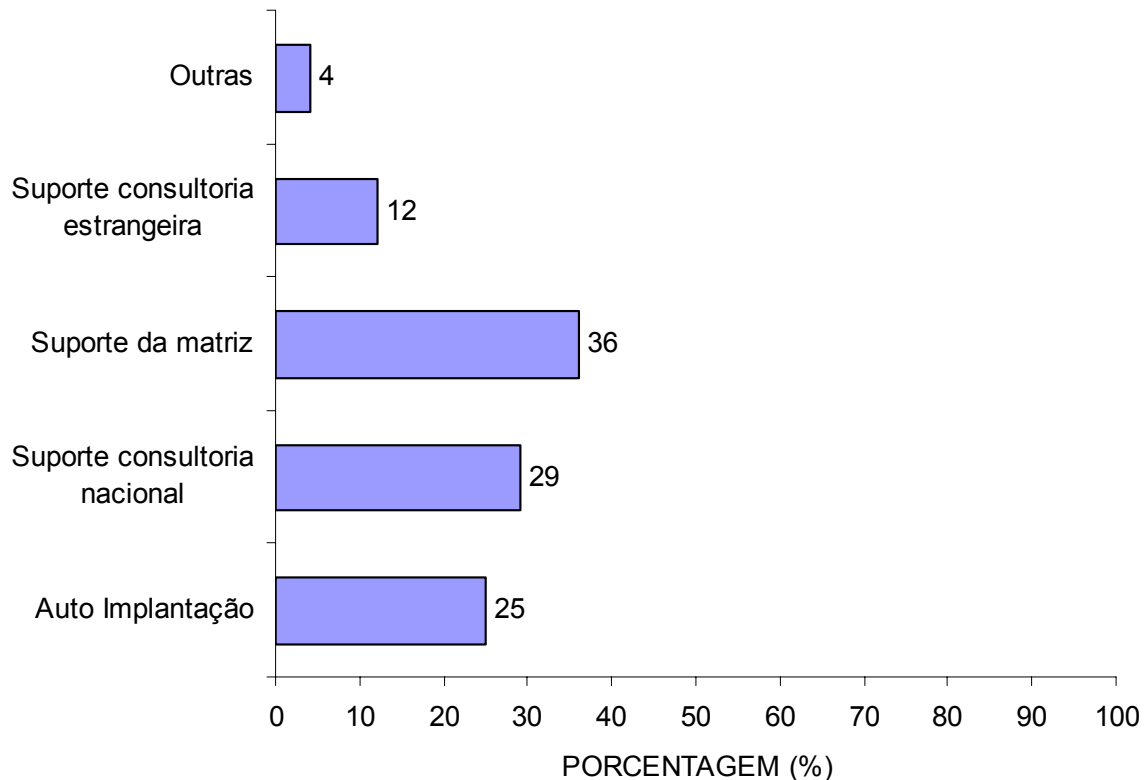


FIGURA 4.9 – FORMA DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA

Vale esclarecer que a opção apontada por algumas empresas respondentes de que a implementação do Seis Sigma pode se dar também pela “auto implantação” está apoiada no fato de que atualmente existem cursos de capacitação para os profissionais que se envolvem com o programa (WIPER & HARRISON, 2000; INGLE & ROE, 2001), além da existência de associações que congregam as empresas que utilizam o Seis Sigma, bem como congressos e fóruns específicos sobre o assunto. Tais fatores podem qualificar as empresas

para que façam a “auto implantação” do Seis Sigma e também justificar o surgimento de “outras” formas de implementação, como por exemplo: intercâmbio com profissionais de outros países ou a transferência de especialistas em Seis Sigma de outras unidades das empresas.

No que se refere a forma de implantação do programa Seis Sigma, os outros dois levantamentos realizados (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) indicaram respectivamente que, o “suporte de consultoria nacional” foi a forma preferida, sendo 67% das indicações em 2002 e 50% em 2004. Vale mencionar que a literatura pesquisada não revela dados sobre esse questionamento.

O levantamento também procurou identificar quais foram as áreas da empresa que deram início ao estudo para implantação do programa Seis Sigma como pode ser constatado através da Figura 4.10.

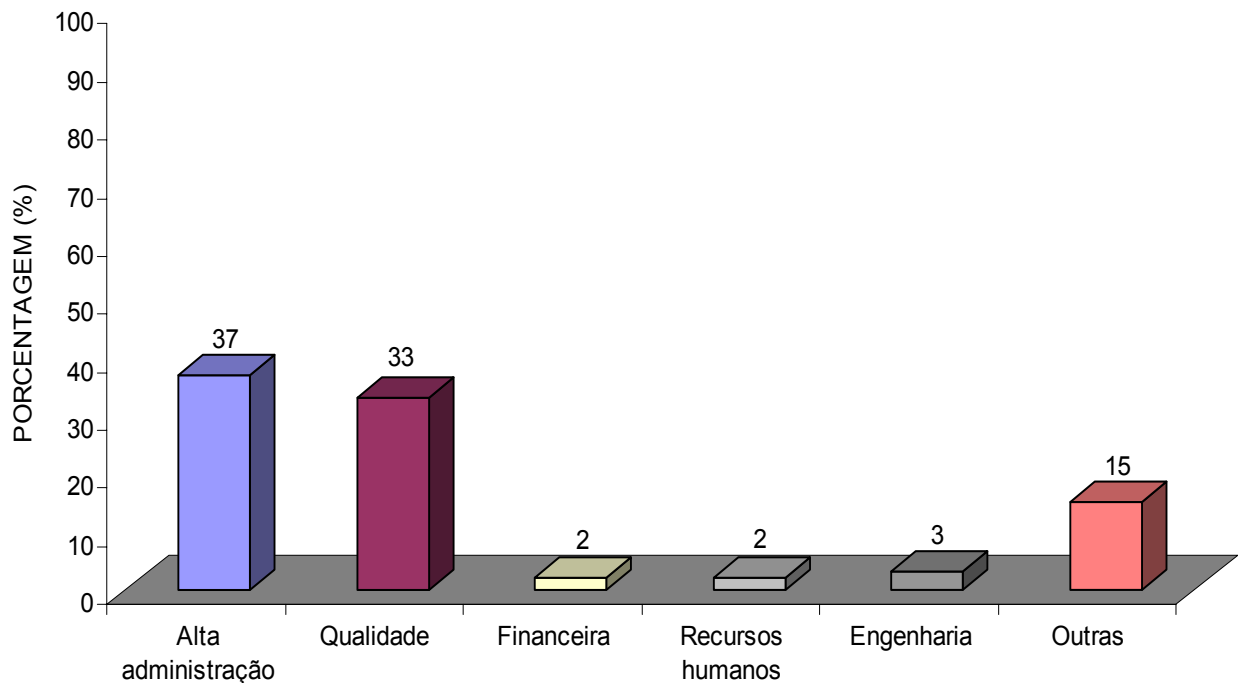


FIGURA 4.10 – ÁREAS DAS EMPRESAS QUE IMPLANTARAM O PROGRAMA SEIS SIGMA

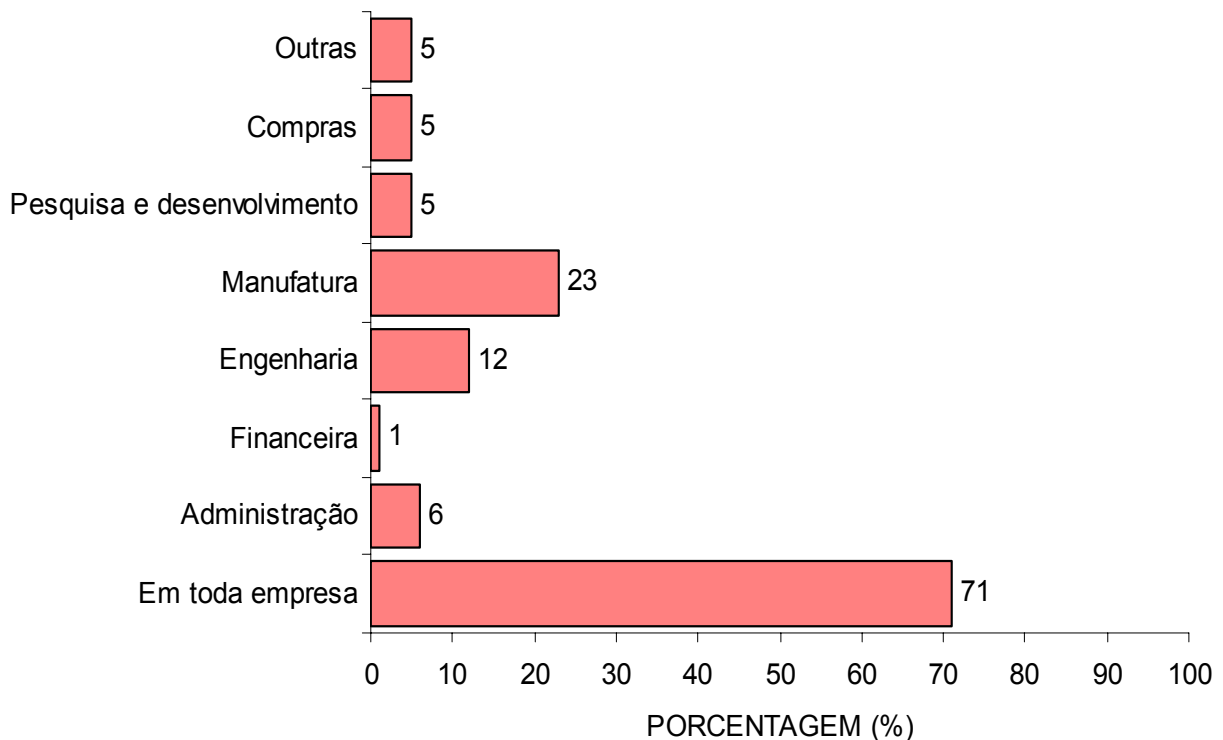
Cabe destacar que em muitas empresas o estudo para implantação do Seis Sigma aconteceu em várias áreas ao mesmo tempo. Estes dados foram evidenciados, pois mais de uma área poderia ser assinalada na questão. Assim, quase 20% das empresas respondentes apontaram que na fase de implantação, o programa foi adotado em mais de uma área, mas as duas mais apontadas pelos respondentes para implantar o programa foram, respectivamente, “alta administração” e “qualidade”.

A razão que justifica a maior incidência de respostas recair sobre a área da alta administração para o início dos estudos visando a implantação do Seis Sigma é amparada pela literatura (HENDERSON & EVANS, 2000; PANDE et al., 2000; YOUNG, 2001; ANTONY & BAÑUELAS, 2002), quando identifica que um dos fatores determinantes para o êxito do programa está no envolvimento máximo da alta administração, no apoio contínuo e no comprometimento com as metas definidas nos projetos.

No tocante a identificação das áreas da empresa que deram início ao estudo de implantação do Seis Sigma também constatou-se proximidade dos resultados obtidos no presente trabalho com um levantamento anterior (WERKEMA, 2002a), pois as duas áreas mais apontadas pelos respondentes no referido trabalho também foram, a alta administração com 50% e a área da qualidade com 40% das indicações.

Apesar do início da implantação do Seis Sigma ter ocorrido, nas empresas pesquisadas, em áreas definidas, o levantamento também indagou os respondentes sobre em quais áreas da empresa o programa Seis Sigma estava sendo aplicado efetivamente. A Figura 4.11 demonstra que, apesar do estudo sobre a implementação do Seis Sigma ter início em determinadas áreas, o índice de aplicação “em toda empresa” é de quase 71%. Em seguida, estão os setores de “manufatura” (23%) e “engenharia” (12%). Cabe ressaltar que a área “financeira” é a que menos utiliza o programa (1,3%).

Segundo MOTWANI et al. (2004), o Seis Sigma pode ter origem em quaisquer áreas da empresa, como por exemplo: compras, vendas, finanças, materiais ou manufatura e de acordo com ANTONY & BAÑUELAS (2002), o Seis Sigma pode ser aplicado (implementado) diretamente em toda empresa. Vale destacar, que as duas citações mencionadas foram confirmadas no presente estudo.



*FIGURA 4.11 – ÁREAS DAS EMPRESAS QUE INICIARAM O PROGRAMA SEIS SIGMA*

Mantendo o objetivo de compreender como se dá o processo de implantação do Seis Sigma nas empresas, uma das questões indagou aos respondentes se o programa havia sido “personalizado” para a cultura das empresas, ou seja, se de fato o Seis Sigma havia sido assimilado e incorporado ao cotidiano das empresas não como um modismo, mas como um programa duradouro e consistente. Os dados coletados indicaram que a maioria (77%) das empresas pesquisadas disseminou o Seis Sigma em diversas áreas funcionais.

Prosseguindo com as questões relacionadas aos dados sobre a implantação do Seis Sigma nas empresas, os respondentes foram indagados a respeito dos investimentos que realizaram na fase de implementação do programa. Apesar de a maioria (cerca de 60%) das empresas pesquisadas não ter respondido a questão, o levantamento revelou que de 2000 a 2003, os demais respondentes investiram de R\$ 50 mil a R\$ 200 mil na introdução do programa Seis Sigma nas empresas, conforme está demonstrado a Figura 4.12.

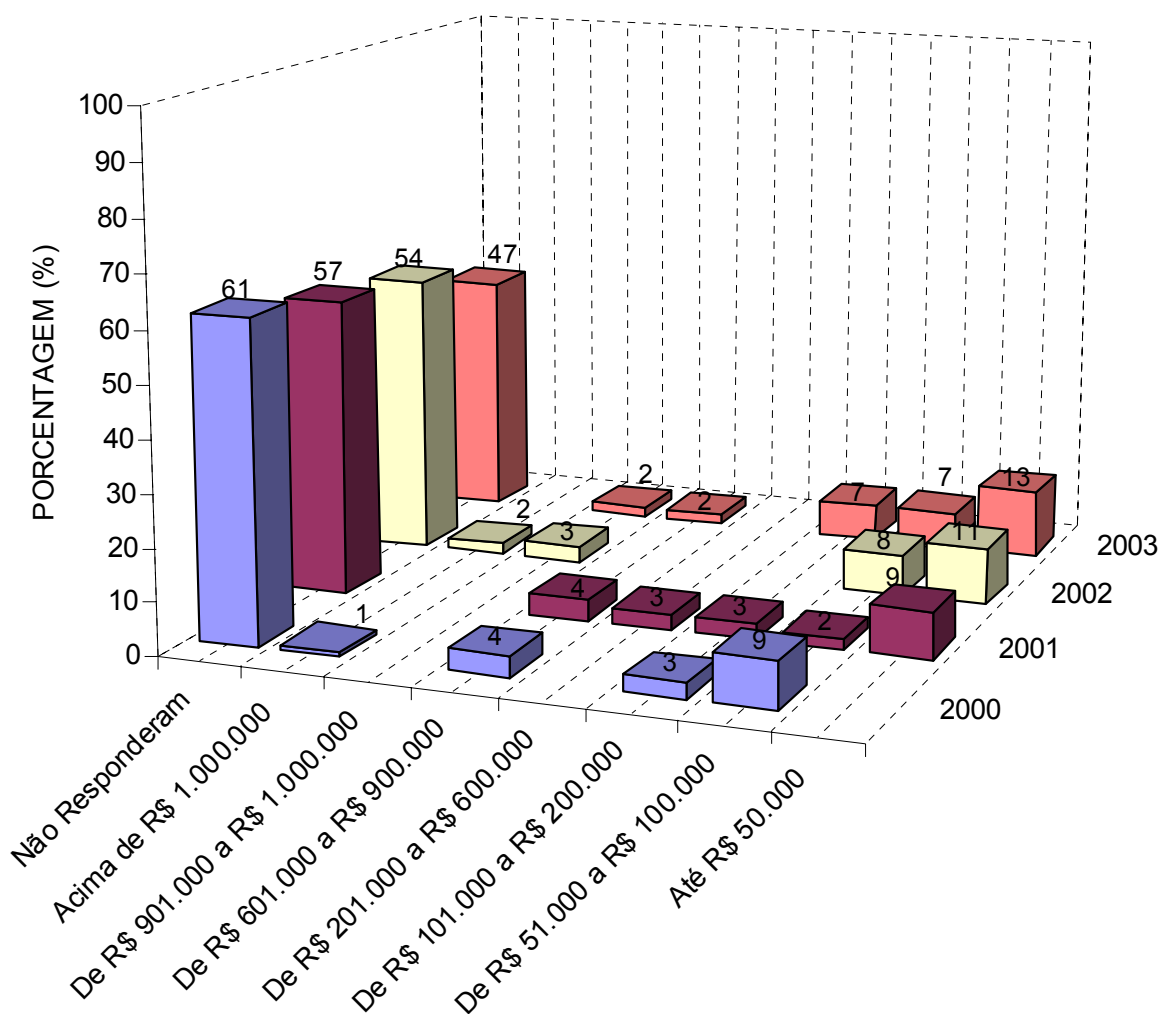


FIG. 4.12 – INVESTIMENTOS NA IMPLANTAÇÃO DO SEIS SIGMA (R\$ MIL)

Os dados mencionados são relevantes, pois a literatura sobre Seis Sigma trás, em especial, nos casos de empresas que mais ganharam notoriedade com a implantação do programa, como General Electric, Motorola, Dow, e outras (HENDRICKS & KELBAUCH, 1998; HENDERSON & EVANS, 2000; BARNEY, 2002; MOTWANI et al., 2004) cifras muito mais elevadas. Os resultados obtidos no presente estudo revelaram que os valores são bastante reduzidos se comparados com os investimentos efetuados pelas empresas citadas, conforme a literatura mencionada, embora boa parte das empresas não tenha respondido a questão.

O levantamento além de buscar identificar os dados relativos a implementação do Seis Sigma nas empresas respondentes procurou obter também informações sobre a seleção e capacitação dos profissionais envolvidos no programa e que é apresentado a seguir.

#### **4.1.3 SELEÇÃO DOS ESPECIALISTAS NO PROGRAMA SEIS SIGMA**

No que se refere a seleção dos especialistas envolvidos no Seis Sigma, o principal critério citado por mais de 75% das empresas respondentes foi a “indicação”. Como se tratava de uma questão de múltipla escolha pela qual as empresas poderiam apontar também outras possibilidades de seleção dos candidatos, mereceram destaque o “plano de carreira” e a “entrevista de seleção”. A Figura 4.13 mostra os outros critérios para escolha dos especialistas envolvidos no desenvolvimento do programa.

O resultado obtido confirma a posição de vários autores (HENDRICKS & KELBAUGH, 1998; HAHN et al., 2000; HOERL, 2001; INGLE & ROE, 2001) sobre o assunto, pois afirmam que a escolha de um candidato a especialista do Seis Sigma (*Master Black Belt*, *Black Belt* ou *Green Belt*) deve ser criteriosa e partir de uma indicação (ou recomendação) dentro da própria organização, sempre respaldada pelo histórico e performance do profissional, em virtude dos riscos que

uma escolha mal sucedida pode ocasionar. Isso se deve ao fato de que nestes profissionais são investidos muitos recursos em treinamento, além da responsabilidade que é atribuída à função, visando o pleno êxito dos projetos.

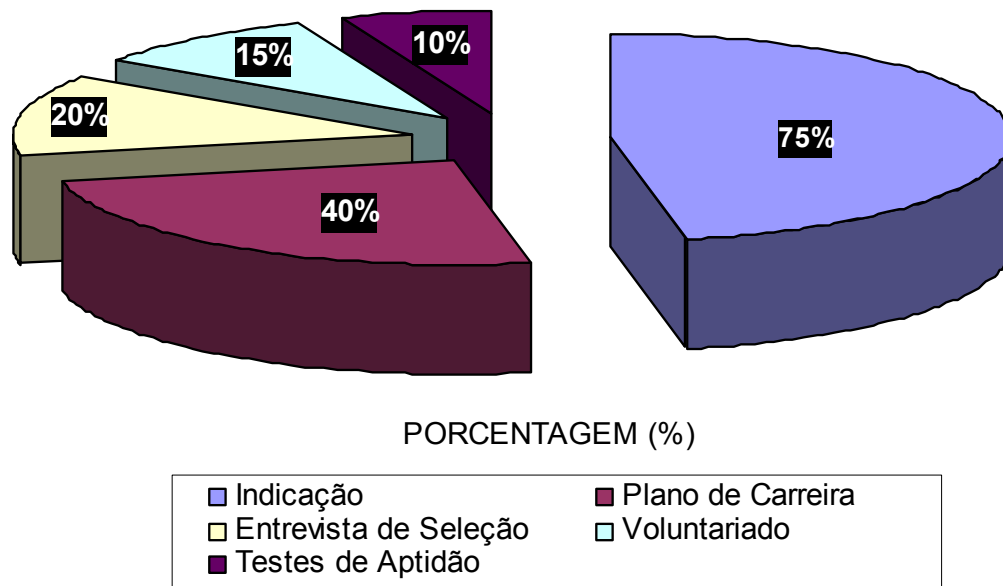


FIGURA 4.13 – CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS ESPECIALISTAS DO SEIS SIGMA

Comparando-se os dados obtidos neste estudo com os dois levantamentos realizados anteriormente (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) constata-se que existe similaridade, pois ambos também apontaram que a “indicação” é o principal critério de seleção dos profissionais do Seis Sigma.

Outro dado revelado na pesquisa relacionado com os profissionais que trabalham no Seis Sigma indica que mais de 93% das empresas designam um coordenador específico para implementar o programa. Essa verificação também tem similaridade com a pesquisa realizada por WERKEMA (2002a) quando cerca de 95% das empresas pesquisadas afirmaram que fazem a alocação de um profissional dedicado integralmente para coordenar a implantação do programa Seis Sigma nas empresas.



A justificativa para a verificação da existência de coordenadores específicos na condução da implementação do programa Seis Sigma na quase totalidade das empresas respondentes, se deve ao fato de que as empresas desejam evitar fracassos, pois a maioria dos projetos Seis Sigma falha devido a pouca habilidade no gerenciamento, configuração e manutenção das regras base e das responsabilidades atribuídas nos projetos (ANTONY & BANUELAS, 2001; LYNCH et al., 2003). Além disso, as empresas optam por alocar um coordenador específico para conduzir a implementação do programa Seis Sigma em suas atividades, devido a expectativa de que o Seis Sigma se configure como um programa que tenha o objetivo de obter lucros através da execução de projetos que enfrentem a variabilidade dos processos e que sejam rentáveis. Daí, a decisão de assegurar por meio de um coordenador específico a ligação entre os objetivos dos projetos Seis Sigma e as estratégias de negócio definidas pelas empresas (PANDE et al., 2000; KLEFSJÖ et al., 2001; MALEYEFF & KRAYENVENGER, 2004).

Após a apresentação dos resultados referentes a escolha dos especialistas ao programa Seis Sigma é apresentado a seguir os dados obtidos no levantamento sobre a formação destes profissionais.

#### **4.1.4 FORMAÇÃO DOS PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS COM O PROGRAMA SEIS SIGMA**

Essa parte do levantamento procurou identificar junto as empresas respondentes, a quantidade de profissionais envolvidos diretamente com o programa Seis Sigma, a forma de dedicação ao programa e principalmente a carga horária de treinamento e os investimentos destinados a capacitação dos profissionais envolvidos.

No que se refere a quantidade de profissionais dedicados ao Seis Sigma, analisando os dados coletados, constatou-se que os funcionários com a qualificação de *Master Black Belts* estão presentes em quase 40% das empresas

pesquisadas, mas em 59% dos respondentes não existem esses profissionais e mesmo analisando as empresas pesquisadas não foi possível verificar quaisquer características ou fatores que justificassem tal ocorrência. Os *Black Belts*, aparecem em quase 80% das empresas e fato semelhante ocorreu com os *Green Belts*, que tem presença em mais de 50% das empresas que fizeram parte do levantamento. A Tabela 4.1 apresenta os dados coletados.

TABELA 4.1 – NÚMERO DE PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS COM O PROGRAMA SEIS SIGMA

Nº de Profissionais nas Empresas Respondentes	<i>Master Black Belts</i>	%	<i>Black Belts</i>	%	<i>Green Belts</i>	%
Nenhum	46	59,0%	7	9,0%	7	9,0%
De 1 a 50	29	37,2%	62	79,5%	41	52,6%
De 51 a 100	0	0,0%	6	7,7%	15	19,2%
De 101 a 150	0	0,0%	0	0,0%	10	12,8%
De 151 a 200	0	0,0%	0	0,0%	1	1,3%
Acima de 200	0	0,0%	0	0,0%	4	5,1%
Não responderam	3	3,8%	3	3,8%	0	0,0%

Os dados obtidos no levantamento revelaram que as empresas respondentes possuem em seus quadros quantidade de profissionais envolvidos com o programa Seis Sigma que estão abaixo dos padrões indicados por alguns autores (PEREZ-WILSON, 1999; HOERL, 2001; INGLE & ROE, 2001), pois recomenda-se que nas grandes empresas existam no mínimo 30 *Master Black Belts*, pelo menos 1 *Black Belt* para cada 100 funcionários e 1 *Green Belt* para cada 20. Portanto, considerando que este levantamento apontou que cerca de 65% das empresas respondentes são de grande porte, o número de profissionais envolvidos com o Seis Sigma é inferior ao recomendado. Por exemplo, em uma das empresas respondentes - de grande porte (e que conta com mais de 10 mil

funcionários) - havia apenas 1 *Master Black Belt*, 1 *Black Belt* para cada 250 funcionários e 1 *Green Belt* para cada 100.

Cabe registrar que os dois levantamentos realizados anteriormente (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) não pesquisaram a quantidade de profissionais envolvidos com o Seis Sigma.

Contudo, o tempo médio de treinamento destinado aos profissionais envolvidos com o programa Seis Sigma apontou indicadores melhores quando comparados com a literatura, em relação aos *Black Belts*. A pesquisa revelou que quase 20% das empresas respondentes investem de “1 a 200 horas” no aprimoramento dos *Master Black Belts*, mais de 50% reservam aos *Black Belts* de “201 a 400 horas” de treinamento e mais de 80% das empresas pesquisadas também dedicam de “1 a 200 horas” ao aperfeiçoamento dos *Green Belts*, conforme está sintetizado na Tabela 4.2.

TABELA 4.2 – TREINAMENTO DOS PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS COM O SEIS SIGMA

Carga Horária de Treinamento	<i>Master Black Belts</i>	%	<i>Black Belts</i>	%	<i>Green Belts</i>	%
0 hora	46	59,0%	7	9,0%	6	7,6%
De 1 a 200 horas	14	18,0%	12	15,4%	63	80,8%
De 201 a 400 horas	11	14,0%	40	51,3%	5	6,4%
De 401 a 600 horas	4	5,1%	16	20,5%	2	2,6%
Acima de 600 horas	3	3,9%	3	3,8%	2	2,6%

Os dados apresentados são próximos às indicações de alguns autores, que sugerem como tempo de treinamento ideal para os profissionais envolvidos no programa Seis Sigma, cerca de 200 horas (WIPER & HARRISON, 2000; HOERL, 2001; INGLE & ROE, 2001). Esta constatação indica outro aspecto positivo do Seis Sigma, em especial nas empresas que aplicam o programa no Brasil, pois conforme os dados obtidos através deste levantamento, a carga horária de

treinamento dos *Black e Green Belts* é a mesma das empresas que adotaram o programa Seis Sigma em outros países conforme afirma HOERL (1998).

Vale registrar que os dois levantamentos realizados anteriormente abordaram de maneiras diferentes a questão do treinamento dos profissionais envolvidos no programa Seis Sigma. Um dos levantamentos (WERKEMA, 2002a) apurou a questão em dias de treinamento e obteve que as empresas respondentes dedicavam de 15 a 21 dias para a realização dos cursos de capacitação dos profissionais, ou seja, de 120 a 170 horas. O outro levantamento (FALANDO DE QUALIDADE, 2004) não conseguiu exprimir dados concretos.

O levantamento também teve o propósito de identificar se os profissionais envolvidos no Seis Sigma ofereciam dedicação exclusiva ao programa. A Tabela 4.3 aponta que em quase 35% das empresas os *Master Black Belts* tem dedicação exclusiva, e em um pouco mais de 25% das empresas, os *Black Belts* se dedicam exclusivamente ao Seis Sigma.

TABELA 4.3 – DEDICAÇÃO DOS PROFISSIONAIS MASTER BLACK, BLACK E GREEN BELTS

Dedicação exclusiva	<i>Master Black Belts</i>	%	<i>Black Belts</i>	%	<i>Green Belts</i>	%
Sim	26	33,3%	21	26,9%	0	0,0%
Não	13	16,7%	51	65,4%	72	92,3%
Não responderam	39	50,0%	6	7,7%	6	7,7%

Cabe registrar que os resultados obtidos neste levantamento divergem do que foi realizado anteriormente (WERKEMA, 2002a), que apurou cargas de dedicação dos profissionais envolvidos no Seis Sigma mais elevadas, como por exemplo: 100% dos *Master Black Belts*; 60% dos *Black Belts* e 35% dos *Green Belts*, se dedicavam exclusivamente ao programa na época da pesquisa. Contudo, vale considerar que a amostra era menor no trabalho de WERKEMA (2002a). Tais

constatações mostram realidades diferentes, inclusive da que foi apresentada por HOERL (2001) quando afirma que os *Black Belts* devem ter o tempo dedicado integralmente aos projetos Seis Sigma. Mesmo assim, o presente trabalho não conseguiu detectar quaisquer implicações - se positivas ou mesmo negativas - no tocante a dedicação dos profissionais do Seis Sigma.

Outra abordagem do levantamento que merece destaque trata do reconhecimento concedido aos profissionais envolvidos no programa Seis Sigma, mostradas na Figura 4.14. O presente estudo constatou que mais de 50% das empresas pesquisadas oferecem algum tipo de recompensa aos especialistas que executam seus trabalhos na aplicação do Seis Sigma. A concessão de algum tipo de reconhecimento que é oferecida aos *Master Black*, *Black* e *Green Belts*, é prática comum nas empresas que adotam o Seis Sigma, pois em geral os projetos executados buscam metas financeiras e o reconhecimento, tanto econômico quanto por mérito, visa estimular os envolvidos na execução dos projetos (HENDRICKS & KELBAUGH, 1998; HAN & LEE, 2002).

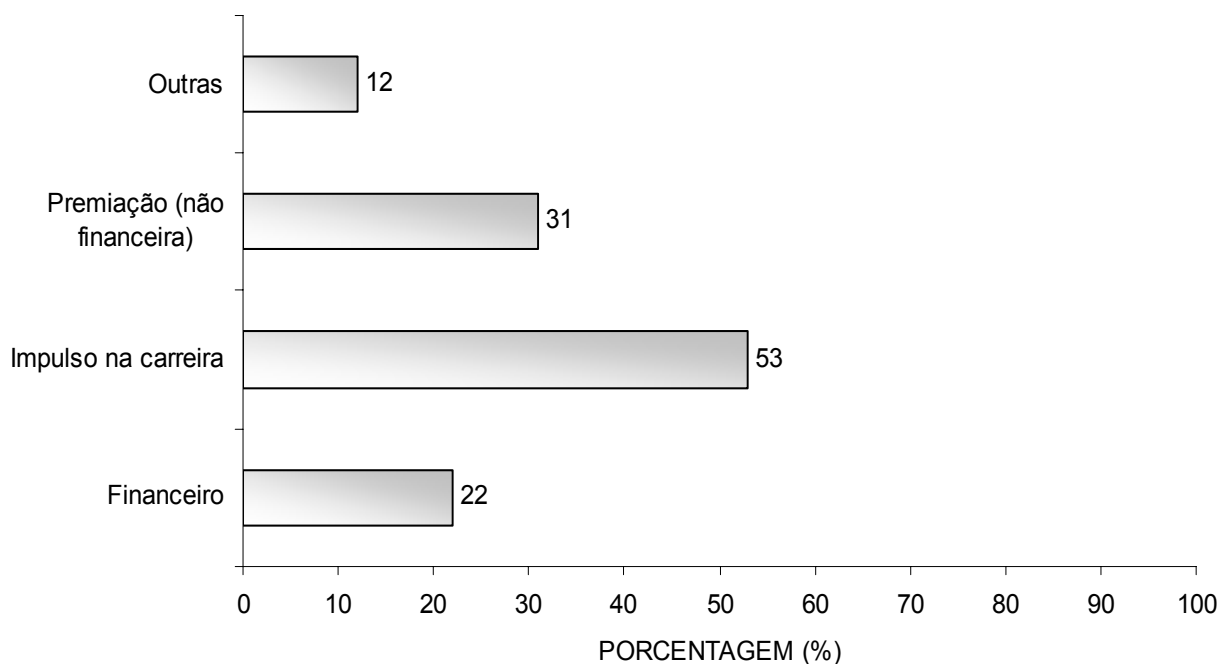


FIGURA 4.14 – TIPOS DE RECONHECIMENTO AOS PROFISSIONAIS DO SEIS SIGMA

Os dados coletados indicam que os tipos de reconhecimento concedidos pelas empresas respondentes, como méritos ao empenho dos profissionais envolvidos no programa são principalmente, o “impulso na carreira” e a “premiação (não financeira)”. Esses resultados confirmam citações de outros autores (HENDRICKS & KELBAUGH, 1998; THEVIN, 2004), pois afirmam que quando os projetos Seis Sigma são apoiados em profissionais estimulados por algum tipo de recompensa previamente revelada, a possibilidade dos objetivos serem atendidos é bastante superior. Esta afirmação também foi demonstrada na pesquisa realizada por HARRY & SCHROEDER (2000) quando apontou que 61% das organizações ligavam as recompensas que concediam aos profissionais envolvidos nos projetos Seis Sigma às suas estratégias de negócios.

Cabe ressaltar que dos dois levantamentos realizados anteriormente (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) somente o primeiro abordou tal questão. Contudo, esse tema foi abordado de maneira diferente no referido estudo, pois a indagação aos respondentes se referia a qual política ou prática preventiva era voltada para a retenção dos profissionais envolvidos com o Seis Sigma. Os resultados de WERKEMA (2002a) indicaram que 87% das empresas adotavam um sistema de bônus financeiro por projetos concluídos, visando reter os profissionais ligados ao Seis Sigma.

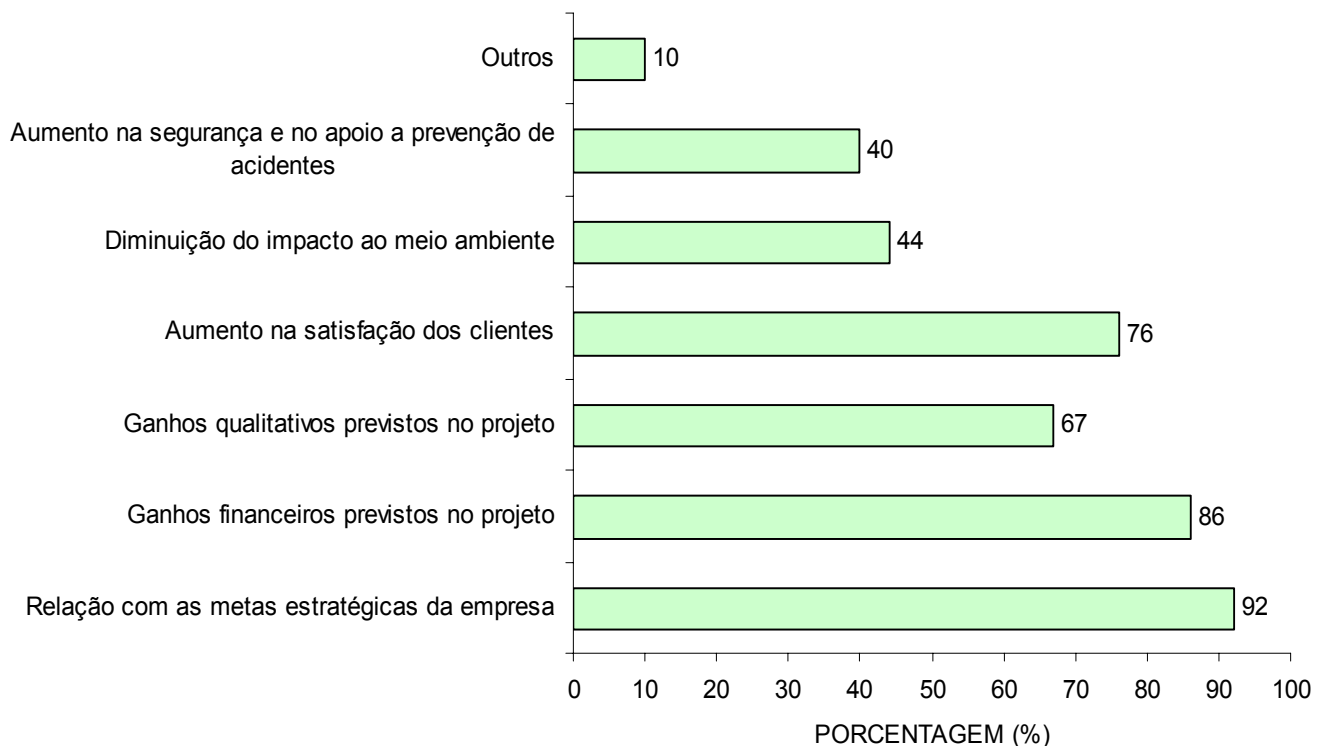
Prosseguindo a apresentação dos dados coletados com o levantamento, a seguir serão demonstrados os resultados que as empresas respondentes conseguiram obter com a aplicação do programa Seis Sigma.

#### **4.1.5 APLICAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA E SEUS RESULTADOS**

Um dos objetivos principais do levantamento foi buscar a obtenção de dados que revelassem os resultados que as empresas respondentes conseguiram com a aplicação do programa Seis Sigma. Assim, foram elaboradas questões que indicassem os procedimentos adotados pelas empresas respondentes para a

definição dos critérios de seleção e das metas estabelecidas para o desenvolvimento dos projetos Seis Sigma.

Dessa maneira, por meio de uma questão de “múltipla escolha”, foram identificados que os principais critérios para a seleção dos projetos Seis Sigma são a “relação com as metas estratégicas da empresa”, os “ganhos financeiros previstos no projeto” e o “aumento na satisfação dos clientes” como está demonstrado na Figura 4.15.



*FIGURA 4.15 – CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE PROJETOS SEIS SIGMA*

As constatações mencionadas acima são confirmadas por alguns autores que estudam o Seis Sigma, quando afirmam que devem haver critérios adequados para a seleção dos projetos e sempre se manterem alinhados com as estratégias das empresas, obedecendo as prioridades de (ANTONY & BANUELAS, 2002; HONG & GOH, 2003; GOH & XIE, 2004; MOTWANI et al., 2004): obter lucros; serem viáveis e preverem as conseqüências do impacto organizacional.

Além disso, a orientação dos projetos para atender as exigências dos clientes é imprescindível e essa condição se viabiliza quando são compreendidos os *CTQs* (*Criticals to Quality*) que são as características críticas para a qualidade (BREYFOGLE III et al., 2001), pois identificar os *CTQs* é importante para diferenciar as demandas oriundas do mercado e assim indicar se os projetos foram corretamente selecionados (ROTONDARO et al., 2002).

Na seqüência da abordagem, a Figura 4.16 apresenta o resultado do levantamento quanto aos profissionais envolvidos na definição dos critérios para a seleção dos projetos Seis Sigma, destacando-se que o envolvimento se dá principalmente através dos gerentes, diretores e coordenadores do programa.

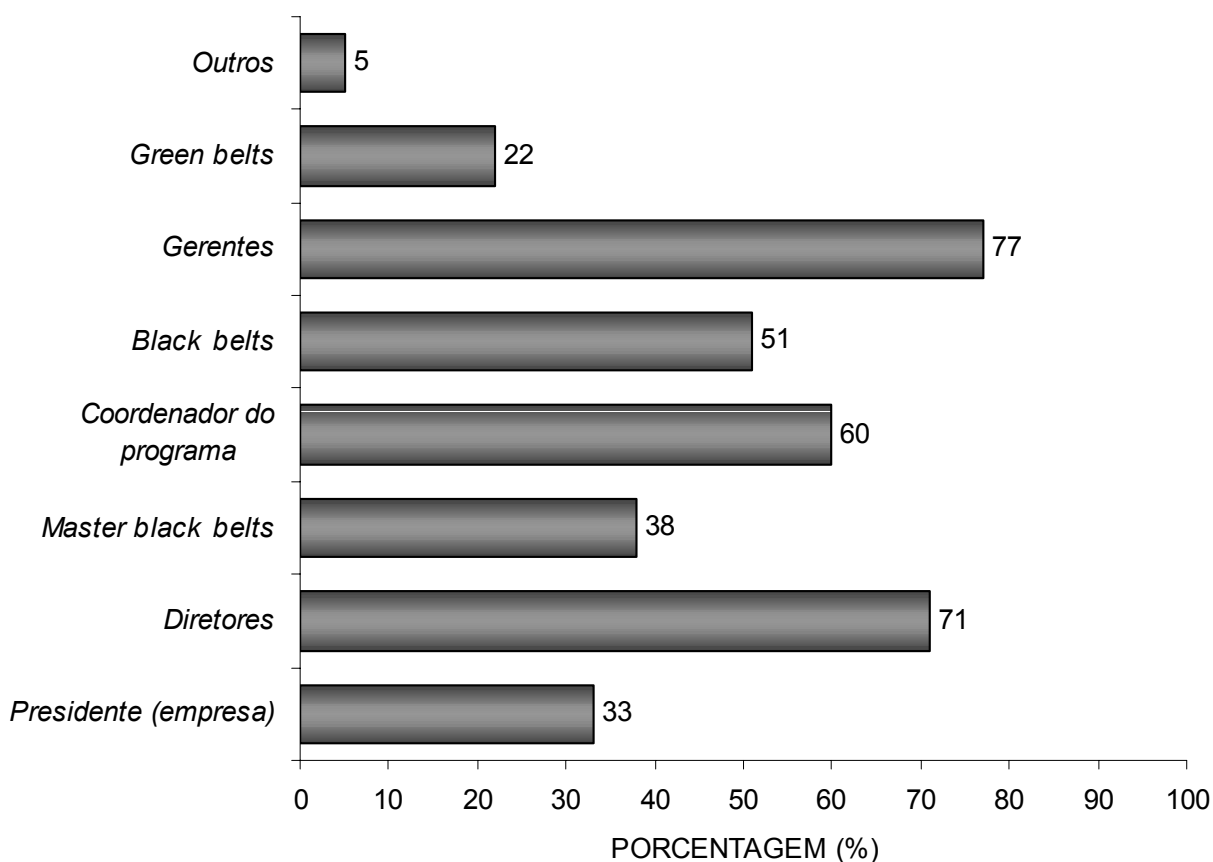


FIGURA 4.16 – PRINCIPAIS ENVOLVIDOS NA SELEÇÃO DE PROJETOS SEIS SIGMA



Como dado complementar, o levantamento apurou também, a quantidade e o tempo médio de duração dos projetos executados pelas empresas. Os dados coletados revelaram que aproximadamente 17% dos respondentes executam acima de 50 projetos por ano, seguindo o programa Seis Sigma. Os demais índices estão apresentados na Figura 4.17.

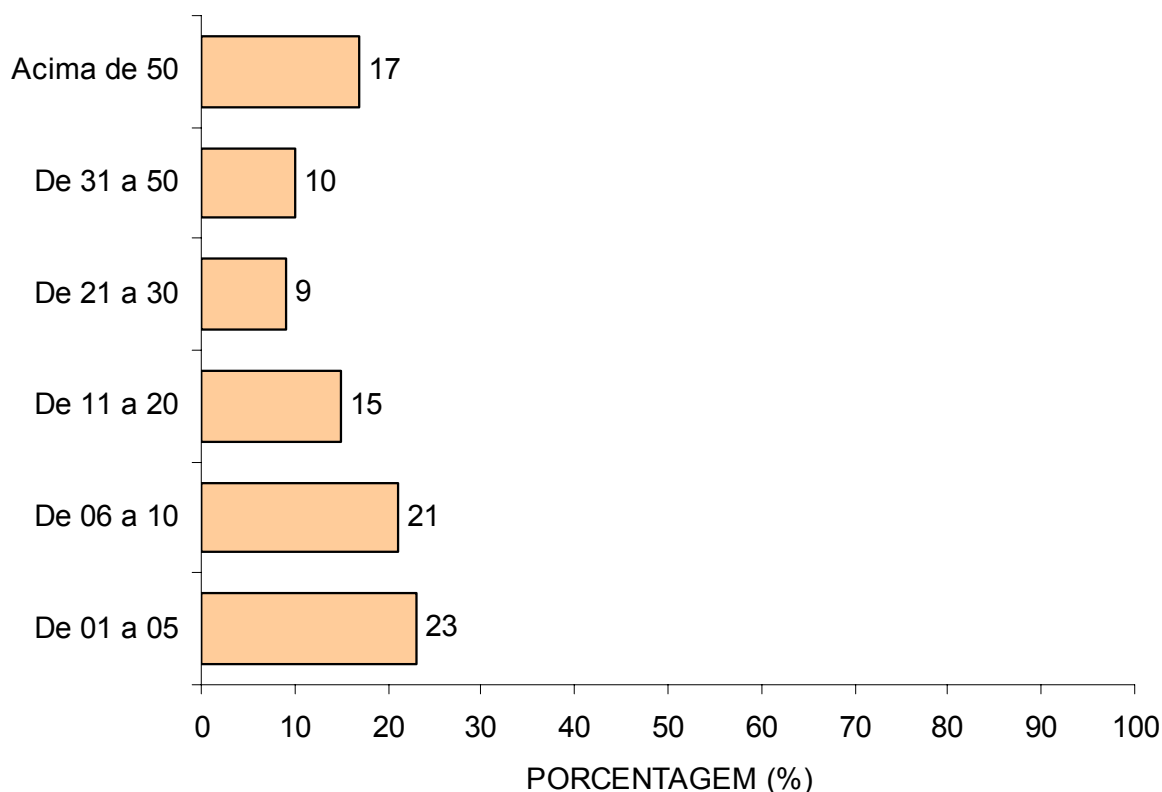


FIGURA 4.17 – QUANTIDADE DE PROJETOS SEIS SIGMA

No que se refere ao tempo médio de duração dos projetos executados pelas empresas constatou-se que a maior incidência do prazo para conclusão varia entre 01 a 18 meses, sendo que o período que predomina é de 06 a 12 meses (cerca de 60%) conforme é mostrado na Figura 4.18. Vale esclarecer, que na literatura pesquisada sobre Seis Sigma não foram encontradas menções explícitas sobre os prazos para execução dos projetos relacionados ao programa.

Além disso, este aspecto não foi abordado nos levantamentos realizados anteriormente (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004).

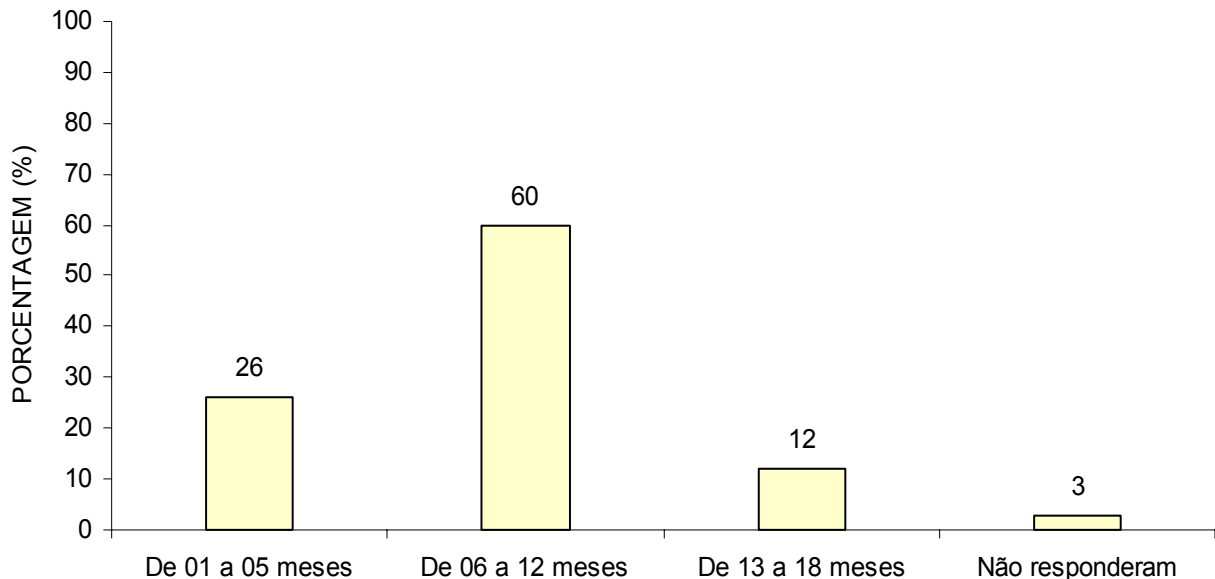


FIGURA 4.18 – TEMPO MEDIO DE DURAÇÃO DOS PROJETOS SEIS SIGMA

#### 4.1.6 BENEFÍCIOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA

Uma das questões mais relevantes do levantamento foi sobre os benefícios que o programa Seis Sigma está proporcionando para as empresas. Na Figura 4.19 pode ser visto que a maioria delas, ou seja, aproximadamente 90% indicaram a “redução dos desperdícios”, como o principal benefício. Seguindo-se, o “aumento da produtividade” e a “diminuição da variação dos processos” fora outros benefícios apontados. Esta constatação também estabelece similaridade com a literatura, pois o programa Seis Sigma aplica-se tanto para a melhoria de processos já existentes como também para o desenvolvimento de novos processos industriais, com o objetivo de aumentar a produtividade, diminuir o ciclo de tempo dos processos e o número de itens defeituosos, tendo como consequência a diminuição de custos de produção e o aumento da competitividade das empresas (HAHN et al., 2000; ANTONY & BAÑUELAS, 2001;

FOLARON, 2003; LINDERMAN et al., 2003; PFEIFER et al., 2004; WESSEL & BURCHER, 2004).

Cabe mencionar que dos dois levantamentos realizados anteriormente (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) somente o segundo abordou sobre este aspecto e apurou que 62,5% dos respondentes identificaram “a redução de desperdícios” como o principal benefício conseguido com a adoção do Seis Sigma, resultado que é similar ao do presente levantamento.

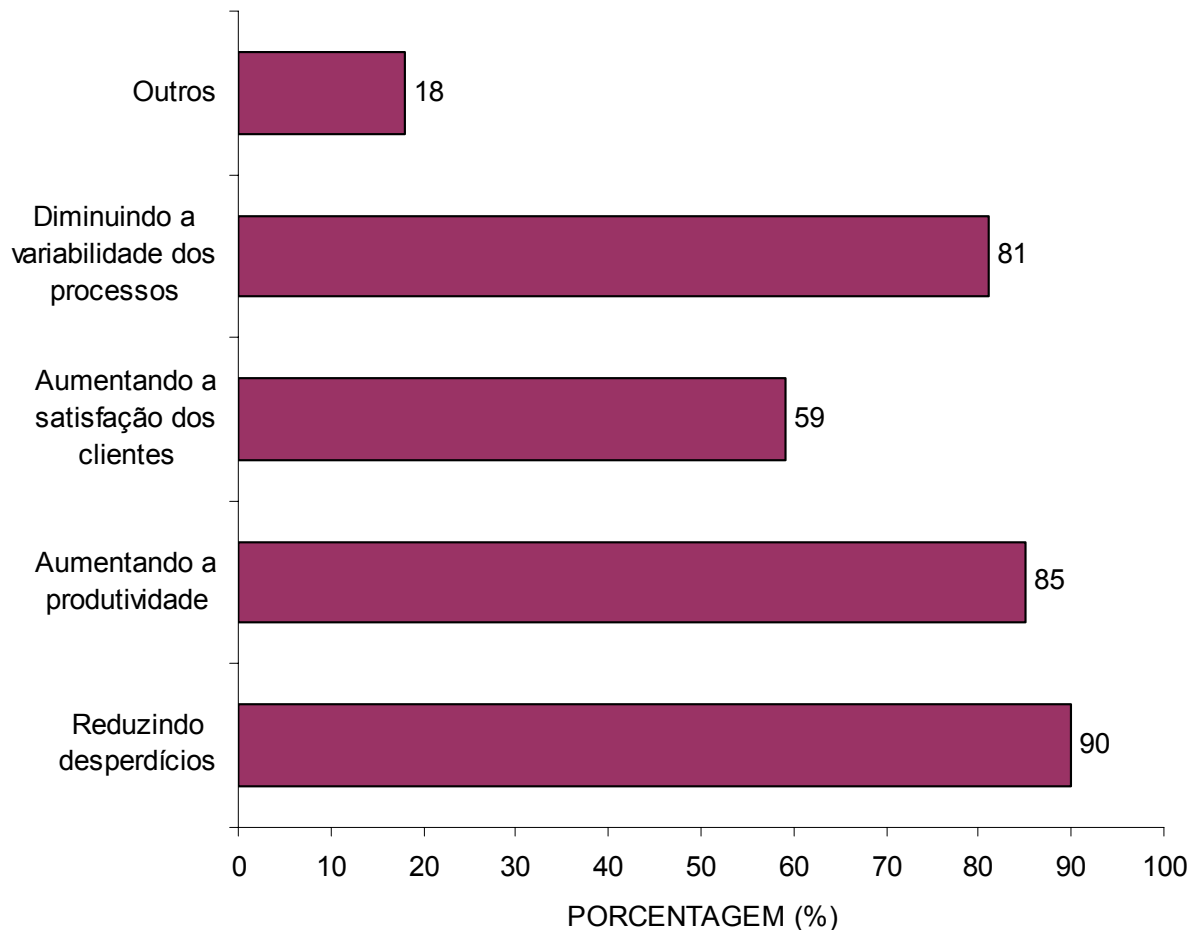


FIGURA 4.19 – BENEFÍCIOS DO PROGRAMA SEIS SIGMA

Outro aspecto relevante abordado no trabalho e um dos temas de maior interesse no levantamento foram as questões sobre os benefícios financeiros (retorno dos projetos) auferidos com o desenvolvimento dos projetos Seis Sigma nas empresas.

Cerca de 30% dos respondentes confirmaram que obtiveram valores que variaram de “R\$ 51mil à R\$ 100 mil” por projetos, mas ocorreram outras indicações de ganhos que estão demonstradas na Figura 4.20. As informações obtidas corroboram com a literatura, que afirma que, se devidamente implementado, o Seis Sigma resulta na conquista de benefícios financeiros (BEHARA et al., 1995; MARASH, 2000; GOH & XIE, 2004; MALEYEFF & KRAYENVENGER, 2004).

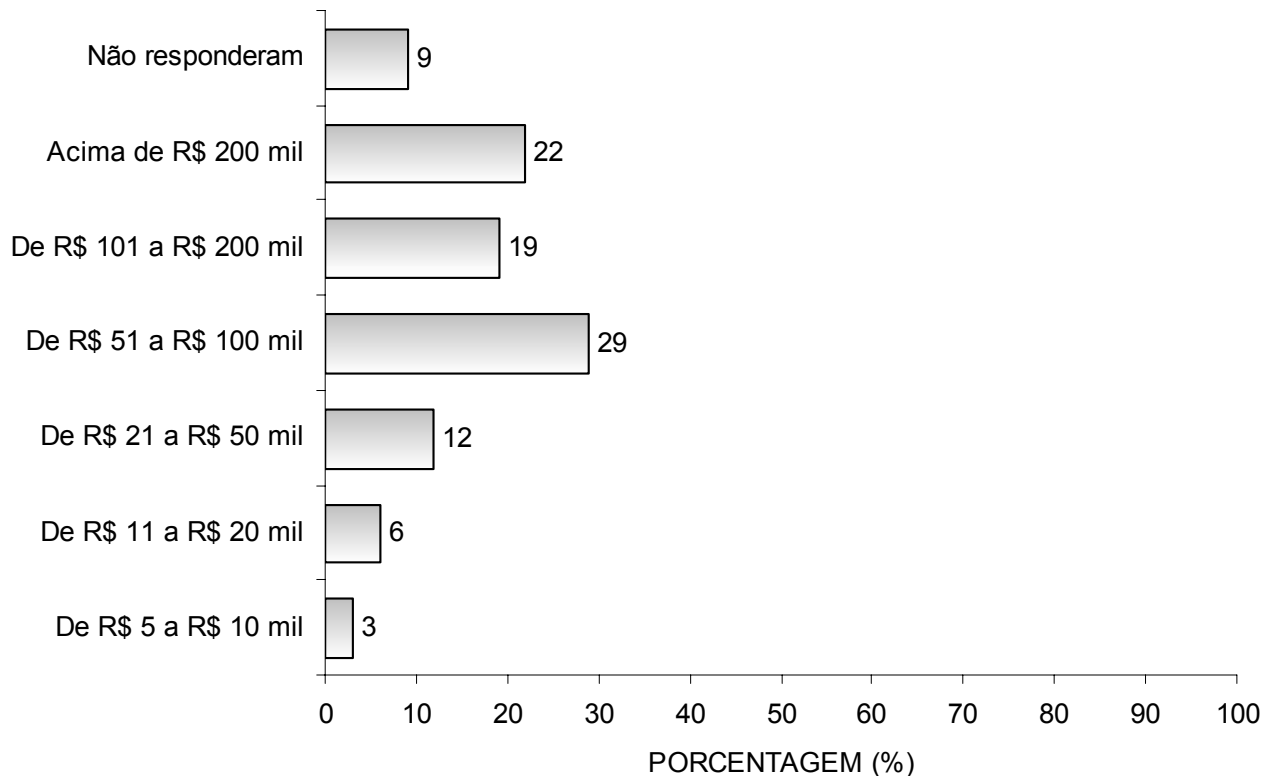


FIGURA 4.20 – RETORNO FINANCEIRO OBTIDO POR PROJETO SEIS SIGMA

A respeito deste aspecto o levantamento realizado por WERKEMA (2002) fez ampla abordagem, pois indagou os respondentes se eram definidos previamente ganhos financeiros mínimos e máximos para os projetos Seis Sigma. O levantamento feito por WERKEMA (2002a) identificou que a maioria das empresas estabelecia valores entre R\$ 75 mil à R\$ 200 mil como retorno para cada projeto Seis Sigma implementado. Esse fato, também tem relativa similaridade se comparado com os dados apontados no presente levantamento, embora cerca de 30% tenham indicado a faixa entre R\$ 51 mil à R\$ 100 mil.

No que se refere as áreas das empresas nas quais são aplicados os projetos Seis Sigma, se na área produtiva ou administrativa, a Tabela 4.4 ilustra que os projetos são orientados, na maioria dos respondentes para a área produtiva. Cabe destacar que nenhum dos dois levantamentos anteriores (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) tratou essa questão.

*TABELA 4.4 – PROJETOS ORIENTADOS PARA A ÁREA PRODUTIVA E ADMINISTRATIVA*

Área Produtiva	Quantidade	
	%	Nº de Empresas
Até 30%	7,7%	6
De 31% a 50%	7,7%	6
De 51% a 60%	11,5%	9
De 61% a 70%	12,8%	10
De 71% a 90%	29,5%	23
De 91% a 99%	12,8%	10
Até 100%	18,0%	14

Área Administrativa	Quantidade	
	%	Nº de Empresas
0%	6,4%	5
De 1% a 10%	16,7%	13
De 11% a 20%	16,7%	13
De 21% a 30%	15,4%	12
De 31% a 40%	14,1%	11
De 41% a 70%	11,5%	9
De 71% a 100%	2,6%	2
Não responderam	16,7%	13

Além da questão que buscou coletar informações sobre os benefícios financeiros obtidos por projetos Seis Sigma, a abordagem mais relevante foi extrair dados que revelassem quais foram os ganhos contabilizados como resultados do programa Seis Sigma nas empresas respondentes. A Figura 4.21 apresenta os resultados financeiros conquistados pelas empresas entre os anos 2000 a 2003. Cabe esclarecer que foi definido esse período, pois três anos pode oferecer avaliação mais consistente sobre os dados indicados pelos respondentes.

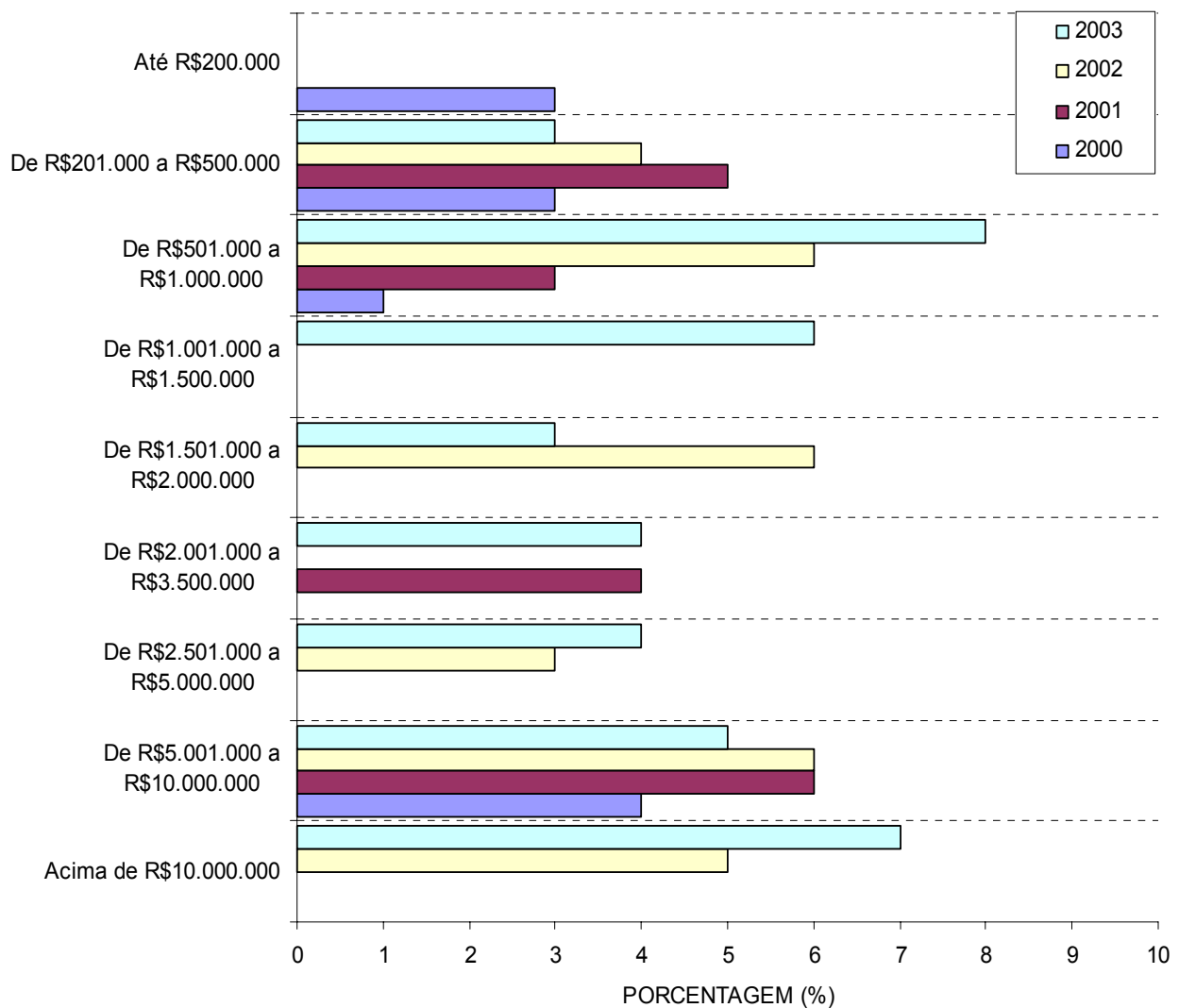


FIGURA 4.21 – RESULTADOS FINANCEIROS CONTABILIZADOS NO SEIS SIGMA

Nos dois levantamentos anteriores (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004), somente o primeiro tratou desse assunto e constatou que os ganhos contabilizados como resultados do programa Seis Sigma nas empresas respondentes variou de R\$ 80 mil à R\$ 10 milhões entre 1999 a 2002. Esses valores também guardam relativa similaridade, se comparados com os dados apontados no presente levantamento.

Outro dado significativo obtido com a realização do levantamento indica que aproximadamente 80% das empresas respondentes confirmaram que os ganhos financeiros do Seis Sigma são validados pela área contábil (ou de controladoria) das empresas. A incidência elevada desse fato também se confirmou no levantamento feito por WERKEMA (2002a), no qual 100% dos respondentes indicaram que validam contabilmente os benefícios econômicos auferidos com o programa.

Outra constatação deste levantamento é que cerca de 70% das empresas respondentes utilizam para medir os ganhos em qualidade na aplicação do programa Seis Sigma, a escala “ppm” (partes por milhão).

A Figura 4.22 mostra as demais formas das empresas que adotaram o Seis Sigma medirem os ganhos em qualidade, cabendo mencionar que os resultados obtidos são confirmados por vários autores (BEHARA et al., 1995; ECKES, 2001; GOFFNET, 2004), quando indicaram que as empresas optam preferencialmente pelo “ppm” (partes por milhão) para medir os ganhos de qualidade conquistados pelo Seis Sigma.

No que se refere às escalas adotadas pelas empresas para medirem os ganhos em qualidade de produtos e processos desenvolvidos em projetos Seis Sigma, os dois levantamentos anteriores (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) também apontaram que a escala “ppm” (partes por milhão) era a mais utilizada pelas empresas, com índices de 55% (em 2002) e 25% (em 2004).

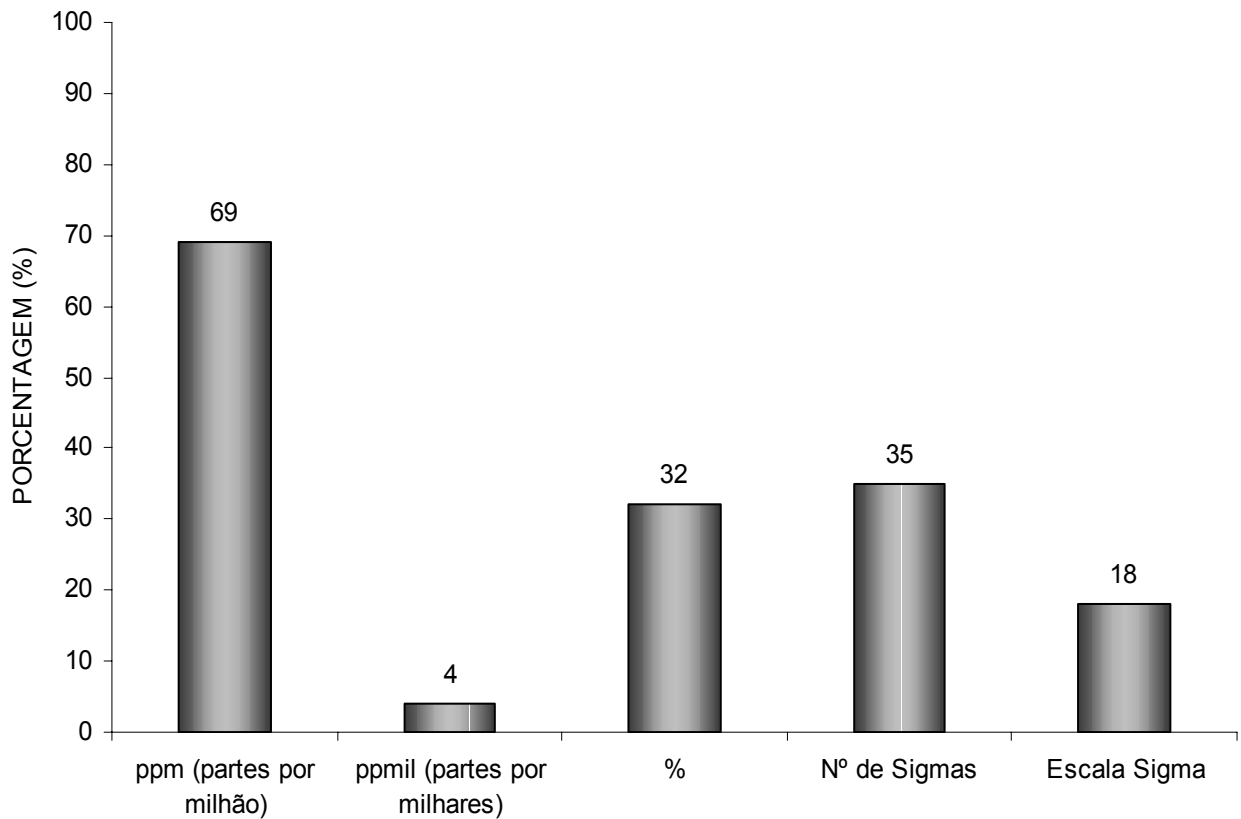


FIGURA 4.22 – ESCALA ADOTADA PARA MEDIR OS RESULTADOS DO SEIS SIGMA

Como dado complementar, o presente levantamento também revelou que quase a totalidade dos respondentes utiliza no tratamento dos dados de seus processos algum *software* estatístico.

A maioria dos respondentes (97%) usa o *software* denominado Minitab®<sup>8</sup> para avaliar estatisticamente o desempenho dos projetos Seis Sigma, conforme está demonstrado na Figura 4.23. Além disso, o aplicativo Excel®<sup>9</sup> também foi apontado pela metade das empresas respondentes como alternativa no acompanhamento estatístico dos indicadores do programa. Essas constatações validam a afirmação de outros autores quando afirmam que os dados estatísticos

<sup>8</sup> Minitab é marca registrada da Minitab Inc. (USA).

<sup>9</sup> Excel é marca registrada da Microsoft Corporation (USA).



devem ser processados em *softwares* adequados ao programa Seis Sigma (HAN & LEE, 2002; HONG & GOH, 2003).

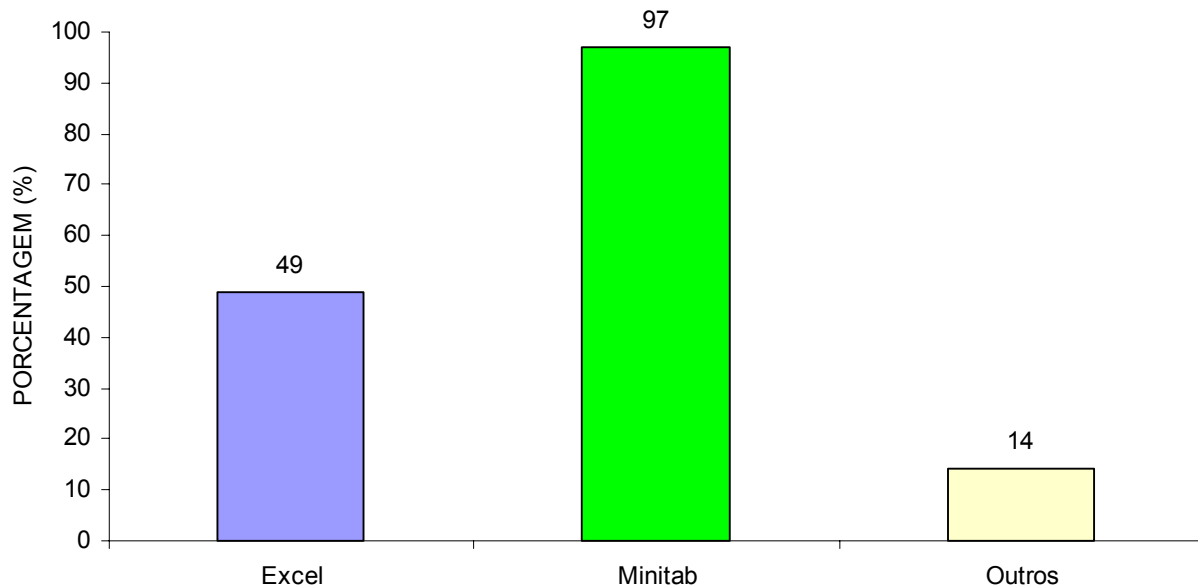
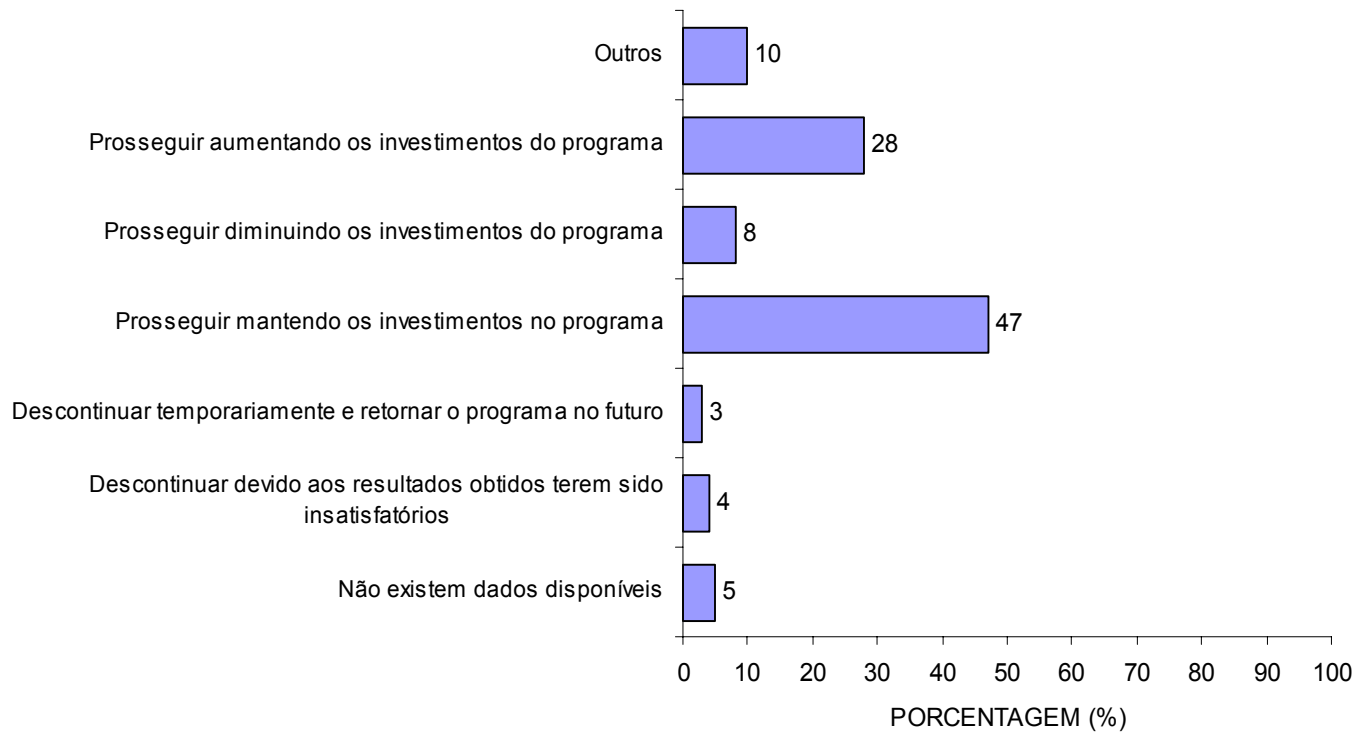


FIGURA 4.23 – UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES ESTATÍSTICOS NO PROGRAMA SEIS SIGMA

Outra abordagem que o levantamento pretendeu identificar foi a respeito das tendências do Seis Sigma nas empresas respondentes, no que se refere ao prosseguimento do programa ou à sua eventual descontinuidade. A Figura 4.24 mostra que os dados observados indicam que a maioria das empresas pretende prosseguir com o programa Seis Sigma em suas atividades mantendo ou aumentando os investimentos no programa.

O resultado mencionado indica a mesma tendência constatada no levantamento que foi feito por WERKEMA (2002a) que teve 88% das empresas que asseguraram a “ampliação” do Seis Sigma em suas atividades, e também, em relação ao que foi realizado depois (FALANDO DE QUALIDADE, 2004), no qual foi apurado que 100% das empresas pretendem continuar com o programa. Contudo, convém manter cautela sobre os dados dos levantamentos anteriores,

pois ambos tiveram um número reduzido de respondentes, em especial, o último citado que teve somente 8 empresas, na amostra.



*FIGURA 4.24 – TENDÊNCIA DO PROGRAMA SEIS SIGMA NAS EMPRESAS RESPONDENTES*

Após a revelação dos dados referentes aos resultados obtidos pelas empresas respondentes que aplicam o Seis Sigma, serão apresentados os aspectos da integração das técnicas, métodos e ferramentas no programa.

#### **4.1.7 MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PROGRAMA SEIS SIGMA**

Após a apresentação e análise das questões que abordaram a aplicação do programa Seis Sigma pelas empresas respondentes, outra informação de relevância sobre o assunto foi quanto à utilização dos chamados “métodos de solução de problemas”, que são aplicados nas empresas para a execução dos projetos Seis Sigma.

O levantamento confirmou que o DMAIC é o método mais usado na aplicação do programa Seis Sigma (em quase 95% das empresas respondentes), conforme também afirma a literatura (SNEE, 2000; BAÑUELAS & ANTONY, 2002; LYNCH et al., 2003; MCADAM & LAFFERTY, 2004). Outro fato relevante foi a confirmação da utilização pelas empresas respondentes de outros métodos, como o DFSS, o DMADV e o DMEDI, conforme está demonstrado na Figura 4.25.

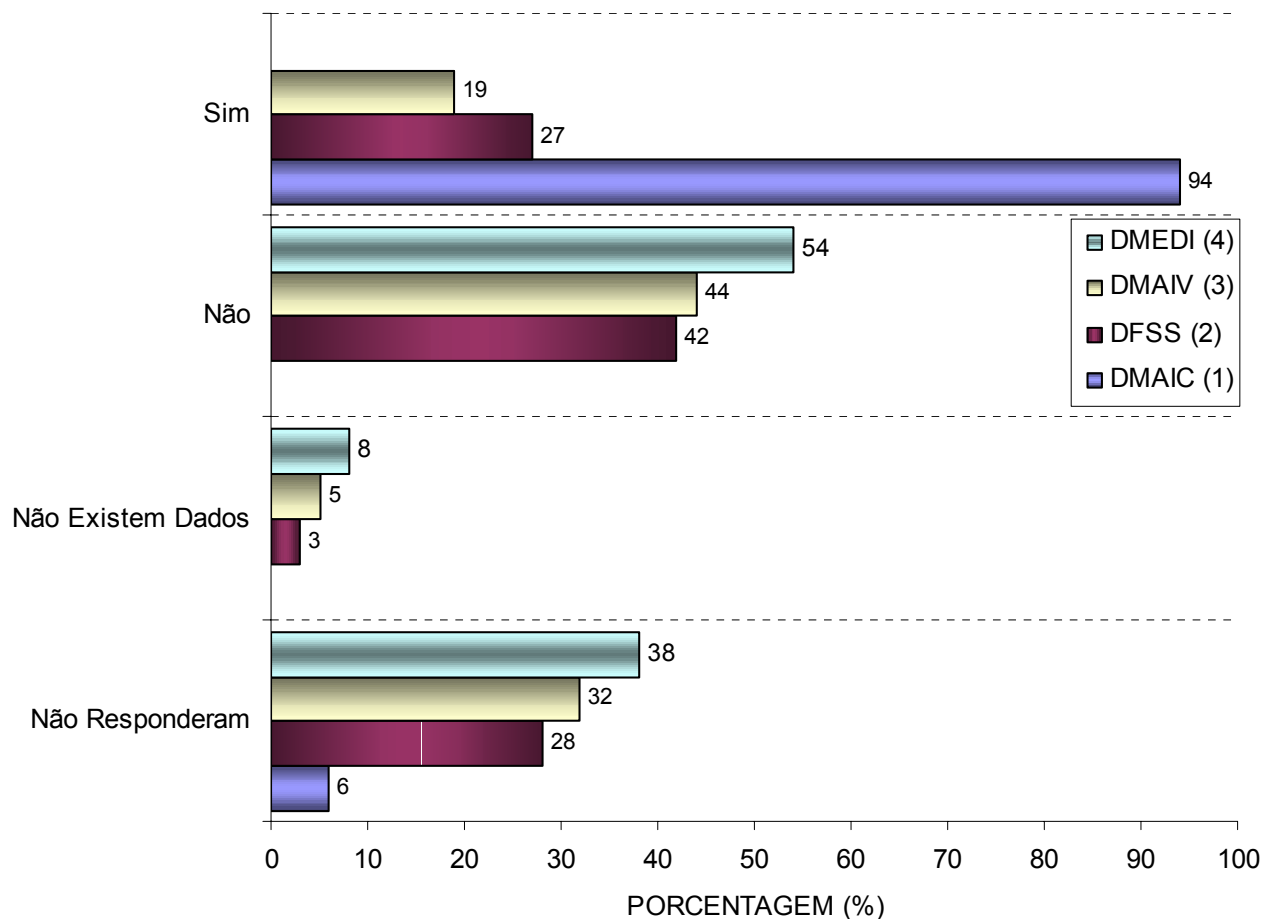


FIGURA 4.25 – USO DOS MÉTODOS DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO SEIS SIGMA

As empresas pesquisadas também foram questionadas a respeito das técnicas e ferramentas que são utilizadas nas etapas do método DMAIC. A lista submetida no questionário continha 58 técnicas e ferramentas e para cada uma,

deveria ser assinalada a etapa do método na qual a técnica ou a ferramenta era usada. O Anexo III (questionário) mostra as 58 técnicas e ferramentas.

O levantamento revelou que as 10 ferramentas mais utilizadas pelas empresas pesquisadas que aplicam o método DMAIC nos projetos Seis Sigma são: Coleta de Dados, Histograma, Diagrama de Pareto, *Brainstorming*, Cartas de Controle, Índices de Capacidade, Fluxograma, Mapa de Processo, Avaliação de Sistema de Medição e CEP (Controle Estatístico de Processo). A Figura 4.26 mostra a utilização das técnicas e ferramentas nas cinco fases do método DMAIC.

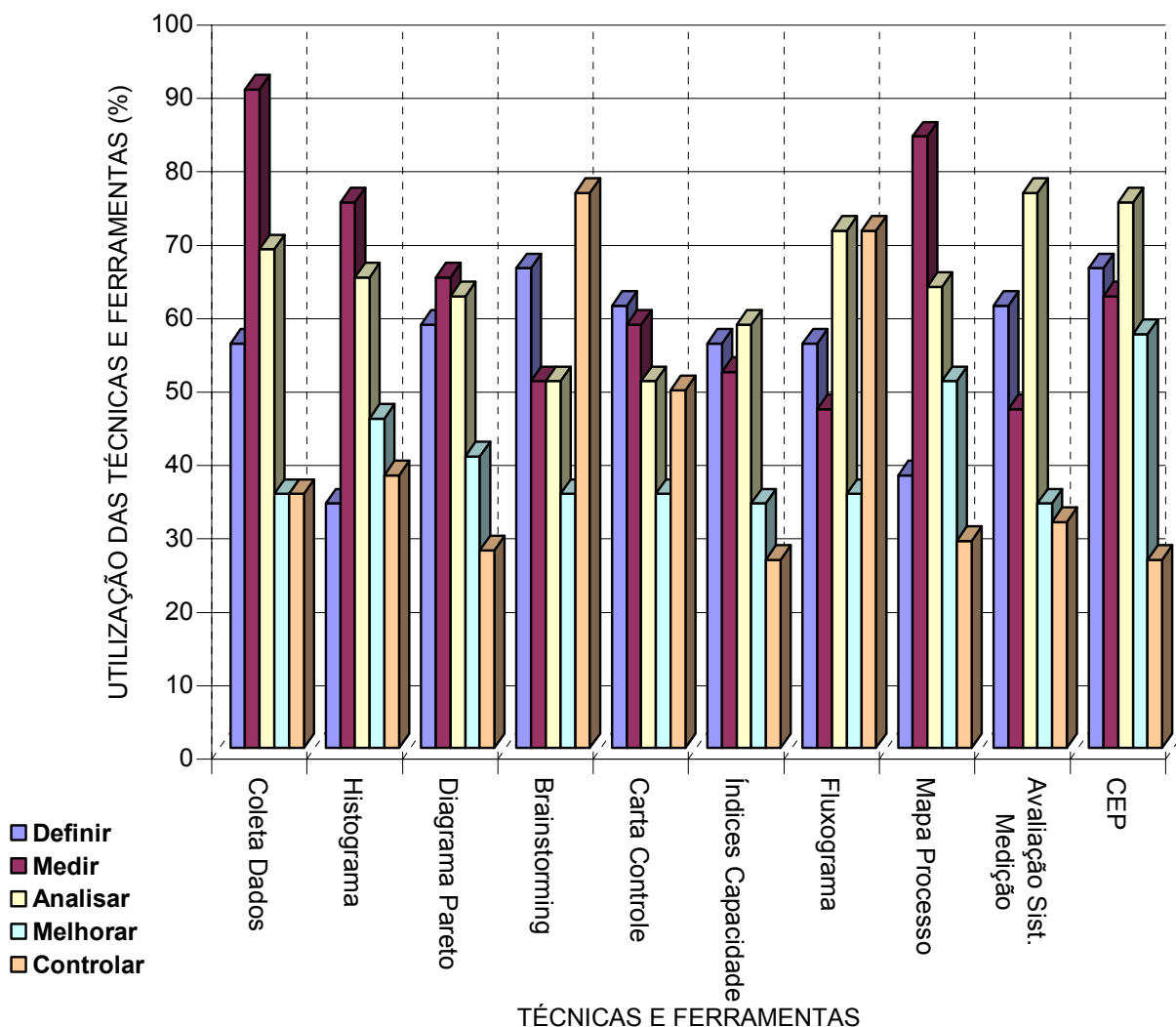


FIGURA 4.26 – TÉCNICAS E FERRAMENTAS MAIS UTILIZADAS DO MÉTOD DMAIC

Os dados coletados no presente trabalho indicaram também que 8 das 10 técnicas e ferramentas mais usadas no DMAIC, estão concentradas na etapa “Medir” do método. Tal ocorrência pode ser explicada, pois nesta fase são aplicadas as ferramentas que medem o desempenho dos processos, que permitem a visualização do estado atual dos mesmos para a definição das metas de aprimoramento (BREYFOGLE III et al., 2001; MCADAM & LAFFERTY, 2004). Visando maiores esclarecimentos, o Anexo VI mostra mais detalhadamente os resultados obtidos no levantamento quanto a utilização das técnicas e ferramentas nas cinco fases do DMAIC.

Registra-se que no estudo conduzido por HAHN et al., (2000) também foram identificadas as 10 ferramentas mais utilizadas nos projetos Seis Sigma: Cartas de Controle, Histograma, Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Matriz de Causa e Efeito, Gráfico Box Plot, Estudo de Gráfico Multi-Variado, Testes de Hipótese para Médias e para Variâncias e Gráficos de Controle por Variáveis. Portanto, comparando os dados do presente trabalho com o que foi realizado por HAHN et al. (2000), apenas três ferramentas e técnicas usadas no Seis Sigma incidem nos dois estudos: Cartas de Controle, Histograma e Diagrama de Pareto.

Comparando-se os resultados deste levantamento com outro realizado por ANTONY & BAÑUELAS (2002), que também identificaram as 10 ferramentas mais utilizadas nos projetos Seis Sigma (Análise de Causa e Efeito, Cartas de Controle, Diagrama de Pareto, Mapa de Processo, Planejamento de Experimentos, FMEA, Índices de Capacidade, QFD, Análise de Regressão e Teste de Hipótese) observa-se que existe coincidência na utilização de quatro ferramentas (Cartas de Controle, Diagrama de Pareto, Índices de Capacidade e Mapa de Processo).

Contudo, os resultados do presente levantamento quando relacionados com as 10 ferramentas menos utilizadas no método DMAIC (OCAP, PDPC, Operação Evolutiva, Teste de Operação, PERT / COM, Teste de Mercado,

*Stakeholder*, FTA, Teste de Vida Acelerada e *Stakeholder Analysis*) apesar de serem demonstrados na Figura 4.27, não puderam ser comparados, pois não foram encontrados dados na literatura sobre o uso de técnicas e ferramentas, especificamente no método DMAIC. Assim, uma análise mais detalhada sobre os motivos que indicam a pouca utilização de determinadas técnicas e ferramentas também poderá ser objeto de estudos futuros.

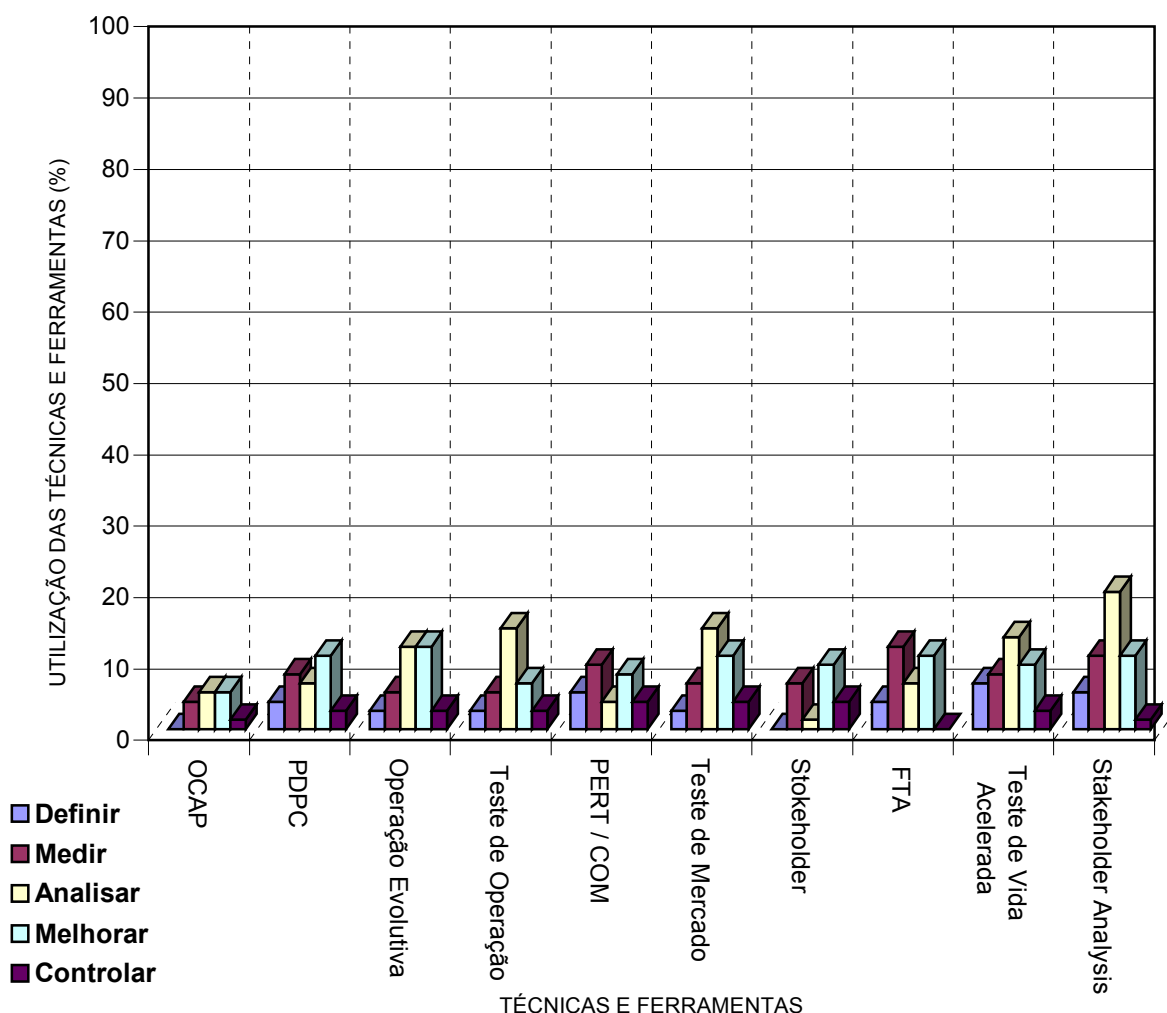


FIGURA 4.27 – TÉCNICAS E FERRAMENTAS MENOS UTILIZADAS NO MÉTODO DMAIC

Cabe registrar, porém, que 8 das 10 técnicas e ferramentas menos usadas no método DMAIC, também estão concentradas na etapa “Medir”. A respeito dessa abordagem o estudo de ANTONY & BAÑUELAS (2002) também aponta as técnicas e ferramentas menos utilizadas nos projetos Seis Sigma (Método Taguchi, CEP - Controle Estatístico de Processo e *Poka-Yoke*), que quando comparadas com o presente levantamento não são coincidentes. Segundo ANTONY & BAÑUELAS (2002) as técnicas e ferramentas “mais poderosas” são menos usadas pelas organizações.

Vale mencionar por fim, que os levantamentos que foram realizados anteriormente (WERKEMA, 2002a; FALANDO DE QUALIDADE, 2004) não trataram da abordagem referente a utilização dos chamados “métodos de solução de problemas” (DMAIC, DFSS e outros) ou ainda, das técnicas e ferramentas que são utilizadas nas etapas do método DMAIC.

#### 4.2 SÍNTESE SOBRE OS RESULTADOS DO LEVANTAMENTO

As Tabelas 4.5, 4.6 e 4.7 sintetizam os dados coletados por meio do levantamento realizado com a condução do presente trabalho.

*TABELA 4.5 – CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS RESPONDENTES*

<b>Abordagem da pesquisa</b>	<b>Dados coletados</b>
Localização geográfica (Estados)	50% estão no Estado de São Paulo
Setor de atividade econômica	Quase 40% são do setor automotivo
Número de empregados	Mais de 65% são de grande porte
Faturamento anual	60% estão entre as 500 maiores do Brasil <sup>10</sup>
Posição no mercado em que atuam	41% são líderes de mercado

<sup>10</sup> Dados de acordo com a revista Exame, 2005.

TABELA 4.6 – IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA

<b>Abordagem da pesquisa</b>	<b>Dados coletados</b>
Ano da implantação do programa	A partir do Ano 2000 observa-se crescimento significativo
Motivo da implantação do programa Seis Sigma	Quase 75% foi como uma “estratégia da empresa” e em mais de 50% como “uma decisão da matriz”
Áreas da empresa que iniciaram a implantação do programa Seis Sigma	Alta administração (50%) e qualidade (40%)
Áreas da empresa em que efetivamente o programa Seis Sigma foi aplicado	70% dos casos indicaram “em toda a empresa”
Quanto a “personalização” do programa Seis Sigma	Ocorreu em mais de 75% das empresas respondentes
CrITÉrios de escolhas dos profissionais	Mais de 75% são por “indicação”
Coordenadores específicos para a condução do programa Seis Sigma	Presentes em quase 95% das empresas respondentes
Qualificação dos profissionais	<i>Master Black Belts</i> presentes em quase 40% das empresas, <i>Black Belts</i> , em quase 80% e <i>Green Belts</i> , em mais de 50%
Treinamento dos profissionais (tempo médio de horas de treinamento)	Aproximadamente 65% dos <i>Black Belts</i> tem de “201 a 400 horas” de treinamento e mais de 80% dos <i>Green Belts</i> tem “1 a 200 horas”
Reconhecimento concedido aos profissionais	Presente em mais de 50% das empresas
Tipos de reconhecimento	Em mais de 50% das empresas “impulso na carreira”



TABELA 4.7 – RESULTADOS COM A APLICAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA

<b>Abordagem da pesquisa</b>	<b>Dados coletados</b>
Critérios para seleção de projetos	Em mais 90% dos casos “relação com as metas estratégicas da empresa”
Profissionais envolvidos na definição dos critérios para a seleção dos projetos Seis Sigma	“gerentes” em mais de 75% e os “diretores” em cerca de 70%
Quantidade e o tempo médio de duração dos projetos Seis Sigma executados nas empresas	1 a 5 projetos por ano em cerca de 23% das empresas; 17% dos respondentes executam acima de 50 projetos anuais
Benefícios que o programa Seis Sigma está proporcionando para as empresas	Em cerca de 90% “redução dos desperdícios” e “aumento da produtividade” em quase 85%
Escalas adotadas para medir o ganho em qualidade de produtos e de processos na utilização do Seis Sigma	ppm (partes por milhão) em quase 70%
Benefícios financeiros (média por projeto)	“R\$ 51 mil à R\$ 100 mil” em cerca de 30%; “acima de R\$ 200 mil” em cerca de 20%
Proporção dos projetos Seis Sigma na área produtiva e administrativa	71% a 90% dos projetos são orientados para área produtiva em quase 30% das empresas
Validação dos ganhos financeiros pela área contábil da empresa	Confirmado por 80% das empresas
Perspectivas do programa Seis Sigma nas empresas pesquisadas	80% das empresas pretendem “prosseguir mantendo ou aumentando os investimentos no programa”
Tratamento dos dados estatísticos	Mais de 95% dos respondentes utilizam o Minitab®
Utilização dos “métodos de melhoria”	DMAIC para 95% das empresas

Após a apresentação e análise dos resultados obtidos por meio deste levantamento e da síntese dos dados coletados na realização do presente trabalho são apresentadas no próximo capítulo, as considerações finais deste estudo e as perspectivas para trabalhos futuros.

## **CAPITULO 5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS**

Neste capítulo são apresentadas as conclusões sobre a utilização dos métodos e técnicas de pesquisa empregadas neste trabalho, bem como sobre os resultados encontrados através do levantamento realizado. No final, são colocadas sugestões e perspectivas para trabalhos futuros.

### **5.1 CONCLUSÕES SOBRE OS MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA**

A utilização de uma pesquisa de campo do tipo *survey* exploratória-descritiva, com o emprego de uma amostra não aleatória e intencional (não probabilística) revelou-se adequada para atender os objetivos propostos no trabalho, em especial, na busca de ampliar o conhecimento sobre a aplicação do programa Seis Sigma no Brasil.

Considerando o estudo de FORZA (2002) no qual são apontadas as justificativas para a utilização de uma pesquisa do tipo *survey* exploratória-descritiva, concluiu-se que a maioria teve alinhamento com o método adotado neste trabalho.

A escolha e uso do questionário como o instrumento de coleta de dados do levantamento também mostrou-se adequado aos propósitos do trabalho, pois como os respondentes se encontravam distribuídos em 11 Estados do país, o instrumento permitiu a aplicação simultânea da pesquisa atingindo maior abrangência territorial e conseguindo melhor racionalização do tempo. Esse fato pode ser demonstrado, em virtude da aplicação do instrumento ter sido concluída em cerca de cinco meses.

Ainda no tocante aos métodos e técnicas de pesquisa utilizados, conclui-se também, que a realização do pré-teste e da pesquisa piloto foram decisivos na

elaboração do questionário final, pois os respondentes conheciam em profundidade o assunto e se dispuseram a sugerir o acréscimo de questões que valorizaram o instrumento.

Cabe também concluir, que o êxito em conseguir uma taxa de retorno relativamente alta<sup>11</sup> com o levantamento, considerando-se os padrões para pesquisas do gênero, se devem em grande parte a idoneidade das empresas que compuseram a amostra, o comprometimento dos respondentes em preencher os questionários, o compromisso assumido pelo pesquisador de que após a conclusão do trabalho enviaria aos participantes da pesquisa um exemplar com os resultados do levantamento e também, pela persistência do pesquisador em manter contato freqüente com os participantes da pesquisa. Contudo, os métodos e técnicas de pesquisa utilizados neste trabalho apresentaram as seguintes limitações:

1. Houve ambigüidades nas respostas de alguns questionários (que foram desprezadas na tabulação);
2. Alguns respondentes temeram o caráter de sigilo assumido no trabalho e deixaram de responder algumas questões;
3. Duas questões (sobre o *market share* das empresas e os valores investidos na implantação do programa em anos mencionados) não foram corretamente compreendidas pelos respondentes ou devidamente esclarecidas no questionário, registrando-se elevado número de participantes que não responderam as referidas perguntas;
4. A inserção de questões fechadas tricotômicas podem ter induzido alguns respondentes a assinalar a resposta “não existem dados disponíveis”, para

---

<sup>11</sup> Por exemplo, os levantamentos: 1. de WERKEMA (2002) publicado pela revista Banas Qualidade, com o título “*Report Seis Sigma*” obteve uma taxa de retorno de 44%; 2. de CARNEVALLI (2002) com o título Estudo Exploratório Tipo *Survey* sobre o Uso do QFD nas 500 Maiores Empresas do Brasil registrou 21% de retorno; 3. FALANDO DE QUALIDADE (2004) editado pela Editora EPSE teve 8%.

algumas perguntas relevantes, pois observou-se que questões com assuntos relacionados, ou seja, com a necessidade de conhecimento do respondente foram respondidas.

Finalmente, a principal limitação desse levantamento é que não tratou-se de uma *survey* de teste de teoria, mas possibilita abrir caminho para que esse tipo de trabalho seja feito no futuro.

## 5.2 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO

O levantamento do presente trabalho conseguiu uma taxa de retorno de aproximadamente 65%, o que pode ser considerado como significativo principalmente levando-se em conta a resposta de 78 empresas usuárias do programa Seis Sigma. Os dados coletados revelaram as seguintes informações:

- Quanto a caracterização das empresas pesquisadas: 50% estão no Estado de São Paulo; quase 40% são do setor automotivo; mais de 65% são de grande porte; 60% estão entre as 500 maiores do Brasil<sup>12</sup>; e 41% são líderes de mercado.
- No tocante a implementação do programa Seis Sigma nas empresas pesquisadas: registra-se um crescimento significativo da adoção do Seis Sigma no Brasil a partir do ano 2000; quase 75% das empresas implantaram o programa como uma “estratégia da empresa” e em mais de 50% como “uma decisão da matriz”; o Seis Sigma foi implantado prioritariamente na alta administração (50%) e na área da qualidade (40%); o programa foi aplicado em 70% dos casos “em toda a empresa”, na “manufatura” (20%) e na “engenharia” (10%); mais de 95% dos respondentes utilizam o *software* denominado, Minitab®; e 95% das empresas pesquisadas utilizam o método de solução de problemas conhecido como DMAIC.

---

<sup>12</sup> Conforme dados da revista Exame, 2005.

- Quanto aos critérios de escolha e capacitação dos profissionais: em mais de 75% das empresas a escolha dos envolvidos no Seis Sigma é por “indicação”; os *Master Black Belts* estão presentes em quase 40% das empresas pesquisadas, os *Black Belts*, em quase 80% e *Green Belts*, em mais de 50%; aproximadamente 65% dos *Black Belts* tem de “201 a 400 horas” de treinamento e mais de 80% dos *Green Belts* tem “1 a 200 horas”; e em mais de 50% das empresas pesquisadas são concedidos aos especialistas do Seis Sigma um “impulso na carreira” como mérito pela atuação.
- Referente aos projetos Seis Sigma: mais de 90% indicaram que os critérios para escolha dos projetos são definidos em “relação com as metas estratégicas da empresa”; cerca de 23% das empresas desenvolvem de 1 a 5 projetos por ano e 17% dos respondentes executam acima de 50 projetos; cerca de 30% citaram que obtiveram valores entre “R\$ 51mil à R\$ 100 mil” e cerca de 20%, “acima de R\$ 200 mil” por projetos Seis Sigma desenvolvidos; e em quase 30% dos respondentes, de 71% a 90% dos projetos são orientados para área produtiva.
- Quanto aos benefícios da aplicação do Seis Sigma: cerca de 90% citaram a “redução dos desperdícios”, em seguida, o “aumento da produtividade” (quase 85%); em quase 70% das empresas a forma adotada para medir os ganhos de qualidade é o ppm (partes por milhão); 80% das empresas respondentes confirmam que os ganhos financeiros são validados pela área contábil das empresas; e 80% das empresas pretendem “prosseguir mantendo ou aumentando os investimentos no programa”.

Finalmente, cabe destacar que esses pontos conclusivos, apontados anteriormente estiveram, na sua maioria, alinhados com a literatura sobre o tema, embora alguns dos resultados tenham sido contrastantes quando comparados com a bibliografia. Todo esse conjunto de resultados suscitou também

perspectivas de pesquisas a serem desenvolvidas no futuro próximo, apresentadas a seguir.

### 5.3 PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir do desenvolvimento do presente trabalho, visando identificar as perspectivas para trabalhos futuros, os seguintes temas podem ser sugeridos:

1. Como já destacado antes, pode ser feito um aprofundamento deste trabalho através de uma *survey* de teste de teoria em Seis Sigma, em função das limitações já apontadas anteriormente;
2. Avaliação mais detalhada dos estudos realizados sobre a utilização das técnicas e ferramentas que se integram na rotina das empresas que aplicam o programa Seis Sigma. Assim, poder-se-ia estabelecer melhor compreensão dos motivos pelos quais são utilizadas determinadas técnicas e ferramentas nas diferentes etapas dos métodos de execução dos projetos e as razões pelas quais outras técnicas e ferramentas são menos empregadas;
3. Verificação pormenorizada sobre os benefícios financeiros conquistados com a aplicação do Seis Sigma, visando confirmar se as empresas continuam obtendo ganhos e mantendo o programa como uma estratégia de negócios;
4. Investigação sobre a aplicação do Seis Sigma no desenvolvimento de produtos;
5. Estudo que contemple a identificação e análise dos fatores de insucesso na utilização do programa, tema que é relativamente pouco abordado na literatura sobre o assunto.

Assim, a presente pesquisa pode ser dada como concluída, apesar de indicar novas possibilidades de continuidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEKER, D.; KUMAR, V.; DAY, G. **Marketing research**. John Wiley & Sons, Inc. 1995.

AGUIAR, S. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, v.1, 2002.

ANTONY, J. Some pros and cons of Six Sigma: an academic perspective. *The TQM Magazine*, v. 16, n.4, p. 303-306, 2004.

ANTONY, J.; BAÑUELAS, R. A strategy for survival. *Manufacturing Engineer*, v. 80, n.3, p. 119-121, 2001.

ANTONY, J.; BAÑUELAS, R. Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Measuring Business Excellence*, v. 6, n.4, p. 20-27, 2002.

ARNHEITER, E. D.; MALEYEFF, J. The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, v. 17, n. 1, p. 5-18, 2005.

BABBIE, E. **Métodos de Pesquisa de Survey**. Tradução de Guilherme Cezarino. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1999.

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

BAÑUELAS, R.; ANTONY, J. Going from six sigma to design for six sigma: an exploratory study using analytic hierarchy process. *The TQM Magazine*, v. 15, n. 5, p. 334-344, 2003.

BAÑUELAS, R.; ANTONY, J. Six Sigma or design for six sigma? *The TQM Magazine*, v. 16, n. 4, p. 250-263, 2004.



BARNEY, M. Motorola's Second Generation. Six Sigma Forum Magazine, v. 1. n. 3, p. 13-16, 2002.

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

BERRY, L. L. & PARASURAMAN, A. **Marketing services-competing through quality**. New York: The Free Press, 1992.

BERRYMAN, M. L.. DFSS and big payoffs. Six Sigma Forum Magazine, v. 2, n. 1, p. 23-28, 2002.

BLAKESLEE JR., J. A. Implementing the six sigma solution. Quality Progress, v.32, n. 1, p. 77-85, 1999.

BREYFOGLE III F. W.; CUPELLO J. M.; MEADOWS, B. **Managing Six Sigma: a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001.

BYRNE, G.; NORRIS, B. Drive Baldrige Level Performance. Six Sigma Forum Magazine, v. 2, n. 3, p. 42-49, 2003.

CARNEVALLI, J. A. Estudo Exploratório Tipo Survey sobre o Uso do QFD nas 500 Maiores Empresas do Brasil. Dissertação de Mestrado, UNIMEP, 2002.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P.; BAUER, G.; FERREIRA, J. J. A.; MIGUEL, P. A. C.; SAMOHYL, R. W.; ROTONDARO, R. G. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier , 2005.

CHAGAS, A. T. R. **O questionário na pesquisa científica**. São Paulo: Administração on Line. ISSN 1517-7912. v. 1 - n.1, 2000.

CHANDLER, K. Quality in the age of networked society. *Quality Progress*, v. 31, n.1, p. 49-52, 1998.

COCHRANE, D.; GUPTA, P. ASQ's Black Belt certification - A personal experience. *Quality Progress*, v. 35, n. 5, p. 33-38, May, 2002.

COOPER, P. C.; NOONAN, P. Do Teams and Six Sigma Go Together? *Quality Progress*, v. 36, n. 6, p. 25-28, 2003.

DEMO, P. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2000.

DEVOR, R. E., CHANG, T. H. e SUTHERLAND, J. W. **Statistical quality desing and control contemporary concepts and methods**. New York: Macmillian, 1992.

ECKES, G. **The six sigma revolution: how General Electric and others turned process into profits**. New York: John Wiley & Sons, 2001.

EDGEMAN, R. L.; DAHLGAARD, S. M. P.; DAHLGAARD, J.J.; SCHERER, F. On leards and leadership. *Quality Progress*, v. 32, n.10, p.49-54, 1999.

EXAME. Melhores e Maiores 2005. São Paulo: Editora Abril. Edição Especial, Julho, 2005.

FALANDO DE QUALIDADE. Pesquisa: A realidade do Seis Sigma no Brasil, São Paulo: Editora EPSE, ano XIII, n. 144, p. 31-40, 2004.

FEINGENBAUM, A.V. **Total Quality Control**. 3.ed. rev., New York: Mcgraw Hill, 1991.

FALTIN, D. M.; FALTIN, F. W. Toe the line: no more WorldCom's. *Quality Progress*, v. 36, n. 1, p. 29-35, 2003.

FOLARON, J. The Evolution of Six Sigma. *Six Sigma Forum Magazine*, v. 2, n. 4, p. 35-45, 2003.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.

GHANAM, P. G. Glossary of Terms for Six Sigma. ASQ's Quality Information Center, 2001.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOFFNET, S. P. Understanding Six Sigma Implications for Industry and Education. *Journal of Industrial Technology*. v. 20, n. 4, p. 2- 10, 2004.

GOH, T.N.; XIE, M. Improving on the six sigma paradigm. *The TQM Magazine*, v. 16, n. 4, p. 235-240, 2004.

GOODE, Willian J.; HATT, Paul K. **Métodos em Pesquisa Social**. 4a ed. São Paulo: Nacional, 1972.

GUPTA, P. Innovation: the key to a successful project. *Six Sigma Forum Magazine*, v. 4, n. 4. p. 13-17, 2005.

HAHN, G..J.; DOGONAKSOY, N.; HOERL, R. The evolution of six sigma. *Quality Engineering*, v. 12, n.3, p. 317-326, 2000.

HAN, C.; LEE, Y.H. Intelligent integrated plant operation system for six sigma. *Annual Reviews Control*, v. 26, p. 27-43, 2002.

HARRY, M. J. Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability. *Quality Progress* v. 31, n. 5, p. 60-64, 1998.

HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. **Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations**. New York: Doubleday, 2000.

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

HENDRICKS, C. A.; KELBAUGH, R. Implementing Six Sigma at GE. *The Journal of Quality and Participation*, v. 21, n. 4 p. 48-53, 1998.

HINES, W. A. The stops and starts of total quality management. *Quality Process*, v. 31, n. 2, p. 61-64, 1998.

HOERL, R. W. Six Sigma and the future of the quality profession. *Quality Progress*, v. 31, n. 6, p. 35-42, 1998.

HOERL, R. W. Six Sigma Black Belts: what do they need to know? *Journal of Quality Technology*, v. 33, n. 4, p. 391-406, 2001.

HONG, G. Y.; GOH, T.N. Six Sigma in software quality. *The TQM Magazine*, v. 15, n. 6, p. 364-373, 2003.

HUBER C.; LAUSNBY, R. Straight talk of DFSS. *Six Sigma Forum Magazine*, v. 1, n. 4. p. 20-25, 2002.

HUNTER, D.; SCHMITT, B. Six sigma: benefits and approaches. *Chemical Week*, v. 161, n. 37, p. 35-36, 1999.

INGLE, S.; ROE, W. Six sigma black belt implementation. *The TQM Magazine*, v. 13, n. 4, p. 273-280, 2001.

ISHIKAWA, K. **Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

KLEFSJÖ, B.; WIKLUND, N.; EDEGMAN, R.L. Six Sigma seen as a methodology for total quality management. *Measuring Business Excellence*, v. 5, n.1, p. 31-35, 2001.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e prática da pesquisa**. 14.ed. rev. ampl. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1997.

LEVIN, J. **Estatística aplicada a ciências humanas**. 2 ed. São Paulo:Hibra, 1987.

LINDERMAN, K.; SCHROEDER, R.G.; ZAHEER, S.; CHOO, A.S. Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, v. 3, n. 21, p. 193-203, 2003.

LUCAS, J. M. The essential Six Sigma. *Quality Progress* v. 31, n. 1, p. 27-31, 2002.

LYNCH D. P.; BERTOLINE, S.; CLOUTIER, E. How to scope DMAIC projects. *Quality Progress*, v. 36, n. 1, p. 37-41, 2003.

MCFADDEN, F. R. Six-Sigma quality programs. *Quality Progress*, v. 26, n. 6, p. 37-42, 1993.

MAESTRELLI, N. C.; MIGUEL; P. A. C. Análise do Potencial de Aplicação do Programa Seis Sigma aos Processos de Manufatura. Artigo publicado no 1º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação – COBEF, Curitiba, abril de 2001.

MALEYEFF, J.; KRAYENVENGER, D. E. Goal setting with Six Sigma mean shift determination. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*. v. 76, n. 6, p. 577-583, 2004.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MALHOTRA, N. K; GROVER, V. An assessment of survey research in POM: from constructs to theory. *Journal of Operations Management*, v. 16, n. 17, p. 407-425, 1998.

MARASH, S. A. Six Sigma: Business Results Through Innovation. Proceedings of the 54<sup>th</sup> Annual Quality Congress of the American Society for Quality, Indianapolis: Indiana, p. 627-630, May, 2000.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MATTAR, F.N. **Pesquisa de marketing: edição compacta**. São Paulo: Atlas, 1996.

MCADAM, R.; LAFFERTY, B. A multilevel case study critique of Six Sigma: statistical control of strategic change? *International Journal of Operations & Production Management*; v. 24, n. 5, p. 530-549, 2004.

MIGUEL, P. A. C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**. São Paulo: Artliber, 2001.

MOHANTY, R.P. TQM: issues for deliberation. *Production Planning and Control*. v. 8, n.1, p.10-13, 1997.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2004.

MOTWANI, J; KUMAR, A. ANTONY, J. A business process change framework for examining the implementation of six sigma: a case study of Dow Chemicals. *The TQM Magazine*, v. 16, n. 4, p. 273-283, 2004.

MUNRO, R. A. Linking Six Sigma with QS- 9000. *Quality Progress*, v. 33, n.5, p.47-53, 2000.

NAVE, D. How to compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints. *Quality Progress*, v. 35, n. 5, p. 73-78, 2002.

NAVEH, E., EREZ, M. e ZONNESHAIN, A. Deleloping a TQM implementation model. *Quality Progress*, v. 31, n.2, p.55-59, 1998.

NEUSCHELER-FRITSCH, D.; NORRIS, R. Capturing Financial Benefits From Six Sigma. *Quality Progress*, v. 34, n. 5, p. 39-44, 2001.

OLIVEIRA, S. L. **Tratado de metodologia científica: projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses.** São Paulo: Pioneira, 1997.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R.R. **The six sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance.** New York: McGraw-Hill, 2000.

PEREZ- WILSON, M. **Six Sigma: understanding the concept, implications and challenges.** Scottsdale: Advanced Systems Consultants, 1999.

PFEIFER, T; REISSIGER, W; CANALES, C. Integrating six sigma with quality management systems. *The TQM Magazine*, v. 16, n. 4, p. 241-249, 2004.

RAISINGHANI, M.; ETTE, H.; PIERCE, R.; CANNON, G.; DARIPLAY, P. Six Sigma: concepts, tools, and applications. *Industrial Management & Data Systems*, v. 105, n.4, p. 491-505, 2005.

ROTONDARO, R. G e vários colaboradores. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços.** São Paulo: Atlas, 2002.

SANTOS, A. R. **Metodologia Científica: a construção do conhecimento.** 5ª ed. Rio de Janeiro: DP & A, 2002.

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

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3ª ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001.

SMITH, B.; ADAMS, E. Lean Sigma: Advanced Quality. *Proceedings of the 54<sup>th</sup> Annual Quality Congress of the American Society for Quality*, Indianapolis: Indiana, p. 386-397, May, 2000.

SNEE, R. D. Impact of Six Sigma on Quality Engineering. *Quality Engineering*, v. 12, n. 3, p. 31-34, 2000.

THEVNIN, C. Effective management commitment enhances six sigma success. *Handbook of Business Strategy*, v. 5 n.1 p. 195-200, 2004.

THISSE, L.C. Advanced quality planning: a guide for any organization. *Quality Progress*, v.31, n.2, p.73-77, 1998.

WATSON, G. H. Cycles of Learning: observations of Jack Welch. *Six Sigma Forum Magazine*, v. 1, n. 1, p. 28-34, 2001.

WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

WERKEMA, M. C. C. *Report Seis Sigma*. São Paulo: Editora EPSE, 2002a.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, v. 1, 2002b.

WESSEL, G; BURCHER, P. Six Sigma for small and medium-sized enterprises. *The TQM Magazine*, v. 16, n. 4, p. 264-272, 2004.



WIPER, B.; HARRISON, A. Deployment of Six Sigma methodologies in Human Resource function: A case study. *Total Quality Management*, v.11, n.4, p.720-728, 2000.

YOUNG, A. Six Sigma: creating an advantage competitive. *The Virtual Strategist*, p. 38-41, 2001.

ZINKGRAF, S. A. An Overview of Operational Excellence and Six Sigma in Allied Signal. *Proceedings of the 52<sup>th</sup> Annual Quality Congress of the American Society for Quality*, Philadelphia: Pennsylvania, p. 173-175, May, 1998.

**ANEXOS**

**ANEXO I - RELAÇÃO DE FERRAMENTAS E TÉCNICAS APLICADAS NO PROGRAMA SEIS  
SIGMA**

**RELAÇÃO<sup>13</sup> DE FERRAMENTAS E TÉCNICAS APLICADAS NO PROGRAMA SEIS SIGMA**

1. **Análise de Causa Raiz:** o estudo da razão original de não conformidade com um processo. Quando a causa raiz é removida ou corrigida, a não conformidade será eliminada.
2. **Análise de Regressão:** processa as informações contidas nos dados de forma a gerar um modelo que represente o relacionamento entre as diversas variáveis de um processo. Esse modelo nos permite determinar como as variáveis “xs” devem ser alteradas para que alguma meta associada à variável “Y” seja alcançada.
3. **Análise de Tempo de Falhas:** utiliza dados amostrais referentes a tempos de falha do produto (componente) e os modela segundo algumas das distribuições estatísticas, como *Weibull* e *log-normal*. A distribuição que melhor explicar o comportamento do tempo de falha do produto será utilizada para estimar percentuais, frações de falhas e taxas de falhas.
4. **Análise de Variância:** permite comparar vários grupos de interesse, mantendo controle dos erros que podem ser cometidos no estabelecimento das conclusões.
5. **Análise Econômica:** é usada para quantificar os ganhos econômicos resultantes do alcance da meta.
6. **Análise do Tempo de Ciclo:** é usada para avaliar o tempo gasto na produção de um bem ou serviço.

---

<sup>13</sup> GHANAM, P. G. *Glossary of Terms for Six Sigma*. ASQ's Quality Information Center, March 2001.

7. **Análise Multivariada:** quando o número de variáveis envolvidas no fenômeno é muito grande, a Análise Multivariada processa as informações de modo a sintetizá-las e simplificar a estrutura dos dados.
8. **Avaliação de Sistemas de Medição / Inspeção:** permite a quantificação do grau de confiabilidade dos dados gerados pelos sistemas de medição, inspeção e registros utilizados pela empresa.
9. **Boxplot:** é um gráfico que apresenta simultaneamente várias características de um conjunto de dados, como locação, dispersão, simetria ou assimetria e presença de observações discrepantes (*outliers*).
10. **Brainstorming:** técnica que visa obter o máximo possível de idéias ou sugestões criativas sobre um tópico de interesse, em um curto período de tempo.
11. **Carta de Controle:** monitora a variância de um processo com o passar do tempo e alerta o negócio quanto à variância inesperada que possa causar defeitos.
12. **Carta “Multi-Van”:** permitem a visualização das principais fontes de variação atuantes sobre um resultado de interesse.
13. **Coleta de Dados:** é um plano representa o 5W1H - *Who, What, Where, When, Why e How* - do processo de coleta de dados.
14. **Controle Estatístico de Processo:** A aplicação de métodos estatísticos para analisar dados, estudar e monitorar a capacidade e o desempenho de um processo.
15. **Diagrama de Afinidades:** é a representação gráfica de grupos de dados afins, que são conjuntos de dados verbais que têm, entre si, alguma relação natural que os distingue dos demais. Permite que a estrutura de um tema complexo

fique mais clara, por meio da organização das informações sobre o tema em grupos cujos elementos possuem afinidade entre si.

16. **Diagrama Árvore:** apresenta graficamente qualquer objetivo amplo desmembrado em diferentes níveis de ações detalhadas. Incentiva os membros da equipe a expandir seu raciocínio ao criar soluções.
17. **Diagrama de Causa e Efeito:** é utilizado para apresentar a relação entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado. É empregado nas sessões de *braisntorming* realizadas nos trabalhos em grupo.
18. **Diagrama de Dispersão:** é um gráfico utilizado para a visualização do tipo de relacionamento existente entre duas variáveis, que podem ser duas causas, uma causa e um efeito ou dois efeitos de um processo.
19. **Diagrama de Gantt:** mostra o cronograma de execução das tarefas de um plano de ação.
20. **Diagrama de Matriz:** consiste no arranjo dos elementos que constituem um evento ou problema de interesse nas linhas e colunas de uma matriz, de forma que a existência ou a força das relações entre os elementos seja mostrada, por meio de símbolos, nas intersecções das linhas e colunas. É utilizado na visualização de um problema como um todo, deixando claras as áreas nas quais ele está concentrado.
21. **Diagrama de Pareto:** focaliza nos esforços ou problemas que apresentam o maior potencial de melhoria, ao apresentar a frequência relativa e / ou tamanho em um gráfico de barra descendente. Baseado no princípio comprovado Pareto: 20% das fontes causam 80% dos problemas.
22. **Diagrama de Relações:** permite a visualização das relações de causa e efeito de um tema ou problema, a partir de um conjunto de dados não numéricos.

Sua utilização é recomendada quando as relações entre as causas de um problema são complexas e é necessário evidenciar que cada evento não é resultado de uma única causa, mas de múltiplas causas inter-relacionadas.

23. **Estratificação:** consiste no agrupamento dos dados sob vários pontos de vista, de modo a focalizar o fenômeno estudado. Os fatores equipamento, material, operador, tempo, entre outros, são categorias naturais para a estratificação dos dados.
24. **Fluxograma:** é usado para a visualização das etapas e características (complexidade, geração de retrabalho e refluxo, por exemplo) de um processo.
25. **FMEA:** é uma ferramenta que tem como objetivo identificar, hierarquizar e prevenir as falhas potenciais de um produto ou processo.
26. **Folha de Verificação:** é um formulário no qual os itens a serem verificados para a observação do problema já estão impressos, com o objetivo de facilitar a coleta e o registro dos dados. O tipo de Folha de Verificação a ser utilizado depende do objeto da coleta de dados. Normalmente ela é construída após a definição das categorias para a estratificação.
27. **FTA:** é utilizada para a verificação das possíveis causas primárias das falhas e a elaboração de uma relação lógica entre falhas primárias e falha final do produto.
28. **Gráfico Seqüencial:** é um diagrama utilizado para mostrar os valores individuais do resultado de um processo em função do tempo.
29. **Histograma:** é um gráfico de barras que dispõe as informações de modo que é possível a visualização da forma da distribuição de um conjunto de dados do fenômeno analisado e ainda, a percepção da localização do valor central e também, da dispersão dos dados em torno do mesmo. A comparação do histograma com os limites de especificação permite avaliar se um processo

está centrado no valor nominal e se é necessário adotar alguma medida para reduzir a variabilidade desse processo.

30. **Índices de Capacidade:** processam as informações de modo que seja possível avaliar se um processo é capaz de gerar produtos que atendam às especificações provenientes dos clientes internos e externos.
31. **Mapa de Processo:** é usado para documentar o conhecimento existente sobre o processo. Descrevem os limites, as principais atividades / tarefas, os parâmetros de produto final (Y), de produto em processo (y) e os parâmetros de processo (x). É a base para a quantificação dos relacionamentos existentes entre os parâmetros de processo e os de produto:  $y = h(x)$  e  $Y = g(y) = f(x)$ .
32. **Mapa de Produto:** é utilizado para simplificar a descrição funcional de um produto, de modo a auxiliar na organização das relações existentes entre seus componentes e a fornecer informações básicas para a utilização posterior de outras ferramentas, como FTA, FMEA e DOE.
33. **Mapa de Raciocínio:** tem por finalidade documentar progressivamente, a forma de raciocínio durante a execução de um trabalho ou projeto.
34. **Mapeamento do Processo:** uma descrição ilustrada de como as coisas são feitas, que possibilita aos participantes visualizar o processo inteiro e identifica áreas de forças e de fraquezas. Ajuda a reduzir o tempo de ciclo e defeitos e ao mesmo tempo reorganiza o valor das contribuições individuais.
35. **Matriz de Priorização:** pode ser aplicada na etapa Análise (DMAIC) e tem como objetivo a identificação das principais causas potenciais para o problema considerado.
36. **Mensuração de Defeitos:** contabilidade do número ou frequência de defeitos que causam lapsos de qualidade em um produto ou serviço.



37. **OCAP:** indica os procedimentos para a descoberta e a eliminação de causas especiais de variação que venham a atuar em um processo produtivo.
38. **Operação Evolutiva:** é utilizada para a determinação da condição ótima de operação de um processo produtivo. Para a utilização da EVOP não é necessário realizar grandes alterações na forma de operação do processo.
39. **PDPC:** é utilizado para garantir o alcance de uma meta através do estudo da lógica de todas as possibilidades de ocorrência de eventos e contingências no caminho para se atingir a meta e das contramedidas que podem ser adotadas. Isso melhora as condições de tomada de decisões e, conseqüentemente, aprimora o plano de ação. O diagrama de processo decisório tem se mostrado muito útil quando a situação enfrentada é nova, muito dinâmica ou difícil de antecipar e também se a solução do problema for complexa e de difícil execução.
40. **PERT / CPM:** mostra o cronograma de execução das tarefas de um plano de ação, seu caminho crítico e como eventuais atrasos afetam o tempo de execução. O PERT / COM tem se mostrado muito efetivo quando o tempo é um fator crítico, quando é necessário negociar o tempo de duração de um projeto e se for preciso estabelecer cuidados especiais para que o tempo de duração do projeto seja preservado.
41. **Planejamento de Experimentos:** processa as informações nos dados de modo a fornecer indicações sobre o sentido no qual o processo deve ser direcionado para que a meta de interesse possa ser alcançada.
42. **POKA-YOKE (Mistake-Proofing):** permite detectar e corrigir erros em um processo, antes que eles se transformem em defeitos percebidos pelo cliente / consumidor.

43. **Procedimento Operacional Padrão:** é usado para indicar os procedimentos para execução das tarefas de um processo, de modo que os resultados desejados possam ser alcançados e mantidos.
44. **Project Charter:** é um documento que representa uma espécie de contrato firmado entre a equipe responsável pela condução do projeto e os gestores da empresa (*champions* e *sponsors*).
45. **QFD (Quality Function Deployment):** é uma forma de escutar os clientes para aprender exatamente o que eles querem, para determinar qual é a melhor maneira de atender aos seus desejos com os recursos disponíveis.
46. **Relatório de Anomalias:** indica as ações corretivas para a eliminação de anomalias (desvios das condições normais de operação) que venham a ocorrer em processos produtivos.
47. **Simulação:** permite a análise das relações que determinam as prováveis conseqüências futuras de ações alternativas e a definição de medidas apropriadas de eficácia, de modo a viabilizar o cálculo do mérito relativo a cada uma dessas ações.
48. **SIPOC:** é um diagrama que tem como objetivo definir o principal processo envolvido no projeto e, conseqüentemente, facilitar a visualização do escopo do trabalho.
49. **Stakeholder:** é um a pessoa, área ou departamento que será afetado pelas soluções prioritárias consideradas em um projeto ou que deverá participar da implementação dessas soluções.
50. **Stakeholder Analysis:** tem como objetivo levantar e apresentar as seguintes informações: uma relação dos *stakeholder*; uma escala que indica os possíveis níveis de comprometimento de cada *stakeholder*; o nível de comprometimento de cada *stakeholder* necessário à implementação, com sucesso das soluções

prioritárias; o atual nível de comprometimento de cada *stakeholder*; a mudança necessária no nível de comprometimento de cada *stakeholder*, para que as soluções prioritárias sejam implementadas com sucesso.

51. **Técnicas de Amostragem:** permitem que sejam coletados, de forma eficiente, dados representativos da totalidade dos elementos que constituem o universo de nosso interesse (população).
52. **Técnicas Estatísticas de Previsão baseadas em Série Temporais:** modelam matematicamente o comportamento futuro do fenômeno analisado, relacionando os dados históricos do próprio fenômeno com o tempo.
53. **Testes de Hipóteses:** permitem um processamento mais aprofundado das informações contidas nos dados, de modo que possamos controlar, abaixo de valores máximos pré-estabelecidos, os erros que podem ser cometidos no estabelecimento das conclusões sobre as questões avaliadas.
54. **Teste de Mercado:** é um experimento controlado, realizado em uma parte limitada, mas cuidadosamente selecionada do mercado, cujo objetivo é prever as conseqüências, sobre as vendas ou sobre os lucros, de uma ou mais ações de marketing propostas.
55. **Teste de Vida Acelerada:** tem por finalidade acelerar o aparecimento de falhas em testes de vida realizados com produtos (ou componentes). Os resultados obtidos a partir do teste conduzido em condições estressantes são utilizados para estimar figuras de mérito nas condições de projeto.
56. **Testes de Operação:** permitem avaliar em pequena escala as soluções selecionadas, para a identificação de possível necessidade de implementação de ajustes ou melhorias destas soluções.

57. **Voz do Cliente (*Voice of the Customer*):** é usada para descrever as necessidades e expectativas dos clientes/ consumidores e suas percepções quanto aos produtos da empresa.
58. **5W2H:** tem o objetivo de definir, para a estratégia de ação elaborada, os seguintes itens: o que será feito (*What*) – quando será feito (*When*) – quem fará (*Who*) – onde será feito (*Where*) – por que será feito (*Why*) – como será feito (*How*) – quanto custará o que será feito (*How much*).

**ANEXO II – QUESTIONÁRIO PILOTO**



## QUESTIONÁRIO PILOTO

### PESQUISA SOBRE A APLICAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA NO BRASIL

#### Informações Gerais:

1. O questionário é parte de um Projeto de Pesquisa de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEF / FEAU – UNIMEP, conduzido pelo mestrando João Marcos Andrietta com orientação do Profº Dr. Paulo Augusto Cauchick Miguel, integrantes do NGQM – Núcleo de Gestão da Qualidade e Metrologia;
2. O questionário visa levantar dados sobre a aplicação do Programa Seis Sigma em empresas instaladas no Brasil;
3. Após o retorno dos questionários, os resultados serão tabulados e divulgados entre as empresas que participaram da pesquisa;
4. Asseguramos o absoluto sigilo das respostas individuais e explicitamos que os resultados que serão divulgados não revelarão os nomes das empresas pesquisadas;
5. Solicita-se a devolução deste questionário até o dia \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ pelo correio no envelope anexo e com porte pago.

#### DADOS DO ENTREVISTADO

Nome: \_\_\_\_\_

Endereço Eletrônico: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_ Data do Preenchimento: \_\_\_/\_\_\_/03.

**A – DADOS DA EMPRESA**

Razão Social: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Endereço na INTERNET: \_\_\_\_\_

1. 1 - Setor de Atividade Industrial: \_\_\_\_\_

1.2 - Principais Produtos: \_\_\_\_\_

1.3 - Nº de Funcionários: \_\_\_\_\_

1.4 - Faturamento Anual (R\$ milhões) \_\_\_\_\_

1.5 - *Market Share* (mercado interno e externo): \_\_\_\_\_**B – PROGRAMA SEIS SIGMA**

As perguntas abaixo têm por finalidade identificar o engajamento da empresa ao Programa Seis Sigma e os benefícios obtidos.

**B.1) Histórico do Programa**

1.1 - Data da implantação do Programa Seis Sigma na empresa (mês/ano): \_\_\_/\_\_\_

1.2 - Qual foi a forma de implantação do Programa Seis Sigma em sua empresa?

- Auto Implantação
- Suporte da Matriz
- Suporte de Consultoria Nacional
- Suporte de Consultoria Estrangeira

**B.2) Estrutura de Pessoal e Formação**

1.1 - Como se dá (em sua empresa) a seleção dos especialistas envolvidos no Programa Seis Sigma?

- Indicação
- Entrevista de Seleção
- Voluntariado
- Plano de Carreira
- Testes de Aptidão

1.2 - Qual é o número de *Master Black Belt* na empresa? \_\_\_\_\_

1.3 - Qual é o número de horas de treinamento para o *Master Black Belt* ? \_\_\_\_\_

1.4 - O *Master Black Belt* tem dedicação exclusiva nas atividades do Programa Seis Sigma?

Sim

Não

1.5 - Qual é o número de *Black Belt* na empresa? \_\_\_\_\_

1.6 - Qual é o número de horas de treinamento para o *Black Belt*? \_\_\_\_\_

1.7 - O *Black Belt* tem dedicação exclusiva nas atividades do Programa Seis Sigma?

Sim

Não

1.8 - Qual é o número de *Green Belt* na empresa? \_\_\_\_\_

1.9 – Qual é o número de horas de treinamento para o *Green Belt*? \_\_\_\_\_

1.10 – O *Green Belt* tem dedicação exclusiva nas atividades do Programa Seis Sigma?

Sim

Não

1.11 - A empresa estabeleceu algum tipo de reconhecimento financeiro, mérito ou impulso na carreira dos funcionários envolvidos nos Programa Seis Sigma?

Sim

Não

Não tenho essa informação

1.12 - Em relação à questão anterior citar e explicar quais os principais (3) tipos de reconhecimento

---

---

---

### **C) Número e Escopo dos Projetos**

1.1 - Qual é o número de projetos Seis Sigma implantados na empresa? \_\_\_\_\_



1.2 - Qual é o tempo médio de um projeto Seis Sigma na empresa? \_\_\_\_\_

1.3 - Quais são os benefícios financeiros, em média, obtidos com os projetos Seis Sigma implantados na empresa (informar em R\$): \_\_\_\_\_

#### **D) Critérios para Seleção de Projetos e Proporção entre Projetos nas Áreas Produtivas e Administrativas**

1.1 - Quais são os critérios para a seleção de um projeto Seis Sigma?

---



---



---



---

1.2 - Quem são os envolvidos na definição dos critérios para seleção de projetos? \_\_\_\_\_

---

1.3 - Qual é a proporção entre projetos nas Áreas Produtivas e Administrativas?

Área Produtiva: \_\_\_\_\_

Área Administrativa: \_\_\_\_\_

#### **E) Planejamento para a Implantação do Programa Seis Sigma**

1.1 - Como é o planejamento para a Implantação do Programa Seis Sigma na empresa? \_\_\_\_\_

---



---



---



---

1.2 - Qual a forma adotada em sua empresa para medir o nível de qualidade de produtos e de processos? (assinale quantas opções desejar)

- PPM
- PPmil
- %
- Número de Sigma ou Escala Sigma

1.3 - Qual a tendência do Programa Seis Sigma em sua empresa?

- Ampliação
- Estabilização
- Redução

Descontinuação

1.4 - A empresa aplica a Metodologia DMAIC (1)?

Sim

Não

Não tenho essa informação

1.5 - A empresa aplica a metodologia DFSS (2)?

Sim

Não

Não tenho essa informação

1.6 - A empresa aplica outra versão (3) ao DMAIC? Quais? \_\_\_\_\_

Sim

Não

Não tenho essa informação

1.7 - A empresa utiliza algum *software* estatístico?

Sim

Não

Não tenho essa informação

1.8 - Em relação à questão anterior, qual (is) seria (m) esse (s) software (s)?

---



---



---



---



---



---



---



---

**Notas Explicativas:**

( 1 ) DMAIC: é o método utilizado no Seis Sigma para melhorar processos existentes. Cada etapa da metodologia significa uma ação: *Definir*, é a definição clara e objetiva do projeto compreendendo os CTQ's e os requisitos técnicos; *Medir*, é a identificação das medidas-chave da eficiência e da eficácia transportando tais medidas para o conceito do sigma; *Analisar*, é a determinação das causas do problema que precisa de melhoria; *Melhoria*, é a soma das atividades relacionadas com a geração, seleção e implementação de soluções; *Controle*, é a ação de garantir que as melhorias se sustentem ao longo do tempo;;

( 2 ) DFSS: *Design for Six Sigma* é uma metodologia para a organização de projeto de produto, com os seguintes princípios: identificação das especificações do cliente; desdobramento das especificações; construção da capacidade e modelagem;

( 3 ) DMADV: é um método (que é mais usado pela GE) que contempla cinco etapas: Definir, Medir, Analisar, Desenhar e Verificar;

## F) Integração das Ferramentas da Qualidade no Programa Seis Sigma ao Método DMAIC

Na tabela abaixo estão relacionadas às ferramentas da qualidade que habitualmente são aplicadas no DMAIC (ou em outras versões ao DMAIC). Marque um “X” nas colunas “sim”, “não” e “não sei”, se as mesmas são utilizadas nas diferentes (cinco) etapas do DMAIC (ou em outras versões ao método DMAIC).

**NOTA:** veja o *Glossário de Termos Técnicos, Métodos e Ferramentas da Qualidade*.

ETAPAS DMAIC	Ferramenta da Qualidade	Sim	Não	Não Sei
<b>DEFINIR</b>	Mapa de Raciocínio			
	<i>Project Charter</i>			
	Métricas do Seis Sigma			
	Gráfico Seqüencial			
	Carta de Controle			
	Análise de Séries Temporais			
	Análise Econômica			
	Voz do Cliente – VOC			
	SIPOC			
<b>MEDIR</b>	MSE			
	Estratificação			
	Plano para Coleta de dados			
	Folha de Verificação			
	Amostragem			
	Diagrama de Pareto			
	Gráfico Seqüencial			
	Carta de Controle			
	Análise de Séries Temporais			
	Histograma			
	<i>Boxplot</i>			
	Índices de Capacidade			
	Métricas do Seis Sigma			
	Análise Multivariada			
<b>ANALISAR</b>	Fluxograma			
	Mapa de Processo			
	Mapa de Produto			
	Análise do Tempo de Ciclo			
	FMEA			

	FTA			
	MSE			
	Histograma			
	<i>Boxplot</i>			
	Estratificação			
	Diagrama de Dispersão			
	<i>Brainstorming</i>			
	Diagrama de Causa e Efeito			
	Diagrama de Afinidades			
	Diagrama de Relações			
	Diagrama de Matriz			
	Matriz de Priorização			
	Carta de Controle			
	Análise de Regressão			
	Testes de Hipóteses			
	Análise de Variância			
	Planejamento de Experimentos			
	Análise de Tempos de Falhas			
	Testes de Vida Acelerados			
<b>MELHORAR</b>	<i>Brainstorming</i>			
	Diagrama de Causa e Efeito			
	Diagrama de Afinidades			
	Diagrama de Relações			
	Diagrama de Matriz			
	Matriz de Priorização			
	FMEA			
	<i>Stakeholder Analysis</i>			
	Testes de Operação			
	Testes de Mercado			
	Simulação			
	Operação Evolutiva (EVOP)			
	Testes de Hipóteses			
	5W2H			
	Diagrama de Árvore			
	Diagrama de Grantt			
	PERT/CPM			
	Diagrama de Processo Decisório			
<b>CONTROLAR</b>	MSE			
	Diagrama de Pareto			
	Carta de Controle			
	Histograma			

	Índices de Capacidade			
	Métricas do Seis Sigma			
	Procedimentos Padrão			
	<i>Poka-Yoke</i>			
	<i>OJT (On the job training)</i>			
	Plano p/ Coleta de Dados			
	Folha de Verificação			
	<i>OCAP (Out of control action plan)</i>			
	Relatório de Anomalias			

### G) Principais Resultados Alcançados com o Programa Seis Sigma

Faça um breve resumo – utilizando as métricas do Seis Sigma (4), como: unidade do produto, defeito, defeituoso, oportunidade para defeitos, etc. – para apresentar os principais resultados alcançados com a implantação do programa Seis Sigma em sua empresa.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

( 4 ) Métricas do Seis Sigma: são usadas para quantificar como os resultados de uma empresa podem ser classificados no que diz respeito à variabilidade e à geração de defeitos ou erros.

**ANEXO III – QUESTIONÁRIO DA PESQUISA**



**ANEXO IV – RELAÇÃO DAS EMPRESAS PARTICIPANTES DA PESQUISA**



**RELAÇÃO DAS EMPRESAS PARTICIPANTES DA PESQUISA<sup>14</sup>**

<b>Nº</b>	<b>Código de Controle</b>	<b>Nome da Empresa</b>	<b>Setor de Atividade Econômica</b>
001	A – 001/04	<b>ABB LTDA.</b>	Eletroeletrônico
002	A – 002/04	<b>AGCO (ex Massey Ferguson)</b>	Automotivo
003	A – 003/04	<b>ALCAN ALUMÍNIO DO BRASIL</b>	Siderurgia e Metalurgia
004	A – 004/04	<b>ALL AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA</b>	Serviços de Transportes
005	R – 122/04	<b>ALLIEDSIGNAL AUTOMOTIVE LTDA</b>	Automotivo
006	A – 005/04	<b>ALSTON BRASIL LTDA. (AREVA T&amp;D)</b>	Eletroeletrônico
007	A – 006/04	<b>ARVIN MERITOR DO BRASIL</b>	Automotivo
008	A – 007/04	<b>AVERY DENNISON DO BRASIL LTDA.</b>	<b>Automotivo</b>
009	B – 008/04	<b>BECTON DICKINSON IND. CIRURG</b>	Farmacêutico, Higiene e Cosméticos
010	B – 009/04	<b>BEHR</b>	<b>Automotivo</b>
011	B – 010/04	<b>BELGO MINEIRA</b>	Siderurgia e Metalurgia
012	B – 011/04	<b>BELGO MINEIRA BEKAERT ART. ARAME LTDA.</b>	Siderurgia e Metalurgia
013	B – 012/04	<b>BOSCH</b>	Automotivo
014	B – 013/04	<b>BRASKEM (UNIDADE VINÍLICOS)</b>	Química e Petroquímica
015	B – 014/04	<b>BRISTOL (Bristol Myers Squib)</b>	Farmacêutico, Higiene e Cosméticos
016	C – 015/04	<b>CARBOCLORO S/A</b>	Química e Petroquímica
017	C – 016/04	<b>CATERPILLAR</b>	Automotivo
018	C – 017/04	<b>CEBRACE</b>	Material de Construção
019	C – 018/04	<b>CIMENTO POTY S.A. (CIPASA)</b>	Material de Construção
020	C – 115/04	<b>CIMENTO POTY S/A</b>	Material de Construção
021	C – 019/04	<b>CNH LATINO AMERICANA LTDA.</b>	<b>Automotivo</b>
022	C – 109/04	<b>COOPER STANDARD</b>	<b>Automotivo</b>
023	C – 020/04	<b>CROMEX BRASCOLOR</b>	<b>Plásticos e Borracha</b>
024	C – 021/04	<b>CST – CIA SIDERÚRGICA DE TUBARÃO</b>	Siderurgia e Metalurgia
025	D – 022/04	<b>DANA AFTERMARKET BRASIL</b>	<b>Automotivo</b>
026	D – 023/04	<b>DANA – DIV. NAKATA BARRAS E TERMINAIS</b>	<b>Automotivo</b>
027	D – 024/04	<b>DANA – DIV. DE EIXOS PESADOS</b>	<b>Automotivo</b>
028	D – 025/04	<b>DANA – DIV. DE EIXOS PESADOS</b>	<b>Automotivo</b>
029	D – 026/04	<b>DANA – DIV. DE EIXOS PESADOS</b>	<b>Automotivo</b>
030	D – 027/04	<b>DANA – PELLEGRINO DISTR. DE AUTOPEÇAS</b>	<b>Automotivo</b>
031	D – 028/04	<b>DANA FLUID SYSTEMS BRASIL (EHLIN)</b>	<b>Automotivo</b>
032	D – 029/04	<b>DANA - ALBARUS S. A. IND. COM.</b>	Automotivo
033	D – 030/04	<b>DANA - VICTOR REINZ MERCOSUR</b>	<b>Automotivo</b>
034	D – 031/04	<b>DELPHI ENERGY &amp; CHASSIS SYSTEMS</b>	<b>Automotivo</b>
035	D – 032/04	<b>DELPHI AUTOMOTIVE SYSTEMS</b>	Automotivo
036	D – 033/04	<b>DELPHI – DQF</b>	Automotivo
037	D – 034/04	<b>DELPHI PACKARD</b>	Automotivo
038	D – 035/04	<b>DU PONT</b>	<b>Química e Petroquímica</b>
039	E – 036/04	<b>EATON – DIVISÃO FLUID POWER</b>	<b>Automotivo</b>
040	E – 037/04	<b>EATON DIVISÃO DE PRODUTOS AUTOMOTIVOS</b>	Automotivo
041	E – 038/04	<b>EATON DIVISÃO TRANSMISSÕES</b>	Automotivo

<sup>14</sup> Empresas que confirmaram - previamente - que utilizavam o programa Seis Sigma em suas atividades.

042	E – 039/04	<b>EATON DIVISÃO TRANSMISSÕES</b>	<b>Automotivo</b>
043	E – 040/04	<b>EATON FLUID POWER – LA OPERATIONS</b>	Automotivo
044	E – 041/04	<b>EATON FLUID POWER – LA OPERATIONS</b>	Automotivo
045	S – 091/04	<b>EATON (SATURNIA SISTEMAS DE ENERGIA)</b>	Automotivo
046	E – 042/04	<b>ELEB – EMBRAER LIEBHERR EQUIP. BRASIL</b>	<b>Mecânica</b>
047	E – 043/04	<b>EMBRACO</b>	<b>Mecânica</b>
048	E – 044/04	<b>EMICOL</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
049	E – 045/04	<b>ERICSON TELECOMUNICAÇÕES</b>	<b>Telecomunicações</b>
050	F – 046/04	<b>FIAT AUTOMÓVEIS S.A.</b>	Automotivo
051	F – 047/04	<b>FILTROS MANN</b>	<b>Automotivo</b>
052	F – 048/04	<b>FORD</b>	<b>Automotivo</b>
053	G – 113/04	<b>GENERAL ELECTRIC</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
054	G – 049/04	<b>GE CONSUMER &amp; INDUSTRIAL – DAKO</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
055	G – 050/04	<b>GE PLASTICS LATIN AMERICA</b>	<b>Plásticos e Borracha</b>
056	G – 051/04	<b>GE HEALTHCARE</b>	<b>Mecânica</b>
057	G – 052/04	<b>GE CONSUMER &amp; INDUSTRIAL</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
058	G – 053/04	<b>GE ENERGY – HYDRO</b>	<b>Mecânica</b>
059	G – 054/04	<b>GE TRANSPORTATION – AIRCRAFT</b>	Mecânica
060	G – 055/04	<b>GE WATER TECHNOLOGIES</b>	Mecânica
061	G – 056/04	<b>GE TRANSP. SYSTEMS SOUTH AMERICA</b>	Mecânica
062	G – 057/04	<b>GE SUPPLY DO BRASIL LTDA.</b>	<b>Serviços Diversos</b>
063	G – 058/04	<b>GE INDUSTRIAL SYSTEMS</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
064	G – 059/04	<b>GEVISA SISTEMAS DE TRANSPORTES</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
065	G – 060/04	<b>GERDAU – AÇOS FINOS PIRATINI</b>	<b>Siderurgia e Metalurgia</b>
066	G – 118/04	<b>GOODYEAR</b>	<b>Plásticos e Borracha</b>
067	H – 121/04	<b>HARTMANN MAPOL DO BRASIL</b>	<b>Papel e Celulose</b>
068	G – 061/04	<b>GNK</b>	<b>Mecânica</b>
069	I – 062/04	<b>IDEAL STANDARD</b>	<b>Material de Construção</b>
070	I – 114/04	<b>IMA DO BRASIL</b>	<b>Automotivo</b>
071	I – 063/04	<b>INTERNATIONAL ENGINES I</b>	<b>Automotivo</b>
072	J – 064/04	<b>JANSEN SILAG</b>	Farmacêutico, Higiene e Cosméticos
073	J – 065/04	<b>JOHSON CONTROLS LTDA.</b>	<b>Automotivo</b>
074	J – 066/04	<b>JOHNSON &amp; JOHNSON INDUSTRIAL LTDA.</b>	Farmacêutico, Higiene e Cosméticos
075	J – 067/04	<b>JOHNSON &amp; JOHNSON PROD. PROFISSIONAIS</b>	Farmacêutico, Higiene e Cosméticos
076	K – 068/04	<b>KAUTEX TEXTRON DO BRASIL LTDA.</b>	<b>Automotivo</b>
077	K – 069/04	<b>KODAK</b>	<b>Química e Petroquímica</b>
078	K – 070/04	<b>KRUPP KMCL</b>	<b>Automotivo</b>
079	L – 071/04	<b>LG ELETRONIC</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
080	L – 116/04	<b>LG ELECTRONICS</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
081	L – 119/04	<b>LG ELECTRONICS</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
082	L – 072/04	<b>LÍDER TÁXI AÉREO</b>	<b>Serviços de Transportes</b>
083	L – 073/04	<b>LUK DO BRASIL (SCHAEFFLER BRASIL Ltda.)</b>	<b>Automotivo</b>
084	M – 074/04	<b>MAGNETI MARELLI COFAP</b>	<b>Automotivo</b>
085	M – 075/04	<b>MAHLE METAL LEVE</b>	<b>Automotivo</b>
086	M – 076/04	<b>MAXION INTERNATIONAL</b>	Automotivo
087	M – 077/04	<b>METAGAL</b>	Automotivo
088	M – 078/04	<b>MICROSOFT INFORMÁTICA</b>	<b>Tecnologia e Computação</b>
089	M – 079/04	<b>MOTOROLA</b>	Eletroeletrônico
090	M – 080/04	<b>MULTIBRÁS S/A ELETRODOMÉSTICOS</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
091	N – 081/04	<b>NOKIA DO BRASIL TECNOLOGIA LTDA.</b>	<b>Telecomunicações</b>
092	N – 082/04	<b>NOVARTIS BIO CIÊNCIAS</b>	Farmacêutico, Higiene e Cosméticos

093	P – 110/04	<b>PHIPLIPS ELETRÔNICA DA AMAZÔNIA</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
094	P – 083/04	<b>PILKINGTON</b>	<b>Automotivo</b>
095	P – 111/04	<b>POLIBRASIL RESINAS S/A</b>	<b>Plásticos e Borracha</b>
096	P – 084/04	<b>POLITENO</b>	Química e Petroquímica
097	R – 085/04	<b>REXAM BEVERAGE CAN SOUTH AMERICA</b>	<b>Siderurgia e Metalurgia</b>
098	R – 086/04	<b>REXAM BEVERAGE CAN SOUTH AMERICA</b>	<b>Siderurgia e Metalurgia</b>
099	R – 087/04	<b>REXAM BEVERAGE CAN SOUTH AMERICA</b>	Siderurgia e Metalurgia
100	R – 088/04	<b>REXAM BRASÍLIA</b>	Siderurgia e Metalurgia
101	R – 089/04	<b>REXAM BEVERAGE CAN SOUTH AMERICA</b>	Siderurgia e Metalurgia
102	R – 112/04	<b>RHODIA POLIAMIDA E ESPECIALIDADES LTDA</b>	<b>Química e Petroquímica</b>
103	R – 090/04	<b>RIMA</b>	<b>Automotivo</b>
104	S – 092/04	<b>SCHNEIDER ELETRIC</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
105	S – 093/04	<b>SONY</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
106	T – 094/04	<b>TAKATA PETRI S.A.</b>	<b>Automotivo</b>
107	T – 095/04	<b>TENNECO</b>	<b>Automotivo</b>
108	T – 096/04	<b>TEXTRON FASTENING SYSTEMS DO BRASIL</b>	<b>Automotivo</b>
109	T – 097/04	<b>TOWER</b>	<b>Automotivo</b>
110	T – 098/04	<b>TRW</b>	<b>Automotivo</b>
111	T – 099/04	<b>TUPY FUNDIÇÕES LTDA.</b>	<b>Siderurgia e Metalurgia</b>
112	T – 100/04	<b>TYCO ELETRONICS</b>	<b>Eletroeletrônico</b>
113	T – 101/04	<b>3M</b>	<b>Química e Petroquímica</b>
114	V – 102/04	<b>VALEO SISTEMAS ELÉTRICOS</b>	Automotivo
115	V – 103/04	<b>VISTEON CORPORATION</b>	<b>Automotivo</b>
116	V – 104/04	<b>VOLKSWAGEN</b>	<b>Automotivo</b>
117	V – 105/04	<b>VOTORANTIM CIMENTOS Ltda.</b>	Material de Construção
118	V – 106/04	<b>VOTORANTIM CELULOSE E PAPEL S.A.</b>	<b>Papel e Celulose</b>
119	V – 108/04	<b>VOTORANTIM METAIS</b>	<b>Siderurgia e Metalurgia</b>
120	X – 107/04	<b>XEROX DO BRASIL</b>	<b>Tecnologia e Computação</b>
121	W – 117/04	<b>WHITE MARTINS GASES INDUSTRIAIS</b>	<b>Química e Petroquímica</b>

**ANEXO V – RELAÇÃO DOS PRODUTOS FABRICADOS PELAS EMPRESAS RESPONDENTES**

### RELAÇÃO DOS PRODUTOS FABRICADOS PELAS EMPRESAS RESPONDENTES

Nº	Qtde.	Principais produtos
1	1	aço, níquel e zinco
2	1	amortecedores, molas, bandejas, módulos de suspensão e peças sintetizadas
3	1	auto-adesivos
4	1	autopeças
5	1	barras de direção / pivôs e suspensão
6	1	bateria industrial estacionaria e tracionária, <i>shelters</i> p/ telecomunicações
7	1	baterias, chicotes elétricos e sistema de injeção ar condicionado.
8	1	baterias, sensores, injetores e válvulas
9	1	blocos e cabeçotes de motor
10	1	bombas de óleo e bombas d' água
11	1	bombas de palhetas, válvulas e mangueiras
12	1	cabos e conectores
13	2	celulares, monitores, <i>CD room</i>
14	1	centrais de telefonia móvel, fixa, estrutura de redes
15	3	cimento, concreto, cal e argamassa
16	1	cinescópio com bobinas defletoras acopladas para TVs de 14", 20" e 29"
17	1	componentes de vedação de motores
18	1	compressor hermético para refrigeração
19	1	concentrador de cor para plásticos
20	1	construção mecânica, carbono ligado, inoxidável e ferramenta.
21	1	contadores, reles, disjuntores e equipamentos
22	1	disjuntores
23	1	eixos e diferenciais
24	1	embalagens para frutas e ovos
25	1	embreagens, bombas hidráulicas e a vácuo e sistema de acionamento
26	1	equipamentos de construção civil
27	1	fabricação de locomotivas, equip. de tração e rodas elétricas para caminhões
28	1	fições elétricas (chicotes) e componentes (terminais, conectores elétricos)
29	2	filtros automotivos para óleo, ar e combustíveis
30	1	fitas adesivas, lixas, produtos médicos, <i>scotchwrite</i>
31	1	fixadores de aço
32	1	fogões a gás
33	1	girabrequins
34	1	laminados planos de alumínio
35	2	lâmpadas
36	2	latas de alumínio
37	1	louça sanitária
38	1	mangueiras hidráulicas, conexões, bombas, válvulas, unidades hidráulicas
39	1	módulos de <i>display</i> de cristal liquido p/ telefones celulares
40	2	medicamentos

41	1	motores à diesel
42	1	motores de geradores
43	1	motores e transmissões
44	1	papéis especiais de imprimir e escrever e celulose
45	1	papéis fotográficos e filmes para raios-X medico
46	1	petroquímicos básicos e plásticos
47	1	polietileno
48	1	polipropileno
49	1	refrigeradores, fogões, lavadoras, freezer e ar condicionado.
50	1	resinas plásticas de engenharia, abs, policarbonato
51	1	ressonâncias magnéticas, rx, tomógrafos, ultrassom
52	1	revisão de turbinas aeronáuticas
53	1	rodas e sistemas de levantadores de vidro e fechaduras
54	1	<i>shampoos</i> , protetor solar, absorventes
55	1	sistemas automotivos
56	1	sistemas de vedação, e condução de fluidos
57	1	<i>steel cord</i>
58	1	tanques de combustível, tubos de enchimento, dutos de ar e reservatórios de água
59	1	termostatos, componentes p/ eletrodomésticos.
60	1	transformadores para instrumentos
61	1	transformadores e subestações elétricas
62	1	transmissões e componentes p/ transmissões
63	1	tratores agrícolas e industriais
64	1	trem de pouso, válvulas e componentes hidráulicos para industria aeroespacial
65	1	turbinas, gerador para usinas hidrelétricas.
66	1	turbo alimentador
67	1	televisores, DVD, ar condicionado
68	1	veículos automotores
69	1	vidros laminados, temperados
	2	não informado

**ANEXO VI – RELAÇÃO DAS FERRAMENTAS E TÉCNICAS UTILIZADAS NAS ETAPAS DO  
MÉTODO DMAIC NAS EMPRESAS RESPONDENTES**

**RELAÇÃO DAS FERRAMENTAS E TÉCNICAS UTILIZADAS NAS ETAPAS DO  
MÉTODO DMAIC NAS EMPRESAS RESPONDENTES**  
(% DOS RESPONDENTES DA PESQUISA)

TÉCNICAS E FERRAMENTAS	Etapa do Método DMAIC						Ranking
	Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar	Todas	
Técnicas de Coleta de Dados	55,13	89,74	46,15	34,62	34,62	52,05	1
Histograma	33,33	74,36	67,95	28,21	37,18	48,21	2
Diagrama de Pareto	57,69	64,10	64,10	25,64	26,92	47,69	3
<i>Brainstorming</i>	65,38	38,46	61,54	44,87	17,95	45,64	4
Carta de Controle	19,23	50,00	50,00	29,49	75,64	44,87	5
Índices de Capacidade	26,92	57,69	47,44	39,74	48,72	44,10	6
Fluxograma	60,26	51,28	46,15	34,62	20,51	42,56	7
Mapa de Processo	55,13	46,15	50,00	34,62	16,67	40,51	8
Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção	14,10	83,33	38,46	33,33	25,64	38,97	9
Controle Estatístico de Processo	15,38	41,03	37,18	28,21	70,51	38,46	10
Mapeamento do Processo	55,13	46,15	34,62	34,62	17,95	37,69	11
FMEA	19,23	32,05	57,69	50,00	28,21	37,44	12
Mensuração de Defesa	23,08	61,54	25,64	24,36	30,77	33,08	13
Mapa de Raciocínio	37,18	35,90	30,77	30,77	25,64	32,05	14
Diagrama de Causa e Efeito	25,64	38,46	70,51	23,08	2,56	32,05	15
Análise Econômica	60,26	19,23	34,62	23,08	21,79	31,79	16
Técnicas de Amostragem	12,82	66,67	32,05	19,23	25,64	31,28	17
<i>Boxplot</i>	19,23	43,59	62,82	19,23	7,69	30,51	18
Análise do Tempo de Ciclo	23,08	43,59	48,72	17,95	16,67	30,00	19
Análise de Variância	8,97	28,21	75,64	23,08	8,97	28,97	20
Voz do Cliente	65,38	23,08	19,23	15,38	20,51	28,72	21
Folha de Verificação	12,82	48,72	26,92	17,95	37,18	28,72	22
Estratificação	35,90	46,15	44,87	11,54	2,56	28,21	23
Análise de Causa Raiz	25,64	24,36	74,36	8,97	3,85	27,44	24
Testes de Hipóteses	0,00	14,10	71,79	33,33	11,54	26,15	25
Diagrama de Dispersão	6,41	30,77	69,23	14,10	7,69	25,64	26
Planejamento de Experimentos	2,56	8,97	50,00	56,41	6,41	24,87	27
Análise de Regressão	6,41	16,67	79,49	15,38	3,85	24,36	28
5W2H	24,36	19,23	26,92	34,62	16,67	24,36	29

Legenda		10 Técnicas e Ferramentas Mais Utilizadas nas Etapas do Método DMAIC
		10 Técnicas e Ferramentas Menos Utilizadas nas Etapas do Método DMAIC



**RELAÇÃO DAS FERRAMENTAS E TÉCNICAS UTILIZADAS NAS ETAPAS DO  
MÉTODO DMAIC NAS EMPRESAS RESPONDENTES (CONTINUAÇÃO)**  
(% DOS RESPONDENTES DA PESQUISA)

TÉCNICAS E FERRAMENTAS	Etapa do Método DMAIC						
	Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar	Todas	Ranking
Gráfico Seqüencial	23,08	43,59	25,64	10,26	19,23	24,36	30
POKA-YOKE	5,13	3,85	8,97	50,00	51,28	23,85	31
Procedimento Operacional Padrão	7,69	8,97	12,82	42,31	44,87	23,33	32
Matriz de Priorização	24,36	25,64	32,05	30,77	2,56	23,08	33
QFD	37,18	24,36	26,92	15,38	5,13	21,79	34
Diagrama Árvore	25,64	21,79	42,31	11,54	2,56	20,77	35
Project Charter	61,54	7,69	7,69	10,26	14,10	20,26	36
SIPOC	61,54	16,67	7,69	2,56	3,85	18,46	37
Análise de Tempo de Falhas	8,97	25,64	43,59	7,69	5,13	18,21	38
Simulação	1,28	8,97	26,92	47,44	6,41	18,21	39
Diagrama de Gantt	25,64	16,67	17,95	20,51	8,97	17,95	40
Mapa de Produto	25,64	23,08	19,23	15,38	5,13	17,69	41
Análise Multivariada	5,13	12,82	51,28	10,26	1,28	16,15	42
Diagrama de Relações	6,41	17,95	35,90	12,82	3,85	15,38	43
Diagrama de Afinidades	12,82	15,38	33,33	8,97	2,56	14,62	44
Tec. Estat.de Prev. Série Temp.	7,69	12,82	26,92	11,54	14,10	14,62	45
Relatório de Anomalias	10,26	14,10	12,82	16,67	19,23	14,62	46
Carta Multi-Van	3,85	10,26	32,05	10,26	10,26	13,33	47
Diagrama de Matriz	8,97	19,23	24,36	12,82	0,00	13,08	48
<i>Stakeholder Analysis</i>	29,49	7,69	6,41	8,97	3,85	11,28	49
Teste de Vida Acelerada	0,00	11,54	25,64	10,26	5,13	10,51	50
FTA	2,56	6,41	30,77	7,69	3,85	10,26	51
<i>Stakeholder</i>	29,49	6,41	1,28	6,41	3,85	9,49	52
Teste de Mercado	5,13	11,54	14,10	11,54	5,13	9,49	53
PERT/COM	8,97	8,97	3,85	14,10	2,56	7,69	54
Teste de Operação	2,56	5,13	14,10	14,10	2,56	7,69	55
Operação Evolutiva	2,56	5,13	11,54	15,38	2,56	7,44	56
PDPC	3,85	7,69	6,41	10,26	1,28	5,90	57
OCAP	0,00	3,85	5,13	5,13	12,82	5,38	58

Legenda		10 Técnicas e Ferramentas Mais Utilizadas nas Etapas do Método DMAIC
		10 Técnicas e Ferramentas Menos Utilizadas nas Etapas do Método DMAIC