

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BRENA BEZERRA SILVA

**INVESTIGAÇÃO EMPÍRICA SOBRE O RELACIONAMENTO ENTRE SEIS
SIGMA E PRIORIDADES COMPETITIVAS**

SOROCABA
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BRENA BEZERRA SILVA

**INVESTIGAÇÃO EMPÍRICA SOBRE O RELACIONAMENTO ENTRE SEIS
SIGMA E PRIORIDADES COMPETITIVAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Sorocaba, para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Orientação: Prof. Dr. Ricardo Coser Mergulhão

SOROCABA
2015

Silva, Brena Bezerra.
S586i Investigação empírica sobre o relacionamento entre Seis Sigma e prioridades competitivas. / Brena Bezerra Silva. -- 2015.
101 f. : 28 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, *Campus Sorocaba*, Sorocaba, 2015
Orientador: Ricardo Coser Mergulhão
Banca examinadora: Roberto Antonio Martins, Carla Schwengber Ten Caten, Marly Monteiro de Carvalho
Bibliografia

1. Six sigma (Padrão de controle de qualidade). 2. Desempenho. 3. Controle de qualidade - Normas . I. Título. II. Sorocaba-Universidade Federal de São Carlos.

CDD 658.562

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca *Campus Sorocaba*.

BRENA BEZERRA SILVA

**"INVESTIGAÇÃO EMPÍRICA SOBRE O
RELACIONAMENTO ENTRE SEIS SIGMA E PRIORIDADES
COMPETITIVAS"**

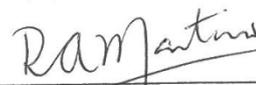
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão de Operações.
Sorocaba, 11 de fevereiro de 2015

Orientador (a):



Prof. (a). Dr. (a). Ricardo Coser Mergulhão
UFSCar/DEPS

Examinadores (as):



Prof. (a). Dr. (a). Roberto Antonio Martins
UFSCar/DEP



Prof. (a). Dr. (a). Carla Schwengber Ten Caten
UFRGS/DEPROT



Prof. (a). Dr. (a). Marly Monteiro de Carvalho
USP/PRO

AGRADECIMENTOS

A Deus por nunca ter me abandonado e por nunca ter me deixado abandonar a minha fé, pelos momentos difíceis que me fizeram crescer e pelos bons momentos que me fizeram celebrar a vida.

Aos meus pais Paulo e Aldecy, pelo amor, carinho, fé, apoio, afeto, dedicação, compreensão, oportunidade e por serem os melhores pais do universo.

A minha irmã Zaphia e família primos, primas, tios, tias e avós, pelo pensamento sempre positivo, carinho, por rezarem por mim e por estarem presentes na minha vida.

As minhas *friends forever* Lari e Nínive, pela amizade e apoio.

As minhas *babies* Dani e Ilana, pela amizade, apoio, palpites e diversão nos momentos tensos.

Aos meus queridos colegas colombianos Mafe, Diego e Alfredo e a todos os amigos do PPGEPS Nadya, Renata, Maritha, Renato, Giovanna, Gabriel e Felipe pela convivência e por tornarem o mestrado mais feliz.

Ao Paulo pelo companheirismo, amor e atenção.

A minha colega e amiga de apê Lilian, por me acolher de braços abertos e ser uma excelente companheira de casa, balada e viagem.

Ao meu orientador professor Dr Ricardo C. Mergulhão, por orientar, ensinar, propor, aconselhar, pela competência e busca do aprimoramento da pesquisa.

A Érica pela presteza e *emails* com as respostas no tempo e no momento que precisei.

Aos professores dedicados e competentes do PPGEPS, em especial Júlio, Nara, Jorge, Juliana, Deise, José Geraldo, Eli e João.

A banca examinadora pela atenção e sugestões.

À CAPES pelo apoio financeiro.

SILVA, Brena Bezerra. Relação entre o Seis Sigma e prioridades competitivas no Brasil. 2015. 103. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2015.

RESUMO

O Seis Sigma é um programa de melhoria adotado por muitas empresas para melhorar o seu desempenho nos negócios. No entanto, algumas pesquisas apontam que a relação entre o Seis Sigma e a melhoria da vantagem competitiva não está clara. Nesse contexto, o objetivo dessa dissertação é identificar o relacionamento entre os fatores de implantação do Seis Sigma e as prioridades competitivas em empresas que operam no Brasil. Como etapas, essa pesquisa realizou análises bibliométrica e de conteúdo, análise descritiva e análise fatorial. A pesquisa investigou 45 empresas, por meio de uma *survey*, para encontrar o relacionamento entre os fatores de implantação do Seis Sigma com as prioridades competitivas no Brasil. Os fatores de implantação identificados foram: “coleta e disponibilização de dados”, “infraestrutura prévia”, “uso de indicadores de desempenho”, “estabelecimento de metas”, “capacidade cultural”, “envolvimento da alta administração” e “pensamento estatístico”. Os resultados apontam para o relacionamento entre os fatores “coleta e disponibilização dos dados”, “infraestrutura prévia” e “capacidade de mudança” com o fator prioridade. Além desse resultado, foi encontrado que as dimensões “confiabilidade” e “flexibilidade” das prioridades competitivas possuem relação com os fatores de implantação do Seis Sigma.

Palavras-chave: Seis Sigma. Prioridades Competitivas. Programas de melhoria.

ABSTRACT

Six Sigma is an improvement program adopted by many companies to improve their business performance. However, some studies indicate that the relationship between Six Sigma and competitive advantage is not that clear. In this context, the main objective of this dissertation is to identify the relationship between the implementation factors of Six Sigma and competitive priorities in companies that operating in Brazil. As steps, this research conducted bibliometric analysis, content analysis, descriptive analysis and factor analysis. The research investigated 45 companies, through a survey, to find the relationship between Six Sigma implementation factors with competitive priorities in Brazil. Implantation factors identified were: "collect and availability of data", "previous infrastructure", "performance indicators", "goal setting", "capacity for change", "top management involvement" and "statistical thinking" . The results indicate the implementation factors that have relationship with competitive priorities are "collection and availability of data," "previous infrastructure" and "capacity for change". In addition to this result, it was found that the dimensions of competitive priorities that have relationship with implementation factors are "reliability" and "flexibility".

Keywords: Six Sigma. Competitive Priorities. Improvement Programs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Passos para obtenção dos dados de entrada das análises bibliométrica e de conteúdo.....	15
Figura 2 – Passo a passo realizado após os dados serem gerados no Citespace.....	20
Figura 3 - Síntese teórica da relação entre Seis Sigma e prioridade competitiva.....	45
Figura 4 – Relação entre fatores de implantação e das dimensões.....	45
Figura 5- Delineamento da pesquisa	47
Figura 6 - Esquema básico de uma pesquisa <i>survey</i>	49
Figura 7 – Passo a passo da análise dos dados	54
Figura 8 –Número de fatores formados.....	61
Figura 9 - Gráfico de dispersão da homocedasticidade.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela I – <i>Clusters</i> formados	17
Tabela II - Classificação das referências resultantes da análise bibliométrica.....	22
Tabela III – Ferramentas mais utilizadas em empresas que possuem Seis Sigma no Brasil.....	35
Tabela IV - Variáveis Operacionais	41
Tabela V – Perfis das empresas respondentes.....	55
Tabela VI – Maturidade, objetivo e frequência do programa Seis Sigma.....	56
Tabela VII - KMO e Teste de Bartlett.....	60
Tabela VIII - Variância total explicada (Método de Extração: Análise de Componente Principal)	61
Tabela IX – Comunalidades.....	62
Tabela X – Associação dos fatores para implantação após a rotação <i>varimax</i>	63
Tabela XI – Tabela dos fatores formados	64
Tabela XII – KMO e Teste de Bartlett para prioridades competitivas.....	69
Tabela XIII - Coeficientes do modelo.....	73
Tabela XIV – Resultado da regressão	77
Tabela XV – Teste de normalidade.....	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Referências mais citadas	25
Quadro 2 - Autores mais citados	26
Quadro 3 – Variáveis para implantação do Seis Sigma	28

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	8
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
1.2 Estrutura do trabalho	12
2 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E ANÁLISE DE CONTEÚDO	14
2.1.1 Dados de entrada para a análise bibliométrica	14
2.2 Referências geradas no Citespace	16
2.2.1 <i>Clusters</i>	17
2.2.2 Análise de Conteúdo	20
3 VARIÁVEIS DO SEIS SIGMA	27
3.1 Envolvimento da alta administração	28
3.2 Mudança Organizacional.....	29
3.3 Adoção de programas prévios de melhoria	30
3.4 Sistema <i>Belt</i>	31
3.4.1 Treinamento	32
3.4.2 Especialistas <i>Belt</i>	32
3.5 Método DMAIC	34
3.5.1 Fase <i>Define</i>	36
3.5.2 Fase <i>Measure</i>	37
3.5.3 Fase <i>Analyse</i>	38
3.5.4 Fase <i>Improve</i>	38
3.5.5 Fase <i>Control</i>	39
3.6 Prioridades competitivas	40
3.6.1 Qualidade	42
3.6.2 Velocidade.....	42
3.6.3 Confiabilidade de entrega.....	43
3.6.4 Flexibilidade.....	43
3.6.5 Custo	43
3.7 Síntese teórica entre o Seis Sigma e prioridades competitivas.....	44
4 MÉTODO DE PESQUISA	47
4.1 Elaboração do quadro teórico.....	47
4.2 Condução da <i>Survey</i>	48

4.2.1	Conexão com a teoria.....	49
4.2.2	População	49
4.2.3	Instrumento de coleta de dados	50
4.2.4	Teste-piloto.....	50
4.2.5	Coleta de dados	51
4.2.6	Análise de dados.....	52
5	RESULTADOS.....	55
5.1	Caracterização da amostra.....	55
5.2	Investigação de <i>Outliers</i>	57
5.2.1	Z Score	58
5.2.2	Distância de Mahalanobis	58
5.3	Análise fatorial das variáveis independentes.....	59
5.4	Análise Fatorial das variáveis dependentes.....	69
5.5	Identificação de <i>outliers</i> para a regressão	70
5.6	Regressão linear múltipla	72
5.6.1	Regressão dos Fatores de implantação com o fator prioridade	73
5.6.2	Regressão das prioridades competitivas.....	76
5.7	Hipóteses do modelo de regressão linear múltipla.....	79
5.7.1	Homocedasticidade	79
5.7.2	Autocorrelação	80
5.7.3	Normalidade	81
6	CONCLUSÃO	82
	REFERÊNCIAS	85
	APÊNDICE A – Tabela Z-Score	93
	APÊNDICE B – Distância de Mahalanobis	97
	APÊNDICE C – Correlação das variáveis	98
	APÊNDICE D - Variáveis de implantação do Seis Sigma explorados	99
	APÊNDICE E – Testes das hipóteses.....	100

1 INTRODUÇÃO

Os programas de melhoria têm sido implantados por muitas empresas na busca de melhores desempenhos. Segundo Singh e Khanduja (2014), empresas adotam ISO 9001, Gestão pela Qualidade Total (GQT), Seis Sigma, entre outras abordagens para sobreviverem no ambiente competitivo.

O Seis Sigma é um programa que busca alcançar e manter a excelência operacional (KUMAR et al., 2008). De acordo com Braunscheidel et al. (2011), esse programa ainda tem a intenção de melhorar o desempenho e atendimento ao cliente das organizações.

O surgimento do Seis Sigma se deu na década de 80 na Motorola, sendo que essa empresa melhorou expressivamente seus lucros após sua implantação (LINDERMAN et al., 2003). Segundo Reosekar e Pohekar (2014), a melhoria dos lucros por empresas pioneiras no Seis Sigma foi uma das principais razões para que outras empresas no mundo procurassem implantá-lo. E de acordo com De Mast (2006), um dos benefícios diretos do programa Seis Sigma consiste em melhorar o desempenho das empresas. Projetos Seis Sigma devem trazer benefícios para os clientes. Por esta razão, a qualidade do produto, flexibilidade e confiabilidade são aspectos considerados nos projetos Seis Sigma.

A Motorola foi a pioneira no que diz respeito ao programa, melhorando expressivamente seus lucros, os esforços Seis Sigma fizeram a General Eletric (GE) passar de \$750 milhões de lucro, no final de 1998, para \$1.5 bilhões de lucro, no final de 1999 (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000). Segundo Reosekar e Pohekar (2014), essa foi uma das principais razões para que outras empresas procurassem implantar o Seis Sigma no mundo.

Internacionalmente, Shafer e Moeller (2012) e Swink e Jacobs (2012) encontraram algumas das melhorias provocadas em empresas após a implantação do Seis Sigma, a partir do terceiro ano de implantação do Seis Sigma, impactaram positivamente no retorno sobre o investimento (ROI), no retorno sobre as vendas (ROS), na produtividade e no lucro operacional sobre o ativo total e, ainda, sobre as vendas.

No Brasil, a principal motivação para a implantação do programa Seis Sigma é a melhoria da qualidade e da produtividade (CARVALHO; HO; PINTO, 2014). O programa é adotado no país, principalmente, por empresas de grande porte que investem em infraestrutura e treinamento de pessoal, possibilitando obter os benefícios financeiros almejados (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007). Entretanto, segundo Marzagão et al. (2014), estudos que

investigam a implantação do programa chamam a atenção no Brasil, pois os autores não têm encontrado uma correlação positiva entre os investimentos realizados e os resultados obtidos.

Considerando a importância do Seis Sigma para a competitividade das empresas e os questionamentos entre investimento e resultados, o problema de pesquisa é:

Existe relação entre os fatores de implantação do Seis Sigma no Brasil e as prioridades competitivas?

Diante desse problema de pesquisa, pretende-se investigar o relacionamento entre os fatores de implantação do Seis Sigma e as prioridades competitivas. Para cumprir esse propósito, o método de pesquisa utilizado foi um levantamento do tipo *survey*. Para análises dos dados serão utilizadas análise descritiva, análise fatorial e regressão múltipla.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este estudo tem o objetivo geral de investigar o relacionamento entre os fatores de implantação do Seis Sigma e as prioridades competitivas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar as variáveis presentes na implantação do Seis Sigma;
- Investigar os fatores de implantação do Seis Sigma;
- Relacionar os fatores de implantação do Seis Sigma com as prioridades competitivas.

1.2 Estrutura do trabalho

A seguir apresenta-se uma breve descrição dos próximos cinco capítulos deste trabalho.

O segundo capítulo apresenta uma visão geral do programa Seis Sigma, a análise bibliométrica e análise de conteúdo sobre o tema. Foram encontradas as principais referências, autores, *journals* e a evolução no tempo relacionado das publicações relacionadas ao Seis Sigma. Esses resultados nortearam a revisão de literatura sobre o programa Seis Sigma.

O terceiro capítulo utilizou os resultados encontrados nas análises de bibliométrica e análise de conteúdo para revisar os aspectos do programa Seis Sigma,

levantando os principais assuntos que envolvem o programa, possibilitando a construção de um quadro teórico que foi operacionalizado no questionário aplicado mediante uma *survey* nas empresas. Nesse capítulo apresenta-se também é apresentado sobre as prioridades competitivas. São apresentadas as dimensões das prioridades competitivas encontradas que serão operacionalizadas no questionário para posterior verificação de relacionamento com os fatores do Seis Sigma.

No quarto capítulo apresenta-se o método de pesquisa utilizado para guiar essa pesquisa. Nesse capítulo serão apresentados os passos seguidos para se alcançar o objetivo da pesquisa de investigar a relação entre Seis Sigma e prioridades competitivas.

No quinto capítulo são apresentados os resultados encontrados, esse capítulo discute o resultado das análises descritiva, fatorial e de regressão linear múltipla realizadas nessa pesquisa. A análise descritiva apresenta o perfil das empresas que possuem o programa Seis Sigma implantado. A análise fatorial apresenta os fatores de implantação para o programa em empresas que operam no Brasil. E finalmente, a análise de regressão múltipla apresenta a relação entre os fatores de implantação do programa Seis Sigma com as prioridades competitivas.

Por fim, no sétimo capítulo é apresentada a conclusão dessa pesquisa. Como conclusão foi apresentada que, no geral, os fatores de implantação do programa Seis Sigma têm relação com prioridade competitiva. Destacando os fatores que os fatores “coleta e disponibilização dos dados”, “infraestrutura prévia” e “capacidade de mudança” também apresentaram relação com prioridade competitiva, quando analisados individualmente. Enquanto que os fatores “uso de indicadores de desempenho” e “estabelecimento de metas” não apresentaram relação.

2 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E ANÁLISE DE CONTEÚDO

Com o propósito de reunir uma documentação relevante sobre o programa Seis Sigma, essa pesquisa utilizou a análise bibliométrica. Segundo Pilkington e Meredith (2009), as principais análises feitas na bibliometria são de citação e cocitação. A análise de citação examina o crescimento das citações ao longo de um período de tempo de interesse. Já a análise de cocitação é um complemento para identificar as relações entre os autores, os temas, os *journals*, as palavras-chave e os métodos de pesquisa, ilustrando agrupamentos estruturais dessas relações e a forma como esses grupos se relacionam uns com os outros.

Essa pesquisa utilizou a técnica de análise de citação para identificar os principais autores e as principais referências. Utilizou-se a técnica de análise de cocitação para identificar os agrupamentos dos temas de pesquisa sobre o Seis Sigma, mediante a identificação dos *clusters*. O *software* bibliométrico utilizado foi o Citespace. Segundo Chen (2006), esse *software* é uma aplicação desenvolvida em *Java*® para análise e visualização de redes de cocitação.

A descrição dos passos seguidos para a análise bibliométrica e os seus resultados serão explicados nos subtópicos seguintes.

2.1.1 Dados de entrada para a análise bibliométrica

A análise se deu por meio de uma pesquisa *on-line* na base de dados científica *ISI Web of Knowledge*, na principal coleção do *Web of Science (WOS)*, da qual exportaram-se os dados para serem analisados por meio do *software* bibliométrico Citespace e mediante técnicas de análise de conteúdo. De acordo com Chen (2006), a *Web of Science* é a principal fonte de dados para entrada do *software* bibliométrico Citespace. Além disso, outras bases de pesquisa, *Scopus*, *ProQuest* e *Wiley*, não possibilitam a exportação dos dados no formato para análise no Citespace. Os passos seguidos para obtenção da amostra estão apresentados na Figura 1.

De acordo com Chen (2006), a *Web of Science* é a principal fonte de dados para entrada do *software* bibliométrico Citespace. Além disso, outros bancos de dados como, o *Scopus*, *ProQuest* e *Wiley*, não possibilitam a exportação do formato dos dados que permite a análise pelo Citespace. Os passos seguidos para obtenção da amostra estão apresentados na Figura 1.

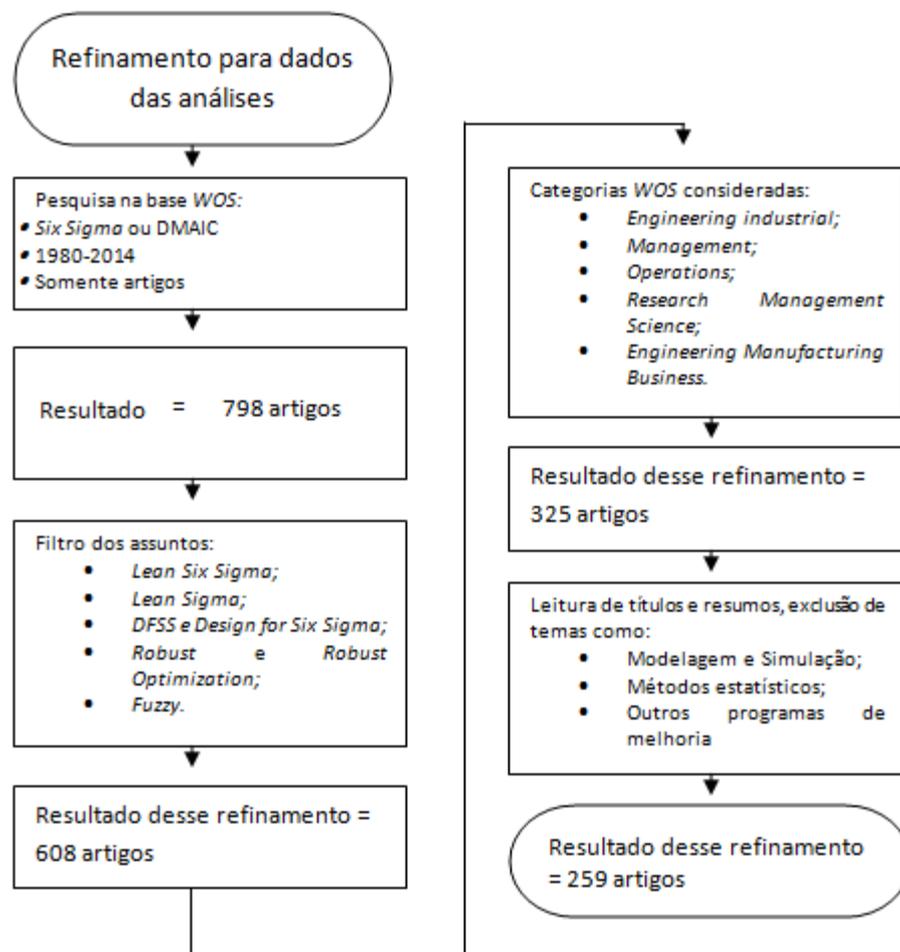


Figura 1 – Passos para obtenção dos dados de entrada das análises bibliométrica e de conteúdo.

FONTE: Elaborado pela autora

Foram pesquisados somente artigos utilizando como tópicos de entrada os termos “*Six Sigma*” ou “*DMAIC*”. O primeiro resultado encontrou 798 artigos. Entretanto, dentro desse resultado havia alguns artigos que não exploravam o Seis Sigma. Então, com o intuito de obter somente conteúdo sobre o tema, alguns refinamentos foram feitos mediante os filtros de pesquisa avançada, disponíveis na base de dados. O primeiro refinamento se deu com a exclusão dos seguintes assuntos:

- *Lean Six Sigma* ou *Lean Sigma*: artigos que tratam de assuntos relacionados à fusão dos programas Seis Sigma e *Lean Manufacturing*;
- *DFSS* ou *Design for Six Sigma*: artigos que abordam a estrutura *DFSS* no desenvolvimento de produtos;
- *Robust* ou *Robust Optimization* ou *Fuzzy*: artigos sobre otimização de produtos ou processos;

Esses tópicos foram excluídos, pois fugiam do objetivo dessa análise bibliométrica, que é o de analisar as referências relacionadas à implantação do Seis Sigma.

Além disso, essas referências prejudicavam a análise bibliométrica, uma vez que utilizavam como referência, referências sobre outros temas como, otimização de produtos/processos ou referências sobre manufatura enxuta ou sobre outros programas de qualidade. Após essas exclusões restaram 608 artigos.

Os artigos resultantes passaram por mais um refinamento. Foram levadas em consideração para essa pesquisa somente as seguintes categorias da *Web of Science*: *Engineering Industrial*; *Management*; *Operations*; *Research Management Science*; *Engineering Manufacturing*; e *Business*. Essas categorias foram consideradas por englobarem as áreas dentro do contexto de Gestão de Operações. Dentre as categorias excluídas estavam áreas como *Computer Science Interdisciplinary Applications*, *Robotics* e *Health Care Science Services*, que exploravam áreas científicas fora do contexto dessa pesquisa.

Essas categorias foram consideradas por englobarem as áreas dentro do contexto de Gestão de Operações. Dentre as categorias excluídas estavam áreas como *Computer Science Interdisciplinary Applications*, *Robotics* e *Health Care Science Services*, que exploravam áreas científicas fora do contexto dessa pesquisa.

Esse refinamento apresentou 325 artigos científicos e dentre esses, alguns abordavam conceitos sobre otimização ou outros métodos estatísticos. Por isso, foi necessária uma leitura dos resumos e títulos de modo a apurar o seu conteúdo. Dentre os artigos lidos, havia 19 referências com temas de modelagem e simulação, 27 artigos como tema métodos estatísticos e 20 sobre programas de qualidade. Essas referências também foram excluídas. O resultado desse refinamento encontrou, então, 259 artigos que estavam dentro do tema Seis Sigma e serviram de entrada para a análise bibliométrica.

2.2 Referências geradas no Citespace

A amostra de 259 artigos foi exportada para o Citespace em formato *plan text*, selecionando-se todos os metadados referentes aos artigos, isto é, autores, resumo, referências citadas, número de citações, contagem de referência citada, endereços, idioma, número de acessos, fonte, tipos de documento, palavras-chave, categoria do *WOS* e áreas de pesquisa.

O Citespace apresentou 2.274 ligações entre as referências de entrada e 532 referências distintas. O resultado apresentou os *clusters* formados e dados para a análise de conteúdo. A seguir serão apresentados os *clusters* formados.

2.2.1 Clusters

Clusters cocitação são agrupamentos de artigos gerados no *Citespace* para identificar temas e tendências no tempo (CHEN, 2006). Os *clusters* são formados no *software* de acordo com a semelhança de assuntos dos artigos que o compõe (CHEN; IBEKWE-SANJUAN; HOU, 2009).

O resultado da análise para a amostra de artigos sobre o Seis Sigma apresentou um total de 24 *clusters* de cocitação, Tabela I. Cada *cluster* corresponde a um tema ou uma linha de pesquisa, que é representado pelo nome do *cluster* (CHEN, 2014).

O *Citespace* também fornece a referência mais ativa para os nove maiores *clusters*, Tabela I. As referências mais ativas são aquelas que chamaram atenção da comunidade científica por um momento, e dessa forma, foram subitamente citadas por um período de tempo, gerando uma área ativa de investigação ou uma tendência emergente (CHEN, 2014).

Tabela I – Clusters formados

Cluster	Tamanho	Nome	Referência mais ativa
19	334	Manage	(GUTIÉRREZ; TORRES; MOLINA, 2010)
18	54	Belts	(HOERL, 2001)
6	29	Essential excution	(GNIBUS, 2000)
21	20	Optimal	(HWANG, 2006)
12	13	Waist	(CHEN; TSOU, 2003)
22	12	Assessment; organizational	(BANUELAS; ANTONY; BRACE, 2005)
20	11	Selecting	(SHOAF et al., 2003)
9	9	Compound	(SULEK; MARUCHECK; LIND, 2006)
7	8	Applications	(CHUANG, 2014)
11	5	Reengineering	-
15	4	Branding	-
13	4	Choosing	-
2	4	Strategies	-
16	3	Concerns	-
4	3	Solution	-
1	3	Profession	-
23	2	Education	-
17	2	Textile	-
14	2	Establishing	-
10	2	Machines	-
8	2	Related	-
5	2	Perceptions	-
3	2	Food	-
0	2	E-business	-

FONTE: Elaboração própria

O maior *cluster* formado é o de número 19, com 334 referências. Ele possui o título principal denominado *Manage*, que em português pode ser traduzido como gerenciar. Nesse *cluster* são encontradas referências pioneiras sobre o tema como, Deming (1986), Harry (1998), Hahn (1999), Hackman (1995) e Breyfogle III (1999). Os termos que mais aparecem nesse *cluster* são: sigma, projetos e implantação.

Os artigos desse *cluster* são, no geral, teóricos com os objetivos de definir os fatores que influenciam o gerenciamento do programa Seis Sigma e de compará-lo com outros programas de melhoria. A referência mais ativa é Gutiérrez, Torres e Molina (2010). Ela investiga a implantação de diferentes abordagens de melhoria, como o Seis Sigma, as normas ISO (*International Organization for Standardization* ou, em português, Organização Internacional para Padronização), o modelo de Malcolm Baldrige e o modelo EFQM (*European Foundation for Quality Management* ou, em português, Fundação Europeia para Gestão da Qualidade), comparando o grau de desenvolvimento necessário para os elementos que estruturam os diferentes programas de melhoria.

O segundo *cluster* é o 18, com 54 referências. Ele está nomeado como *Belts* e compreende referências que discutem sobre o sistema *Belt* na execução do Seis Sigma. O artigo mais ativo desse *cluster* é Hoerl (2001). Nesse artigo discute-se sobre os *Black Belts*, apresentando o treinamento, a quantidade necessária de especialistas, hierarquia e o funcionamento do sistema *Belt*. Exemplos de artigos presentes nesse *cluster* são Lloréns-Montes e Molina (2006), Montgomery (2001) e Lucas (2002).

O terceiro *cluster* com maior número de referências é o de número 6. Seu tamanho é igual a 29 e seu nome é *Essential*, que em português pode ser traduzido como essencial. Outros títulos que podem se referir a esse *cluster* são *understanding* e *calculate*, que querem dizer entender e calcular, respectivamente. Nesse *cluster*, estão presentes artigos sobre métodos para a redução da variabilidade do processo e para diminuição de defeitos nos produtos durante a execução do Seis Sigma. A referência mais ativa desse *cluster* é Gnibus (2000), essa referência é teórica e explica sobre o funcionamento do programa Seis Sigma. Outras referências presentes nesse *cluster* são Hoerl (1998) e Blakeslee (1999).

O *cluster* 21 é o quarto maior *cluster* e possui 20 referências presentes. Esse *cluster* está nomeado por *Execution*, que em português quer dizer execução. A referência mais ativa é Hwang (2006), essa referência aborda sobre a aplicação do DMAIC na integração de sistemas de manufatura. Outras referências são George (2002) e Deng (2005). Esse *cluster* trata da execução do método DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve e Control*

ou, em português, Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), apresentando as fases e aplicação do método em empresas de manufatura e serviços.

O quinto maior *cluster*, com 13 referências, é o *cluster* 12. O nome desse *cluster* é *Optimal* ou, em português, ótimo. Algumas referências presentes nesse *cluster* são Chen (2003) e Ganeshan, Boone e Stenger (2001). Esse *cluster* possui artigos que apresentam modelos de simulação para melhorar o desempenho do gerenciamento.

O sexto maior *cluster* é o 22, com tamanho 12 e nome de *Waste* ou, em português, desperdício. As referências presentes nesse *cluster* são Breyfogle III (1999), Breyfogle III (2000) e Antony e Banuelas (2002). As referências apresentam os principais benefícios do programa Seis Sigma e como implantá-lo com sucesso, reduzindo desperdícios e melhorando lucros. A referência mais ativa desse *cluster* é Banuelas, Antony e Brace (2005).

O sétimo *cluster* é o 20, com tamanho igual a 11 e nome *Assessment* ou, em português, avaliação. Esse *cluster* possui referências que discutem como as empresas se organizam para implantação de programas de melhoria, em termos de organização de pessoal. Artigos presentes nesse *cluster* são Shoaf et al. (2004) e Bennis e Townsend (1995).

O *cluster* 9 possui 9 referências e é o oitavo maior *cluster*. Seu nome é *Selecting* ou, em português, selecionar. Esse *cluster* possui referências que apresentam sobre a seleção de ferramentas da qualidade e métodos estatísticos para o uso do Seis Sigma na empresa. O livro Breyfogle III (2000) também está presente nesse *cluster*. Além dessa referência, outras são Allen (2006) e Sulek, Maruchek e Lind (2006).

O nono *cluster* é o *cluster* 7 com tamanho 8. O nome desse *cluster* é *Compound*, que em português pode ser traduzido como composição. O artigo mais ativo desse *cluster* é Chuang (2014). Este *cluster* apresenta o funcionamento do método DMAIC para avaliar e melhorar o desempenho de iniciativas sustentáveis. Outras referências presentes nesse *cluster* são Baumgarten, Klinkner e Sommer-Dittrich (2004) e Brito, Carbone e Blanquart (2008).

Alguns desses *clusters* apresentam referências em comum. O *cluster* 19 apresentou referências em comum com os *clusters* 18, 20, 21 e 22. Os agrupamentos de *clusters* são formados por semelhança de tema. Essas referências abordam sobre temas que englobam ambos os *clusters*.

Esses foram os nove maiores *clusters* gerados dentre 24 *clusters* formados. A análise dos *clusters* contribuirá para a identificação dos fatores de implantação do Seis Sigma,

que servirão para construção da revisão de literatura sobre o tema. A seguir apresenta-se a análise de conteúdo a partir das referências identificadas.

2.2.2 Análise de Conteúdo

Antes da análise de conteúdo foi realizado um refinamento sobre as 532 referências obtidas. A Figura 2 apresenta as etapas desse refinamento.

Dentre as 532 referências, algumas precisaram ser corrigidas no que diz respeito à sua nomenclatura, pois algumas de uma mesma obra estavam escritas de forma diferente.

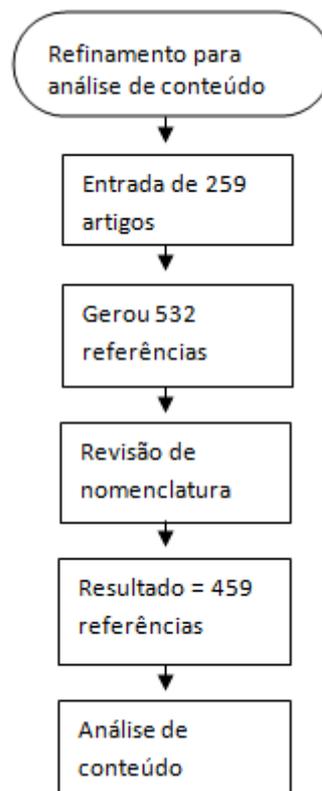


Figura 2 – Passo a passo realizado após os dados serem gerados no Citespace

FONTE: Elaborado pela autora

O resultado de 459 referências seguiu então para análise de conteúdo. A análise de conteúdo foi realizada em três fases, seguindo Bardin (1979): pré-análise, exploração do material e tratamento dos dados, inferência e interpretação. Cada fase será discutida separadamente, a seguir.

2.2.2.1 Pré-análise

A primeira fase da análise de conteúdo, chamada de pré-análise, tem o objetivo de ter o primeiro contato com os documentos por meio de uma leitura de títulos e resumos (BARDIN, 1979). Essa fase explorou um total de 459 referências resultantes do tratamento bibliométrico.

Nessa etapa, foram lidos os títulos e resumos de todas as referências para um primeiro refinamento. Esse primeiro contato excluiu referências, pois abordavam sobre Gestão pela Qualidade Total (GQT), estudos sobre Estatística, *Design for Six Sigma*, estudos sobre comportamento organizacional, Gestão Estratégica, entre outros assuntos com menor ocorrência que não exploravam sobre a implantação do Seis Sigma. Com isso, foram excluídas 355 referências, restando 104 para a segunda fase da análise do conteúdo, a exploração do material.

2.2.2.2 Exploração do Material

Uma vez terminada a pré-análise, foi necessário explorar o material selecionado. Essa fase tem o objetivo de administrar sistematicamente as decisões tomadas na pré-análise, envolvendo: o recorte (escolha das unidades), a enumeração (escolha das regras de contagem) e a classificação (escolha das categorias) (BARDIN, 1979).

Inicialmente, efetuou-se uma leitura mais profunda dos textos, que resultou em 90 referências que abordavam sobre a implantação do Seis Sigma. Após isso, essas referências foram agrupadas em diferentes categorias.

Segundo Selltitz, Wrightsman e Cook (1972), para que essas categorias sejam úteis na análise dos dados, são necessárias três regras básicas sobre o conjunto de categorias: deve ser derivado de um único princípio de classificação; deve ser exaustivo; e as categorias do conjunto devem ser mutuamente exclusivas.

De modo a atender a essas regras, foram criadas categorias com o mesmo princípio de classificação de maneira que as referências não pudessem pertencer a mais de uma categoria. Entretanto, algumas categorias tiveram poucas ou apenas uma referência sendo necessária a exclusão da categoria e a inclusão da referência em outra categoria mais abrangente.

Os artigos foram primeiramente classificados de acordo com o tipo de estudo feito. Os tipos de estudos estavam determinados pelos autores no texto. O agrupamento geral dividiu as referências em três grandes categorias: estudos empíricos; revisões de literatura; e relatos de consultores, além de outras subcategorias, conforme Tabela II.

Tabela II - Classificação das referências resultantes da análise bibliométrica.

Estudos empíricos	19
Relação do Seis Sigma com a Gestão da Qualidade	4
Relação do Seis Sigma com a Gestão Estratégica	1
Execução do Seis Sigma	10
Retorno financeiro do Seis Sigma	1
Seis Sigma aplicado	3
Revisões de literatura	37
Implantação e fatores de sucesso do Seis Sigma	31
Especialistas do sistema <i>Belt</i>	2
Seis Sigma e Cadeia de Suprimentos	1
Livros Seis Sigma	3
Relatos de consultores	34
Retorno financeiro do Seis Sigma	1
Mudança cultural Seis Sigma	1
Seleção de projetos Seis Sigma	1
Habilidades dos especialistas <i>Belts</i>	3
Características do Seis Sigma	7
Livros de consultores Seis Sigma	8
Fóruns Seis Sigma	13

FONTE: Elaborado pela autora

Em relação à pesquisa, a categoria Estudos empíricos compreende pesquisas do tipo *survey*, estudos de caso e pesquisa-ação sobre o Seis Sigma. Nesse grupo, podem ser encontrados resultados de estudos em diferentes países, incluindo organizações de manufatura e de serviços. A Revisões de literatura é composta por pesquisas teóricas que compilaram as principais referências existentes sobre o Seis Sigma, com o objetivo de discutir aspectos como características, estrutura, treinamento e implantação do Seis Sigma. Já a categoria Relatos de consultores é composta por obras que não citam outras referências e que discutem sobre o programa Seis Sigma. A maioria dessas referências apresenta uma biografia desses autores, os identificando como consultores do programa. Essas referências são na maioria livros, que foram escritos por profissionais que participaram da implantação do Seis Sigma em empresas pioneiras, narrando sobre os elementos do Seis Sigma a partir de suas próprias experiências, descrevendo todo o processo de implantação, estrutura e treinamento Seis Sigma.

As três categorias identificadas foram ainda divididas em subcategorias, conforme seu conteúdo. A categoria Estudos empíricos apresentou as subcategorias Relação do Seis Sigma com a Gestão da Qualidade e Relação do Seis Sigma com a Gestão Estratégica, que apresentaram estudos sobre o Seis Sigma relacionados à aplicação do programa com a

gestão da qualidade e a gestão estratégica, com pesquisas do tipo *survey* e estudos de caso. Outra subcategoria encontrada foi Execução do Seis Sigma, a qual contém um estudo do tipo pesquisa-ação sobre técnicas utilizadas para seleção de projetos Seis Sigma. Na subcategoria Retorno financeiro do Seis Sigma, encontram-se dois estudos do tipo *survey* que fazem a relação de indicadores financeiros com o Seis Sigma. Já a subcategoria Seis Sigma aplicado engloba estudos do tipo *survey* e estudos de caso que investigaram os fatores de implantação do Seis Sigma em diferentes países no setor industrial e também no setor de serviços.

A categoria Revisões de literatura, tem como uma subcategoria Implantação e fatores de sucesso do Seis Sigma, que apresenta referências sobre os fatores de implantação e de sucesso do Seis Sigma que são artigos sobre revisão de literatura, no geral, utilizando diferentes autores sobre os fatores de implantação do programa. A subcategoria Especialistas do sistema *Belt* contém diferentes abordagens que são utilizadas para a implantação do sistema *Belt*. As duas últimas são Seis Sigma na Cadeia de Suprimentos e Livros Seis Sigma, que consideram o programa Seis Sigma no gerenciamento da cadeia de suprimentos, aplicando o método DMAIC para solucionar problemas e, também livros, que discutem sobre o programa Seis Sigma, características e aplicação do programa tanto em manufatura quanto em serviços.

Finalmente, Relatos de consultores apresenta as subcategorias a seguir. Retorno financeiro do Seis Sigma, onde em um artigo são descritos os benefícios financeiros que o Seis Sigma traz a empresas. Outra com referência que descreve os obstáculos enfrentados pela mudança cultural da empresa, ressaltando as novas habilidades e responsabilidades dos funcionários após treinamento no Seis Sigma, denominada Mudança cultural Seis Sigma. Seleção de projetos Seis Sigma contém referência sobre como selecionar os projetos de forma a obter maiores benefícios para a organização. Habilidades dos especialistas *Belts* tem referências sobre a hierarquia, a quantidade de especialistas necessários, período de treinamento, bem como outras características relacionadas aos especialistas *Belts*. Características do Seis Sigma é uma subcategoria com as referências que tratam do Seis Sigma em relação à sua definição, implantação, elementos e fatores críticos de sucesso, na visão de autores que também são consultores, com pouca ou nenhuma referência de outros autores acadêmicos nessa categoria. A subcategoria Livros de consultores Seis Sigma contém os livros que apresentam a definição, características, casos de sucesso, fatores críticos de sucesso e estrutura do programa. Essa subcategoria é semelhante à anterior, diferenciando-se ao tratar de livros e não artigos, possuindo também casos de empresas no

decorrer dos livros. Fóruns Seis Sigma contém textos, de diferentes assuntos sobre o Seis Sigma, que foram apresentados em fóruns e citados por alguns pesquisadores da área.

Essas foram as categorias e subcategorias identificadas a partir da análise de conteúdo a partir do resultado da análise bibliométrica. É possível perceber que a maioria das referências existentes sobre o programa Seis Sigma está na categoria Revisões de literatura e a minoria na Estudos empíricos, evidenciando a necessidade de se enriquecer essa última mediante pesquisa de campo sobre o tema. Nesse contexto, é possível inferir que são necessários mais estudos empíricos que investiguem sobre o Seis Sigma e sua contribuição para as organizações que o implantam.

2.2.2.3 Tratamento dos dados, inferência e interpretação

Por último, foi feito o tratamento dos dados, inferência e interpretação. Essa fase tem o objetivo de sintetizar as informações obtidas, tornando os dados válidos e significativos (BARDIN). Essa fase foi efetuada com auxílio do Citespace, trata-se da análise dos gráficos gerados pelo *software* resultantes de cálculos estatísticos. Esse resultado apresentou as principais referências e autores, descritas nos tópicos seguintes.

2.2.2.4 Referências mais citadas

As referências mais citadas foram encontradas mediante o número de citações que elas apresentaram. No Quadro 1, estão apresentadas as referências mais citadas apresentadas pelo Citespace.

A referência mais citada é Harry e Schroeder (2000). Nessa referência, os autores descrevem como as primeiras empresas que implantaram o programa Seis Sigma, o seu funcionamento e os resultados que obtiveram após aplicá-lo.

A segunda referência mais citada é Linderman et al. (2003). Essa referência apresentou a formulação e identificação de perspectivas teóricas relacionadas ao Seis Sigma, também apresentando as características necessárias a execução do programa.

A terceira referência mais citada é Pande, Neuman e Cavanagh (2000), que descreve como a GE, a Motorola e outras empresas usaram com sucesso o Seis Sigma para aperfeiçoar produtos e processos, melhorar o desempenho e aumentar os lucros.

O artigo de Schroeder et al. (2008) é a quarta referência mais citada. Nela os autores se propõem a definir o Seis Sigma mediante um estudo bibliográfico e dois estudos de caso em empresas. Pode-se perceber que as quatro referências mais citadas são aquelas que

descrevem o funcionamento do programa, fatores de implantação e sucesso, entretanto não são empíricas.

Quadro 1 - Referências mais citadas

Referência	Frequência
(HARRY; SCHROEDER, 2000)	48
(LINDERMAN et al., 2003)	40
(PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000)	37
(SCHROEDER et al., 2008)	23
(KWAK; ANBARI, 2006)	20
(ANTONY; BANUELAS, 2002)	19
(CORONADO; ANTONY, 2002)	18
(ZU; FREDENDALL; DOUGLAS, 2008)	16
(BREYFOGLE III, 2003)	16
(HENDERSON; EVANS, 2000)	16
(PYZDEK; KELLER, 2003)	15
(LINDERMAN; SCHROEDER; CHOO, 2006)	15
(HACKMAN; WAGEMAN, 1995)	14
(HARRY, 1998)	14
(MCADAM; LAFFERTY, 2004)	14

FONTE: Adaptado *software Citespace*

2.2.2.5 Autores mais citados

Os autores mais citados e mais centrais também foram identificados. Isso irá possibilitar a busca por referências mais recentes escritas por esses autores, permitindo conhecer quais são os assuntos de pesquisa emergentes, dentro do tema programa Seis Sigma. A seguir são apresentados os dez autores mais citados, Quadro 2.

O autor mais citado foi o Mikel Harry. Dentre as suas principais referências está Harry e Schroeder (2000), já mencionada como uma das mais citadas e centrais sobre o tema. Além desta, outras referências, escritas por esse autor, que abordaram sobre o Seis Sigma são: Harry e Crawford (2005), Harry e Crawford (2004), Harry (2004), Harry (2000a), Harry (2000b), Harry (2000c) e Harry (1998).

O segundo autor é Peter Pande, principal autor do livro *Six Sigma way: how GE, Motorola and other top companies are honing their performance*, publicado em 2000, que foi nomeado por Ackman (2002) e Campos (2011) como um dos livros de negócios mais influentes. Além desta referência, outras que trataram do programa Seis Sigma, escritas por esse autor, são Pande e Holpp (2001) e Pande, Neuman e Cavanagh (2001).

O terceiro autor mais citado foi Forrest Breyfogle III, Breyfogle é autor de livros sobre implantação do Seis Sigma. Dentre os livros mais citados está *Implementing Six Sigma: smarter solutions using statistical methods*, publicado na primeira edição em 1999, que está entre as referências mais citadas e mais centrais. Outra referência sobre o Seis Sigma, publicada por esse autor, é Breyfogle III, Cupelo e Meadows (2001).

O quarto autor mais citado é o Jiju Antony. Ele é autor de referências mais citadas e centrais como: Coronado e Antony (2002), Antony e Banuelas (2002) e Antony (2006). Além dessas referências, existem outras que o autor publicou sobre o programa, como Kumar et al. (2008), Antony, Douglas e Antony (2007), Arumugam, Antony e Kumar (2013), entre outras.

Quadro 2 - Autores mais citados

Autor	Quantidade citada
HARRY, M. J.	65
PANDE, P. S.	55
BREYFOGLE, F. W.	45
ANTONY, J.	44
SNEE, R. D.	41
LINDERMAN, K.	40
PYZDEK, T.	36
GOH, T. N.	29
SCHROEDER, R. G.	24
HOERL, R. W.	23

FONTE: Adaptado *software Citespace*

Com base nesses resultados, as referências e os *clusters* identificados serviram para selecionar as variáveis necessárias a implantação do programa Seis Sigma, permitindo assim a operacionalização das mesmas na execução da *survey*. A seguir serão apresentadas as variáveis identificadas para construção da revisão de literatura dessa pesquisa.

3 VARIÁVEIS DO SEIS SIGMA

Nessa pesquisa será chamada de variável de implantação do Seis Sigma, as características do programa antes da execução da análise fatorial. Após a análise fatorial, serão identificados os grupos de fatores, que serão chamados de fatores de implantação do Seis Sigma para empresas que operam no Brasil.

As variáveis de implantação do programa foram identificadas por meio da leitura das referências resultantes da análise bibliométrica e da análise de conteúdo. Como resultado da análise bibliométrica, os *clusters* formados ampararam os grupos de variáveis identificadas para implantação do Seis Sigma. A análise de conteúdo apresentou as referências e os autores que já descreviam sobre a os fatores de implantação do Seis Sigma, também servindo de base para a identificação dessas variáveis. Devido a isso, o agrupamento das variáveis foi o resultado dos *clusters* identificados e da teoria existente sobre fatores do programa Seis Sigma.

O *cluster* Manage, Assessment e Waste composto por referências sobre o gerenciamento do Seis Sigma agrupou as variáveis “Envolvimento da alta administração”, “Mudança organizacional” e “Adoção de programas prévios de melhoria”. Essas variáveis envolvem a estrutura gerencial em relação ao programa Seis Sigma e a infraestrutura de programas existentes na empresa.

Os *clusters* Belts e Assessment estão relacionados a variável “Sistema Belt”. O *cluster* Assessment está presente também na variável “Sistema Belt”, pois possui referências sobre treinamento de especialistas. Esse agrupamento possui assuntos como o treinamento, especialistas de melhoria, habilidade de gerenciamento de projetos e treinamento de líderes foram incluídos na variável denominada de “Sistema *Belt*”.

E os *clusters* Execution, Essential, Selecting, Optimal e Compound estão relacionados a variável “Estrutura DMAIC”. As características do programa Seis Sigma que envolvem a utilização de ferramentas da qualidade, métodos estatísticos, seleção de projetos, ligação do Seis Sigma aos clientes e fornecedores, consideração das características para qualidade e identificação de oportunidades Seis Sigma foram incluídos dentro da variável “método DMAIC”.

O Quadro 3 apresenta as variáveis, os *clusters* e as referências que as amparam.

Quadro 3 – Variáveis para implantação do Seis Sigma

Variáveis sobre a implantação do Seis Sigma	Referências	Síntese
Envolvimento da alta administração	(ANTONY; BANUELAS, 2002; CORONADO; ANTONY, 2002; HENDERSON; EVANS, 2000; KWAK; ANBARI, 2006; LINDERMAN et al., 2003; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000; SCHROEDER et al., 2008)	Apoio de líderes empresariais como gerentes, presidentes, CEO na condução dos projetos Seis Sigma
Mudança Organizacional	(ANTONY; BANUELAS, 2002; CORONADO; ANTONY, 2002; HARRY, 1998; HENDERSON; EVANS, 2000; KWAK; ANBARI, 2006)	Atua no incentivo do compromisso e envolvimento dos funcionários com o programa Seis Sigma
Adoção de programas de melhoria	(ARNHEITER; MALEYEFF, 2005; CAULCUTT, 2001; HAMMER, 2002; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000; ZU; FREDENDALL; DOUGLAS, 2008)	Adoção de programas como TQM, Manufatura Enxuta, normas ISO, entre outros que pode facilitar a execução das ferramentas e métodos do programa Seis Sigma.
Sistema <i>Belt</i> : Treinamento Especialistas Belt	(ANTONY; BANUELAS, 2002; CORONADO; ANTONY, 2002; HARRY, 1998; HENDERSON; EVANS, 2000; KWAK; ANBARI, 2006; LINDERMAN et al., 2003; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000; PYZDEK; KELLER, 2003; SCHROEDER et al., 2008)	Treinamento de todos os funcionários e de especialistas responsáveis pela execução do Seis Sigma, como <i>Black Belts</i> , <i>Green Belts</i> e outros
Estrutura DMAIC	(ANTONY; BANUELAS, 2002; CORONADO; ANTONY, 2002; HARRY, 1998; HENDERSON; EVANS, 2000; KWAK; ANBARI, 2006; LINDERMAN et al., 2003; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000; PYZDEK; KELLER, 2003; SCHROEDER et al., 2008)	Método estruturado para guiar o passo a passo da execução dos projetos Seis Sigma, desde a identificação de oportunidades de melhoria até a estabilização dos resultados.

FONTE: Elaborado pela autora

As variáveis serão explicadas separadamente nos subtópicos seguintes.

3.1 Envolvimento da alta administração

A primeira variável a ser apresentada para implantação do Seis Sigma é o envolvimento da alta administração.

Segundo De Mast (2006), uma organização que possui a alta administração envolvida nos projetos Seis Sigma pode garantir vantagens decorrentes da integração superior de processos, aprendizagem mais rápida e maior resiliência.

O envolvimento da alta administração engloba todas as fases da implantação, desde a concepção dos processos de gestão em níveis estratégicos por meio do monitoramento até a execução de projetos individuais (JULIEN; HOLMSHAW, 2012). Os responsáveis por

garantir o sucesso da implantação do Seis Sigma nas suas áreas de influência são os membros da alta administração (HAHN; DOGANAKSOY; HOERL, 2000).

Pesquisa no Brasil, o envolvimento da alta administração e a disponibilidade dos recursos financeiros podem ser considerados os fatores de maior importância por empresas que possuem o programa implantado (CARVALHO; HO; PINTO, 2007). De acordo com Trad, Cesar e Maximiano (2009), a liderança como o entusiasmo e persistência do principal executivo da empresa e o compromisso da alta administração com a melhoria contínua é um dos fatores críticos para implantação do programa no Brasil.

O forte compromisso, apoio e liderança da gerência sênior são essenciais para lidar com quaisquer questões culturais ou diferenças relacionadas à implantação do Seis Sigma (SCHROEDER et al., 2008). De acordo com Pande, Neuman e Cavanagh (2000), sem o engajamento da alta administração, a iniciativa Seis Sigma ficará enfraquecida. O que sugere que para a adoção bem sucedida desse programa é fundamental que alta administração esteja comprometida e disposta a alocar recursos para adaptar a estrutura organizacional, políticas e processos ao Seis Sigma (ZU; FREDENDALL; DOUGLAS, 2008).

Portanto, no que se refere ao fornecimento de recursos necessários para execução dos projetos, disponibilização de tempo, treinamento, dinheiro e pessoas para execução dos projetos Seis Sigma, o apoio da alta administração poderá proporcionar melhores resultados ao programa.

3.2 Mudança Organizacional

A implantação de um novo programa de melhoria em uma organização requer ajustes em sua cultura. Como já mencionado, o envolvimento da alta administração é uma variável importante para implantação do programa e isso pode envolver também apoio para mudança organizacional da empresa.

A mudança organizacional é definida como “qualquer transformação de natureza estrutural, estratégica, cultural, tecnológica, humana ou de qualquer outro componente, capaz de gerar impacto em partes ou no conjunto da organização” (WOOD; CURADO; CAMPOS, 1994, p 64). Ainda segundo esses mesmos autores, mudança quanto à natureza diz respeito às mudanças nas características da organização como organograma, funções, tarefas (mudanças estruturais); mercados-alvo, foco (mudanças estratégicas); valores, estilo de liderança (mudanças culturais); processos, métodos de produção (mudanças tecnológicas) e pessoas, políticas de seleção e formação (mudanças relacionadas a recursos humanos).

O programa Seis Sigma necessita de algumas mudanças organizacionais para seu funcionamento. Dentre as transformações que a empresa pode passar durante a implantação do Seis Sigma está o estabelecimento da estrutura Seis Sigma dentro do sistema de gestão de recursos humanos da organização, o método DMAIC e especialistas *Belt*, instituindo o procedimento de melhoria estruturada como um paradigma formal para a realização de projetos de melhoria, e enfatizando o uso objetivo quantitativo de métricas na melhoria da qualidade (ZU; FREDENDALL; DOUGLAS, 2008). Além de envolver uma mudança substancial na estrutura e infraestrutura da organização (CORONADO; ANTONY, 2002).

Há uma tendência de o comprometimento ser maior quando a visão em relação às mudanças organizacionais for mais positiva, ou seja, quanto menor o nível de resistência à mudança maior o comprometimento do trabalhador (MARQUES et al., 2011).

Dessa forma, as pessoas que enfrentam mudanças culturais e desafios decorrentes da implantação do Seis Sigma devem compreender a mudança em primeiro lugar. Isso requer ter um plano de comunicação claro, motivando as pessoas a superarem a resistência, educando os gerentes seniores, funcionários e clientes sobre os benefícios do Seis Sigma. Caso contrário, a implantação do programa tende a falhar (KWAK; ANBARI, 2006).

Assim sendo, a introdução do Seis Sigma envolverá a adaptação da rotina dos funcionários, devido aos treinamentos e à participação em projetos, gerando mudança cultural na organização.

3.3 Adoção de programas prévios de melhoria

O programa Seis Sigma inclui uma variedade de técnicas e métodos, principalmente de análise de dados estatísticos e melhoria da qualidade. Por isso, a terceira variável a ser apresentada é a adoção de programas prévios de melhoria.

O Seis Sigma representa em vários aspectos uma implantação disciplinada dos princípios, de ferramentas e técnicas de controle e gestão da qualidade, também utilizada por outros programas de qualidade, que empregam o "pensamento estatístico" para reduzir a variabilidade dos processos e buscar a melhoria contínua (CARVALHO; HO; PINTO, 2007).

Muitas dessas ferramentas já existem desde a era da Gestão pela Qualidade Total (GQT), enquanto outras são mais recentes e sofisticadas (HAMMER, 2002). Pode-se dizer que o Seis Sigma não elimina as práticas tradicionais de GQT ou outros programas de melhoria, como Reengenharia de Processos e Manufatura Enxuta, mas adiciona práticas

adicionais que potencializam as práticas tradicionais de programas já existentes e proporciona novos caminhos para melhoria da qualidade (ZU; FREDENDALL; DOUGLAS, 2008).

No Brasil, iniciativas prévias de qualidade tem efeito positivo para empresa que pretende implantar o programa Seis Sigma, tais como: ISO 9000, TQM, SPC/SQC, Zero Defeito e Manufatura Enxuta (TRAD; CESAR; MAXIMIANO, 2009). Segundo Pinto, Carvalho e Ho (2006), as organizações que adotaram o Seis Sigma estavam mais familiarizadas com outros programas de qualidade, bem como na utilização de ferramentas da qualidade, confecção de documentos, dentre outras habilidades. Ainda de acordo com esses mesmos autores, a implantação do programa do Seis Sigma está associada ao fato da empresa já ter implementado os programas GQT e ISO 14000.

Ambos, Seis Sigma e Manufatura Enxuta, englobam características comuns, tais como a ênfase na satisfação do cliente, qualidade e treinamento de funcionários. Em cada caso, a implantação envolve mudanças culturais nas organizações, novas abordagens para a produção e para a manutenção de clientes e um alto grau de formação e educação de funcionários, desde a alta administração até o chão de fábrica (ARNHEITER; MALEYEFF, 2005). Além disto, vários autores destacam a semelhança do DMAIC com o ciclo PDCA (*plan, do, check e act*), elaborado por Shewhart na década de 20, para orientar as ações de melhoria contínua (CARVALHO; HO; PINTO, 2007).

Vale acrescentar ainda que elementos importantes do TQM e da Reengenharia de Processos são importantes também no Seis Sigma, como o foco nos processos que requer foco em clientes e na medição do desempenho do processo. Além dessas medidas, a redução da variabilidade do processo foi defendida por Deming (1986, 1993) e Taguchi (1987) como a chave para a melhoria do desempenho, também usados no Seis Sigma (CAULCUTT, 2001).

3.4 Sistema *Belt*

O sistema *Belt* presente no programa Seis Sigma envolve os especialistas de melhoria treinados em habilidades como liderança de projetos, seleção de projetos, ferramentas da qualidade e métodos estatísticos. Esses especialistas, que passam por treinamento, são os *Champions, Master Black Belts, Black Belt e Green Belts*. Por isso, o sistema *Belt* a ser apresentado englobará dois aspectos que são treinamento e especialistas de melhoria.

3.4.1 Treinamento

A implantação do Seis Sigma requer treinamento dos funcionários da empresa para o entendimento das ferramentas da qualidade e métodos estatísticos para a adequada execução do programa.

Segundo Carvalho, Ho e Pinto (2007), no Brasil, o treinamento é um fator que facilita o processo de implantação do programa. Habilidades em métodos estatísticos e não estatísticos para resolução de problemas são exigidas para o programa Seis Sigma e devem atingir todos na organização, garantindo a utilização e compreensão adequados ao programa (DE MAST, 2006; RAISINGHANI et al., 2005).

De acordo com Raisinghani et al. (2005), o treinamento básico do Seis Sigma abrange mapeamento de processos, uma visão geral de experimentos planejados, teste de hipóteses, métricas e modelagem de processos. De acordo com Carvalho, Ho e Ribeiro (2002), os *softwares* estatísticos são imprescindíveis para análises de projetos, pois auxiliam nos cálculos e desenhando gráficos necessários.

Além disso, Trad, Cesar e Maximiano (2009) destacam que o treinamento deve estar direcionado principalmente para o conhecimento de ferramentas analíticas. Devendo também contemplar outros aspectos como conceitos de qualidade, de liderança para os *Black Belts* e *Champions*, de meios de solução de problemas, de trabalho em equipe, de ferramentas estatísticas, uso de *software* e de gestão de projetos.

Ademais, o treinamento deve ser fornecido continuamente e para todas as pessoas da empresa.

3.4.2 Especialistas *Belt*

Em função do conteúdo do treinamento Seis Sigma fornecido e do nível hierárquico que ocupam, os funcionários desenvolverão diferentes habilidades no Seis Sigma e assim formarão os diferentes especialistas *Belt*.

A estrutura Seis Sigma envolve uma hierarquia de *Belts* que lideram e implementam projetos (ANTONY; DOUGLAS; ANTONY, 2007). O sistema *Belt* procura garantir que todos na organização estejam devidamente treinados, facilitando assim a execução dos projetos Seis Sigma (ANTONY, BANUELAS, 2002).

De acordo com Schroeder et al. (2008), as equipes de melhoria formadas para cada projeto Seis Sigma são compostas por funcionários que têm conhecimento substancial do

processo, de métodos estatísticos e de ferramentas da qualidade. Os especialistas *Belts* têm responsabilidades em tempo integral, incluindo o estabelecimento de objetivos de qualidade para o negócio, o monitoramento do progresso dos processos, a seleção de projetos Seis Sigma e a formação e orientação de equipes de projeto (HAHN; DOGANAKSOY; HOERL, 2000; HARRY, 1998).

O sistema *Belt* é composto por *Champions*, *Master Black Belts* (MBB), *Black Belts* (BB) e *Green Belts* (GB). Segundo Antony (2007) e Harry e Schroeder (2000) ainda existem os especialistas *Yellow Belts* e *White Belts*. As responsabilidades de cada um dos especialistas *Belt* são: *Champions*, *Master Black Belts*, *Black Belts*, *Green Belts*, *White Belts* e *Yellow Belts*.

Champions são líderes empresariais treinados que promovem e conduzem a implantação do Seis Sigma em uma área significativa do negócio. Eles proporcionam uma visão holística da organização ajudando a estabelecer projetos e disponibilizando recursos críticos para a equipe (HENDERSON; EVANS, 2000; SCHROEDER et al., 2008).

Master Black Belts são líderes treinados, responsáveis pela estratégia do Seis Sigma, treinamento, orientação, implantação e resultados (HENDERSON; EVANS, 2000);

Black Belts são especialistas Seis Sigma que lideram equipes de melhoria, que trabalham em projetos de melhoria em toda a empresa e orientam os *Green Belts*. Os *Black Belts* não só possuem habilidades técnicas, como também habilidades de liderança, desempenhando um papel essencial no Seis Sigma, porque são a ponte entre as equipes de gerência sênior e as equipes de melhoria do projeto. Pode-se pensar em um *Black Belt* como um gerente de projeto peso pesado que se reporta a níveis mais altos da organização (por exemplo, o *Champion*). Algumas pequenas empresas não utilizam em tempo integral os *Black Belts* e passam a usá-los em tempo parcial. No entanto, outras organizações os usam em tempo integral denominando-os de "especialistas melhoria contínua" ou "treinadores" (HENDERSON; EVANS, 2000; SCHROEDER et al., 2008).

Green Belts são especialistas em tempo integral com habilidades quantitativas, bem como capacidade de ensino e liderança; eles são líderes treinados de qualidade, responsáveis pela estratégia Seis Sigma, treinamento, orientação, implantação e resultados (HENDERSON; EVANS, 2000).

White Belts são especialistas semelhantes aos outros *Belts*, entretanto são especialistas departamentais (ANTONY, 2007). Segundo Antony (2007) e Harry e Schroeder (2000), o treinamento *White Belt* envolve 4h de instrução pouco profunda em ferramentas da

qualidade e métodos estatísticos, este tipo de *Belt* é mais adequado para pequenas e médias empresas.

Trad, Cesar e Maximiano (2009) identificaram o perfil dos *Black Belts* em empresas que operam no Brasil. Segundo os mesmos autores, alguns dos principais aspectos dos *Black Belts* foram a capacidade do *Black Belt* de estimular a dedicação e o trabalho em equipe, a experiência prévia em gestão de equipes multidisciplinares, experiência prévia em liderança, regime de dedicação em tempo integral, habilidades e experiência prévia em gestão de projetos, visão empresarial do negócio da empresa e habilidade para fazer apresentações.

Os especialistas *Belts* fazem parte da estrutura do programa Seis Sigma e participam da execução do programa, selecionando os projetos com potenciais retornos para a empresa, treinando outros funcionários da empresa nas ferramentas da qualidade e métodos estatísticos e alguns deles com dedicação integral a projetos.

3.5 Método DMAIC

O programa Seis Sigma utiliza um método de cinco fases para a execução dos seus projetos, a estrutura DMAIC. Mediante esse método, a sequência das fases do programa é padronizada, assegurando que os objetivos dos projetos sejam alcançados.

O método de melhoria disciplinado para condução dos projetos de melhoria envolve as seguintes fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar – DMAIC, (do inglês, *Define, Measure, Analyse, Improve e Control*). O método DMAIC é utilizado para melhorar processos dentro dos projetos Seis Sigma (ANTONY; BANUELAS, 2002; HAHN; DOGANAKSOY; HOERL, 2000; NONTHALEERAK; HENDRY, 2008; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000).

Em um projeto Seis Sigma, a equipe envolvida no Seis Sigma trabalha na resolução de problemas por meio da utilização do passo-a-passo de solução de problemas da estrutura DMAIC (CHOO; LINDERMAN; SCHROEDER, 2007). Segundo Montgomery e Woodall (2008), o método DMAIC encoraja o pensamento disciplinado sobre o problema e sua solução no âmbito da definição do produto, processo ou serviço, possibilitando a busca mais efetiva da causa raiz do problema.

O DMAIC foi fundamentado no ciclo PDCA, (do inglês, *Plan, Do, Check e Analyse* que quer dizer Planejar, Fazer, Verificar e Ajustar) (DESAI; SHRIVASTAVA, 2008; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000). Originalmente, ele era composto por quatro fases,

o MAIC, e mais tarde a fase *define* (D) foi incluída pela General Eletric (HENDERSON; EVANS, 2000).

Vale ressaltar que, na execução das fases do DMAIC, o pensamento estatístico está presente por meio da utilização de métodos estatísticos. Segundo Hahn, Doganaksoy e Hoerl (2000), o programa utiliza o mais amplo conjunto de métodos como, análise de simulação, distribuição não normal, modelagem avançada, conceitos avançados DOE, ferramentas de levantamento de amostragem e ferramentas gráficas.

No Brasil, um levantamento revelou que as dez ferramentas mais utilizadas durante a execução do 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) (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007). A Tabela III apresenta as principais ferramentas e métodos utilizados por empresas que possuem o programa Seis Sigma implementado no Brasil.

Tabela III – Ferramentas mais utilizadas em empresas que possuem Seis Sigma no Brasil

Ferramentas e Métodos	Porcentagem de empresas com Seis Sigma
DMAIC	100%
Diagrama de Causa-Efeito (Espinha de Peixe)	84,80%
Análise de Variância	84,80%
Histograma	78,30%
Teste de Hipóteses	78,30%
Análise do Modo e Efeito da Falha (FMEA)	78,30%
Diagrama de Pareto	76,10%
Controle Estatístico do Processo (CEP)	76,10%
Diagrama de Dispersão	69,60%
Delineamento de Experimentos (DOE)	65,20%
Planejamento, Execução, Controle e Análise (PDCA)	47,80%
Box Plot	45,70%
5S	39,10%
Design for Six Sigma (DFSS)	39,10%
Programas de Sugestão	32,60%
Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	30,40%
Testes não Paramétricos	26,10%
Círculos de Controle de Qualidade	19,60%

FONTE: Pinto, Carvalho e Ho (2006)

Além das ferramentas e métodos utilizados no método DMAIC, há também as pessoas que estão envolvidas na sua execução. Segundo Schroeder et al. (2008), os

Champions desempenham um papel ativo na fase *Define*, mas um papel de apoio nas etapas restantes. Por outro lado, os proprietários do processo assumem um papel muito mais ativo na fase *Control*, mas um papel de apoio nas outras etapas. Já os *Green Belts* tendem a assumir um papel mais ativo nas fases *Measure*, *Analyse* e *Improve*. Finalmente, os *Black Belts* servem como líderes dos projetos e são ativos em todas as etapas do processo.

As cinco fases presentes no método DMAIC possuem diferentes e complementares atividades para execução do programa Seis Sigma. Sendo assim, cada fase do DMAIC é detalhada nos subtópicos seguintes.

3.5.1 Fase *Define*

A fase inicial do DMAIC é a fase *Define* e nela são selecionados os projetos Seis Sigma a serem executados, definidos os objetivos a serem alcançados e determinada a equipe do projeto.

O objetivo da fase *Define* é identificar e/ou validar as oportunidades de melhoria no negócio, definir as características críticas para o cliente, mapear os processos e estabelecer as pessoas e necessidades para o projeto (MONTGOMERY; WOODALL, 2008b).

Nessa fase, é importante selecionar corretamente os projetos que serão executados, a seleção dos projetos é uma fase crucial no programa (ROTONDARO, 2002). Os projetos Seis Sigma podem ter diferentes objetivos, como a redução do tempo de ciclo, redução de custos, aumento da eficiência, melhoria da capacidade do processo em termos de nível Sigma, melhoria da satisfação do cliente e redução do nível de rejeição no processo (ARUMUGAM; ANTONY; KUMAR, 2013).

A determinação da quantidade e de quais projetos serão desenvolvidos é feita pelos especialistas do *Belts*, que são treinados para selecionar e trabalhar em diferentes tipos de projetos (HOERL, 2001). De acordo com Antony e Banuelas (2002), três critérios podem ser utilizados para seleção de projetos: benefícios para o negócio, viabilidade e impacto para a organização.

Todos os critérios de seleção devem ser levados em conta na fase *Define*, que é fundamental para o andamento das fases seguintes. Segundo Pande, Neuman e Cavanagh (2000), a seleção de projetos é a atividade mais crítica e com maior dificuldade de ser executada no Seis Sigma. Diferentes ferramentas que podem ser utilizadas para a seleção de projetos nessa fase são: *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, *Pugh Matrix*, *Failure Mode*

Effect and Analysis (FMEA), *Quality Function Deployment* (QFD)), Matriz de Priorização e Lógica *Fuzzy* (KUMAR et al., 2008).

Vale acrescentar que, nessa fase, é necessário que a empresa disponha de indicadores que forneçam informações sobre o processo, como mapa do processo, limites de controle atuais desse processo e custos financeiros atuais. Exemplos de atividades/ferramentas para atingir esses objetivos são: mapeamento do processo, gráficos de controle, *yield*, CTQ e custo da qualidade (BREYFOGLE III, 2003; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000).

3.5.2 Fase *Measure*

Após selecionar os projetos Seis Sigma, é necessário medir o processo atual e estabelecer metas a serem alcançadas na fase *Measure*. Nessa fase, ocorre a determinação do que medir e a análise das operações para entender como e por que ocorrem os defeitos e, dessa forma, essa fase ajuda no processo de tomada de decisões para se lidar com as causas dos problemas.

O objetivo dessa fase é identificar as CTQs dos produtos ou serviços, verificar o sistema de medição, determinar a taxa de defeitos atual e estabelecer metas de melhoria (HAHN; DOGANAKSOY; HOERL, 2000). Com DMAIC, um problema é definido e quantificado pela primeira vez; em seguida, os dados de medição são coletados para esclarecer o problema; ferramentas e métodos são utilizados para rastrear o problema a uma causa raiz; soluções para a causa são identificadas, testadas e implementadas; e, finalmente, as operações melhoradas são submetidas a controle contínuo para evitar a recorrência (HAMMER, 2002).

Os projetos Seis Sigma devem ser cuidadosamente revistos, planejados e selecionados para maximizar os benefícios da implantação. Métodos estatísticos e ferramentas da qualidade são utilizados para resolver problemas e executar projetos Seis Sigma (ANTONY, BANUELAS, 2002). Ademais, o projeto deve ser preferencialmente viável, financeiramente vantajoso e orientado para o cliente, mediante um conjunto claro de medidas e métricas que incorporam os requisitos do cliente (KWAK; ANBARI, 2006).

A justificativa imediata para explorar essas várias medidas do processo é que dessa forma os líderes podem definir melhor as prioridades de melhoria. Com dados confiáveis e atuais e ferramentas de desempenho do processo, tais como histogramas, diagramas de ramos e folhas, diagramas de dispersão e diagrama de Pareto, os funcionários

envolvidos no Seis Sigma podem perceber quais são as áreas de preocupação (MONTGOMERY; WOODALL, 2008b).

O que se espera de saída dessa fase, segundo Pande, Neuman e Cavanagh (2000), é conhecer o número e o tipo de defeito, conhecer a proporção de defeitos por unidades produzidas (*yield*) e conhecer a variação expressa em Sigma.

3.5.3 Fase *Analyse*

Na fase *analyse*, procura-se identificar os problemas e as oportunidades de melhoria por meio do uso de ferramentas e métodos do programa Seis Sigma.

Nessa fase, devem ocorrer investigações para se entender como as inconsistências ou áreas problemáticas estão contribuindo para o problema. As atividades realizadas são análises das causas de defeitos e das fontes de variação, determinação das variações nos processos, identificação dos potenciais fatores de influência e priorização das oportunidades de melhoria (DE KONING; DE MAST, 2006; KWAK; ANBARI, 2006; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000).

Existem muitas ferramentas da qualidade e métodos estatísticos que são potencialmente úteis nessa etapa como, gráficos de controle, teste de hipóteses e intervalo de confiança, análise de regressão, experimentos planejados, FMEA e simulação computacional (MONTGOMERY; WOODALL, 2008b).

Segundo Harry e Schroeder (2000), na preparação para a revisão da fase *Analyse*, a equipe deve considerar se o problema é esporádico ou persistente, se o problema é a tecnologia ou está relacionado ao processo, quais as melhorias serão alvo de investigação, quais os dados e análises de suporte que conduzirão ao objetivo inicial dos projetos e o tempo disponível e os resultados esperados.

Em vista disso, a fase *Analyse* requer que estejam disponíveis dados confiáveis e atuais, para que a equipe de especialistas *Belt* possam selecionar adequadamente as ferramentas e métodos, de modo a identificar oportunidades de melhoria ou soluções das causas dos problemas, que poderão ser implementadas na fase seguinte.

3.5.4 Fase *Improve*

Após as análises realizadas na fase *Analyse*, as possíveis oportunidades de melhoria ou causas dos problemas identificadas são testadas e implementadas na fase *Improve*.

Nessa fase do Seis Sigma, o objetivo é desenvolver ideias para remover as causas raiz, testar soluções e padronizar soluções/medir resultados (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000). Além disso, o objetivo é gerar e quantificar potenciais soluções, avaliar e selecionar a solução final e verificar e obter aprovação da solução final (MONTGOMERY; WOODALL, 2008b).

Exemplo de ferramentas usadas nessa fase são *redesign* do processo para melhorar o fluxo de trabalho e reduzir os gargalos, fluxogramas e/ou mapas de fluxo de valor e *poka yoke* (dispositivo à prova de erros). Testes de possíveis soluções podem ser realizados nessa fase, experiências concebidas podem ser aplicadas a um processo físico real ou a um modelo de simulação computacional do processo, e pode ser utilizado tanto para a determinação de quais os fatores influenciam o resultado de um processo e/ou para a determinação da combinação ótima de soluções (MONTGOMERY; WOODALL, 2008b).

As melhorias implementadas nessa fase são resultado de todo o ciclo do DMAIC. Na fase *Improve*, a empresa experimenta a condução de ações planejadas nas fases anteriores.

3.5.5 Fase *Control*

Finalmente, após as mudanças realizadas nas fases anteriores devem ser mantidas na fase *Control* mediante medidas que proporcionem a sustentabilidade das melhorias alcançadas.

O objetivo dessa fase é assegurar que o processo modificado mantenha as variáveis-chave do processo dentro de limites aceitáveis de modo a manter os benefícios no longo prazo (HAHN; DOGANAKSOY; HOERL, 2000).

O plano de controle de processo deve ser um sistema de acompanhamento da solução implementada, incluindo métodos e métricas para auditoria periódica. O gráfico de controle é uma ferramenta utilizada na etapa de controle (MONTGOMERY; WOODALL, 2008b). Além disso, as ferramentas são postas em prática para garantir que no âmbito do processo modificado as variáveis-chave permaneçam dentro dos valores aceitáveis ao longo do tempo (HENDERSON; EVANS, 2000).

Os gráficos e diagramas devem ser exibidos ao lado de uma explicação clara do que está sendo medido e como foram alcançadas as ações de melhoria. Além disso, os próprios gestores deverão apresentar dados e evidências de uma autodisciplina prontamente aceita neste estilo de comunicação (CAULCUTT, 2001). Vale estabelecer um programa de

comunicação que descreva o que deve ser comunicado, para quem e quantas vezes. Após a implantação do Seis Sigma, isso ajudará as organizações na propagação da estratégia do negócio, dos requisitos dos clientes e da importância do trabalho em equipe, como também servirá para identificar e comunicar possíveis contratempos (CORONADO; ANTONY, 2002).

Por meio da aplicação de todos os passos do método DMAIC, os objetivos iniciais do projeto podem ser alcançados ao concluí-los no prazo.

Como mencionado anteriormente, as variáveis do programa foram dessa forma estruturadas após leitura das referências resultantes das análises bibliométrica e de conteúdo. A revisão da literatura dessas variáveis permite inferir que elas podem influenciar na implantação do Seis Sigma. Segundo Pande, Neuman e Cavanagh (2000), a implantação bem sucedida do Seis Sigma pode influenciar o desempenho.

Diante desses dois pressupostos, é razoável presumir que as variáveis de implantação tem uma relação com o desempenho competitivo. Sendo assim, as variáveis do Seis Sigma foram operacionalizadas para a aplicação da *survey*. Após a *survey*, uma análise fatorial será realizada para a identificação dos fatores, que formam o *constructo* do Seis Sigma.

3.6 Prioridades competitivas

As organizações com fins lucrativos buscam maneiras para chegar a níveis superiores focando naquilo que as diferencia dos seus principais concorrentes, isto é, buscam alcançar uma vantagem competitiva.

Segundo Hayes et al. (2008), é necessário sustentar a vantagem competitiva, melhorando o seu desempenho ao longo das dimensões competitivas definidas para estratégia da organização, como custo, qualidade, confiabilidade de entrega, velocidade ou flexibilidade.

As prioridades competitivas da produção, também denominadas dimensões competitivas, missões da produção ou objetivos de desempenho, precisam caracterizar um conjunto consistente que orientará programas a serem implantados pela função produção em uma organização (ALVES; PIRES; VANALLE, 1995).

Há diferentes formas de buscar a melhorias no desempenho, a implantação do Seis Sigma é uma delas. O programa Seis Sigma pode conduzir à melhoria do desempenho mediante uma seleção eficiente de projetos que proporcione retorno sobre o capital investido de maneira mais rápida, menores custos de produção, mais eficiência nos gastos com pesquisa

e desenvolvimento, desenvolvimento de novos produtos com maior velocidade e atendimento às expectativas dos seus clientes (HARRY, 1998).

Habilidades como a resolução de problemas baseados em métodos científicos e disciplinados, o comportamento de tomada de decisão e a distribuição eficaz de informações sobre a organização alavancam a vantagem competitiva de uma empresa (DE MAST, 2006).

De acordo com Hayes et al. (2008), existem cinco dimensões de prioridades competitivas, são elas: qualidade, velocidade, flexibilidade, confiabilidade de entrega e custo. Cada um desses objetivos será explorado nos subtópicos seguintes, Tabela IV.

Para alcançar uma vantagem competitiva, as empresas podem focar em dimensões competitivas como custo, qualidade, confiabilidade de entrega, flexibilidade ou velocidade. Empresas que focam no custo, por exemplo, podem oferecer do produto/serviço por menor preço. Empresas que focam em qualidade, podem atrair seus clientes por maior qualidade, em termos de desempenho, aparência ou características, mesmo que acompanhada de maior preço. Ou ainda, as empresas podem focar em confiabilidade oferecendo produtos ou serviços que podem ser mais caros e com menor desempenho, entretanto, que funcionam como o especificado. Há ainda que foque em grande variedade de produtos ou serviços, focando em flexibilidade. E, ainda, que foque em velocidade, oferecendo os produtos ou serviços mais rápido do que os concorrentes (HAYES et al., 2008).

Tabela IV - Variáveis Operacionais

Critérios competitivos	Métodos de Medição	Autores
QUALIDADE	Melhor desempenho em qualidade do que os concorrentes	(BOLWIJN; KUMPE, 1990; GARVIN, 1993; HAYES; WHEELWRIGHT, 1984; LEONG; SNYDER; WARD, 1990; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2007)
VELOCIDADE	Melhor tempo de entrega e lançamento de novos produtos	(GARVIN, 1993; HAYES; WHEELWRIGHT, 1984; LEONG; SNYDER; WARD, 1990)
FLEXIBILIDADE	Habilidade de adequar-se rapidamente às flutuações de pedidos	(BOLWIJN; KUMPE, 1990; GARVIN, 1993; HAYES; WHEELWRIGHT, 1984; LEONG; SNYDER; WARD, 1990)
CONFIABILIDADE DE ENTREGA	Cumprir prazos combinados	(HAYES; WHEELWRIGHT, 1984; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009)
CUSTO	Menor custo ou preço dos produtos	(BOLWIJN; KUMPE, 1990; GARVIN, 1993; HAYES; WHEELWRIGHT, 1984; LEONG; SNYDER; WARD, 1990; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2007)

Fonte: Elaborado pelo autor

Do ponto de vista de prioridades competitivas para o setor serviço, os critérios de prioridades competitivas têm como foco principalmente a satisfação e o cumprimento das expectativas dos clientes, tais como o SERVQUAL incorporando confiabilidade, capacidade de resposta, segurança, empatia, e elementos tangíveis (PHUSAVAT; KANCHANA, 2008).

Segundo Garvin (1993), o serviço pode ser incluído como uma dimensão competitiva Serviço, considerando todas as atividades de atendimento pós- vendas. Entretanto, não há um consenso que determine as prioridades competitivas para serviços, por isso, para essa pesquisa as empresas do setor de serviço e do setor de bens industriais não foram analisadas separadamente.

Estudos já compararam prioridades competitivas com outros programas de melhoria. Segundo Powell (1995), empresas que adotaram o TQM apresentaram relação positiva entre prioridades competitivas nos seguintes fatores: apoio da alta administração, organização aberta e capacitação dos funcionários, e depende menos sobre os fatores: *benchmarking*, treinamento, flexibilidade de produção, melhoria de processos e medição de desempenho.

A seguir, serão discutidas as dimensões competitivas separadamente.

3.6.1 Qualidade

Qualidade é a conformidade com as expectativas do consumidor, isto é, significa fazer certo da primeira vez (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). As empresas que escolhem ter como base da vantagem competitiva a qualidade superior proporciona aos seus clientes alta qualidade de um produto padrão ou fornece produtos com características ou desempenho que não estão disponíveis em produtos concorrentes (HAYES; WHEELWRIGHT, 1984).

Métricas de medição da qualidade podem ser: porcentagem de produtos sem retrabalho; coleta de dados sistemática de unidades fabris, competidores e cliente; inspeção e teste durante o processo; porcentagem de defeitos, refugos/retrabalhos; número de alterações de engenharia; e qualidade do fornecedor (GARVIN, 1993; HAYES; WHEELWRIGHT, 1984; LEONG; SNYDER; WARD, 1990).

3.6.2 Velocidade

Além da busca pela qualidade, esforços são direcionados para a velocidade. Velocidade significa o tempo transcorrido de produtos ou serviços pelos consumidores, quanto mais rápido estiverem disponíveis para o consumidor, mais provável é que este venha a pagar mais por eles e maiores os benefícios que receberá (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Significa ainda apresentar primeiro no mercado recursos ou capacidades não disponíveis nos produtos concorrentes (HAYES; WHEELWRIGHT, 1984).

Para atingir melhor velocidade, a solução encontra-se em introduzir melhores projetos de produtos, que incorporam muito menos componentes. Para acelerar o desenvolvimento de processos, pode-se melhorar a coordenação entre o desenvolvimento e a produção, gestão de projetos, equipamentos CAD (*Computer Aided Design*) e análise de *lead times* (BOLWIJN; KUMPE, 1990).

3.6.3 Confiabilidade de entrega

Confiabilidade significa fazer as coisas em tempo para os consumidores receberem seus bens ou serviços exatamente quando necessários ou, ao menos, quando prometidos, isto é, cumprir prazos e promessas (LEONG; SNYDER; WARD, 1990; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Empresas que focam em confiabilidade de entrega têm como foco trabalhar com o combinado, buscando atender a prazos e pronta para mobilizar seus recursos para isso, mesmo que tais medidas ocasionem em produtos mais caros do que os dos concorrentes (HAYES; WHEELWRIGHT, 1984).

Tempo de prazo de atendimento ao cliente e porcentagem de entrega de produtos dentro do prazo são formas de medição da confiabilidade de entrega (HAYES; WHEELWRIGHT, 1984).

3.6.4 Flexibilidade

Flexibilidade significa ser capaz de alterar a operação de alguma forma, que pode ser: alterar o que a operação faz, como faz ou quando faz (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). A flexibilidade pode então depender do produto, do volume de produção, do *mix* de produtos e dos prazos de entrega (GARVIN, 1993; LEONG; SNYDER; WARD, 1990; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Para melhorar o desempenho da flexibilidade, podem-se melhorar os tempos de *setup*, o fluxo do processo e dispor de processos automatizados e computadorizados que proporcionem facilidade em redirecionar e/ou substituir componentes (BOLWIJN; KUMPE, 1990; GARVIN, 1993; HAYES; WHEELWRIGHT, 1984; LEONG; SNYDER; WARD, 1990).

3.6.5 Custo

Por fim, o objetivo de desempenho custo faz com que empresas sempre busquem produzir a custos mais baixos, mantendo níveis compatíveis de qualidade,

flexibilidade, velocidade e confiabilidade (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). A liderança no custo exige a construção de instalações eficientes, reduções de custo pela experiência, controle do custo e das despesas gerais, minimização do custo em áreas como Pesquisa e Desenvolvimento, assistência, publicidade e outras áreas de suporte (PORTER, 2004).

O custo pode ser dividido em custo inicial, custo operacional e custo de manutenção. O custo inicial se refere ao custo ou preço no momento da compra. O custo operacional se refere ao custo de produzir um produto no processo de produção. E, finalmente, o custo de manutenção se refere ao custo de reparo e manutenção ao longo do ciclo de vida do produto (GARVIN, 1993).

Para medição dos custos, a empresa pode utilizar métodos de rateio de custos como método ABC (Custo Baseado em Atividades, do inglês, *Activity-Based Costing*), absorção ou método variável (MARTINS, 2009).

3.7 Síntese teórica entre o Seis Sigma e prioridades competitivas

Como definido por Pande, Neuman e Cavanagh (2000), o Seis Sigma é um compreensivo e flexível sistema para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso nos negócios. Por isso, é possível inferir que o programa leve ao melhor desempenho operacional e assim, apresente relação entre fatores de implantação do programa Seis Sigma e o fator prioridade competitiva e também relação entre as dimensões das prioridades competitivas, separadamente, com os fatores de implantação do Seis Sigma.

O *constructo* formado pelos fatores que serão levados em conta para se medir a relação entre o Seis Sigma e o fator prioridade competitiva será identificado na análise fatorial dos resultados da *survey*. A primeira relação que será investigada pode ser visualizada no quadro teórico da Figura 3.

Figura 3 - Síntese teórica da relação entre Seis Sigma e prioridade competitiva



FONTE: Elaborado pelo autor

As dimensões da prioridade competitiva serão relacionadas em um único grupo com os fatores de implantação do Seis Sigma. Isto é, todas as dimensões competitivas serão agrupadas em um fator que será denominado de fator prioridade competitiva. O fator prioridade competitiva será considerado a variável dependente (y), enquanto que cada fator extraído dos fatores associados à implantação do Seis Sigma será considerado uma variável independente (x), conforme será detalhado no capítulo seguinte. A segunda relação a ser investigada nessa pesquisa está apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Relação entre fatores de implantação e das dimensões



FONTE: Elaborado pelo autor

Na segunda relação, os fatores de implantação do programa Seis Sigma, investigados por meio da análise bibliométrica, serão relacionados com as dimensões das prioridades competitivas, separadamente. Ou seja, cada dimensão será o fator dependente y , que será comparada com os fatores independentes de implantação do programa Seis Sigma x .

O resultado apresentará se os fatores de implantação do programa Seis Sigma em empresas que operam no Brasil têm relação com o fator prioridade competitiva.

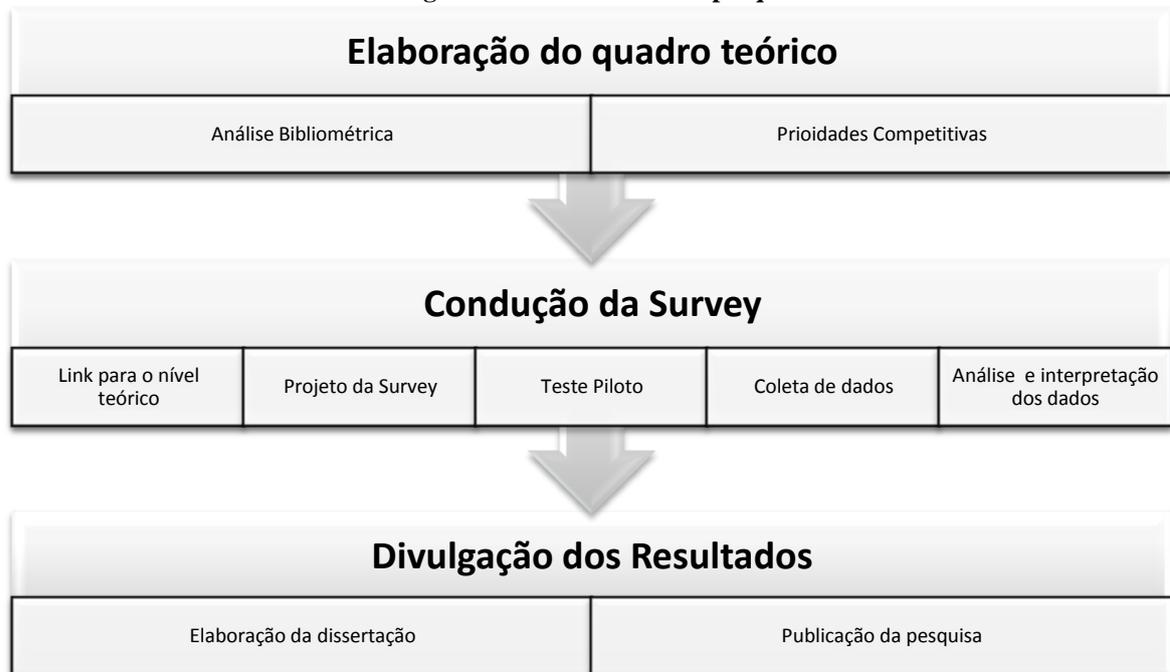
No próximo capítulo, será apresentado o método seguido para se alcançar o objetivo dessa dissertação.

4 MÉTODO DE PESQUISA

Para alcançar o objetivo de relacionar os fatores de implantação do programa Seis Sigma com as dimensões das prioridades foi realizado um *survey*. O método *survey* contribui para a descoberta de relações entre variáveis dentro de uma população (HOSS; TENCATEN, 2010). Em geral, os *surveys* envolvem a coleta de informações dos indivíduos sobre si ou sobre unidades sociais a que pertencem, por meio de questionários enviados, telefonemas e entrevista pessoal (FORZA, 2002).

O delineamento dessa pesquisa compreende três grandes fases: (1) elaboração do quadro teórico; (2) condução da *survey*; e (3) divulgação dos resultados, Figura 5.

Figura 5- Delineamento da pesquisa



FONTE: Elaborado pelo autor

4.1 Elaboração do quadro teórico

A fase (1) consistiu na elaboração do quadro teórico sobre o Seis Sigma, que buscou utilizar o resultado da análise bibliométrica e referências pesquisadas em base científica brasileira. O objetivo dessa fase foi levantar os as variáveis de implantação do Seis Sigma para posterior identificação dos fatores de implantação do programa Seis Sigma,

As referências utilizadas para o quadro teórico do Seis Sigma foram selecionadas por meio das análises bibliométrica e de conteúdo, apresentada no capítulo 2. Entretanto, como essa pesquisa busca investigar sobre o programa Seis Sigma no Brasil, outras referências publicadas sobre o programa no Brasil também foram utilizadas. As

referências publicadas no Brasil foram indicadas por especialistas da área e pela pesquisa feita na base de dados *on line* Scielo.

Nessa fase também foi realizada a revisão de literatura sobre prioridade competitiva, com o objetivo de identificar as dimensões das prioridades competitivas e suas características. A revisão de literatura sobre prioridade competitiva consistiu na investigação sobre o tema nas bases de dados *online* *Web of Sciene*, *Science Direct*, *Scopus* e *Scielo*. As palavras chaves investigadas foram “Priority competitive” ou “Priorities competitive”.

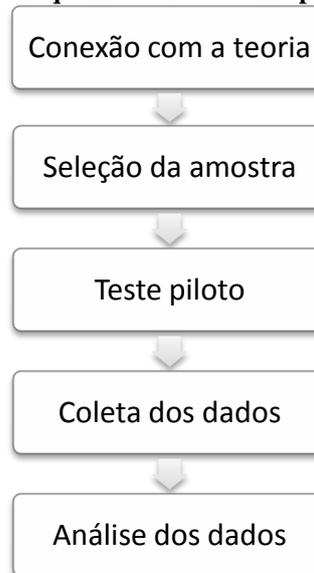
4.2 Condução da Survey

A fase (2) consistiu no desenvolvimento da pesquisa *survey*. Como explicado, foi investigado no grupo de empresas que possuem o programa Seis Sigma implantado em empresas que operam no Brasil.

Esse método de pesquisa pode ainda ser classificado como do tipo *survey* explicativa. Segundo Flynn et al. (1990), a *survey* do tipo explicativa tem como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos.

Essa fase também está dividida em subfases, baseado no roteiro descrito por Forza (2002). Na Figura 6, é apresentado o esquema básico adaptado para essa pesquisa *survey*.

Figura 6 - Esquema básico de uma pesquisa *survey*



Fonte: Elaborado pela autora

4.2.1 Conexão com a teoria

A conexão com a teoria se iniciou com a elaboração do *constructo*. Segundo Forza (2002), a elaboração do *constructo* permite transformar conceitos teóricos em elementos mensuráveis.

A revisão construída sobre o Seis Sigma apresentou o quadro teórico com as variáveis necessárias à sua implantação. Por meio do *constructo* será possível verificar a relação entre o programa Seis Sigma, por meio dos fatores identificados com a análise fatorial, e prioridade competitiva, que será representada pelo fator prioridade competitiva.. Assim, os fatores de implantação do Seis Sigma serão as variáveis independentes e o fator prioridade competitiva será a variável dependente da regressão. Segundo Forza (2002), a condução da *survey* pode ser dividida nas seguintes fases: definição da amostra, seleção do método de coleta de dados e desenvolvimento do instrumento de medição. Essas fases são detalhadas nos subtópicos seguintes.

4.2.2 População

A amostra compreenderá clientes de empresas de consultoria Seis Sigma. Esse foi critério escolhido, pois as empresas de consultoria prestam serviço de treinamento e auxílio na implantação do programa. Conforme Harry (1998), a efetiva implantação do Seis Sigma envolve frequência de treinamentos. Já segundo Antony e Banuelas (2002), os funcionários de uma organização com o programa Seis Sigma geralmente são treinados e têm

uma formação estatística rigorosa. Sendo assim, é coerente que muitos treinamentos sejam fornecidos por empresas especializadas no programa Seis Sigma.

A população foi constituída a partir de uma busca sobre clientes de empresas de consultoria em treinamento e implantação do Seis Sigma. Conforme Harry (1998), a efetiva implantação do Seis Sigma envolve necessita de treinamento frequente. Já segundo Antony e Banuelas (2002), os funcionários de uma organização com o programa Seis Sigma geralmente são treinados e têm uma formação estatística rigorosa. Sendo assim, é coerente que muitos treinamentos sejam fornecidos por empresas especializadas no programa Seis Sigma.

Por meio de uma busca *online*, utilizando-se as palavras-chave “consultoria Seis Sigma”, “treinamento” “Seis Sigma”, “consultoria” “Seis Sigma”, foram identificadas empresas que forneciam treinamento para implantação do programa. A partir disso, foram procedeu-se com a busca pelos clientes divulgados por essas empresas em suas próprias páginas *online*. As empresas de consultoria que tiveram seus *sites* consultados foram: Setecnet, Consultoria QSP, Consultoria Flemming, Consultoria FIESP, Consultoria Qualilog, Seta, Siqueira Campos, Qualy Trail, Cace Consultoria, Gemba Training, Ótima: estratégia e gestão, Versatil Consultores, Fundação Vanzolini, Grupo Werkema, QSC Consultoria e MI Domenech. Essa busca resultou em uma população de 486 empresas para coleta de dados.

4.2.3 Instrumento de coleta de dados

O instrumento de coleta de dados foi um questionário estruturado elaborado e disponibilizado pela ferramenta do Google Formulários para que se pudesse executar uma *web survey*, que segundo Forza (2002) possui um custo relativamente baixo dentro de um período mais curto de resposta.

O questionário compreendeu duas partes. A primeira composta por XX perguntas gerais e a segunda com 21 afirmações do tipo *likert* com escala de 1 até 5 (discordo totalmente até concordo totalmente) sobre a implantação do Seis Sigma. Essas últimas foram operacionalizadas a partir das variáveis do Quadro 1. As perguntas da segunda parte foram

4.2.4 Teste-piloto

O teste-piloto é parte integrante da construção do questionário. O objetivo desse teste é fornecer *feedback* sobre o quão fácil o questionário está para ser concluído e se

os conceitos não estão claros ou fora da faixa de conhecimento e/ou responsabilidade dos respondentes (FLYNN et al., 1990).

Segundo Forza (2002), o questionário deve ser enviado a três grupos de entrevistados: pesquisadores colegas, especialistas e organizações da população-alvo do estudo. Sendo assim, o questionário passou por esses três grupos de modo a se conseguir um instrumento de pesquisa refinado com maior chance de se obter as respostas e resultados de medições adequadas para o objetivo da pesquisa. O primeiro grupo consistiu em pesquisadores colegas do próprio programa de pós-graduação, quatro pesquisadores participaram dessa etapa. O segundo grupo consistiu em pesquisadores doutores que já tivessem pesquisado acerca do tema de pesquisa, foram identificados seis pesquisadores, mas somente um pesquisador retornou o questionário. Por fim, o terceiro grupo consistiu do *feedback* de três empresas que possuem o programa Seis Sigma implantado.

Após o teste piloto, algumas questões repetidas no questionário foram excluídas e outras questões foram mudadas de ordem, por indicação de empresas e especialistas da área. Após conclusão dessa etapa, o questionário final foi aplicado.

4.2.5 Coleta de dados

A primeira etapa consistiu no contato por email ou telefone com as Empresas da população para identificação dos responsáveis pelo Seis Sigma na organização. A partir dessas informações, um *link* da *web survey* foi enviado para os responsáveis pelo Seis Sigma em cada empresa.

A coleta de dados compreendeu os meses de agosto e dezembro de 2014. Durante esse período, as empresas foram contatadas em duas rodadas, por meio de emails e ligações, com o objetivo de aumentar a taxa de respondentes. Segundo Dillman, Smyth e Christian (2008), os questionários de pesquisa podem ser enviados em até quatro rodadas à população alvo, de modo a se obter respostas dos que não responderam nas rodadas anteriores.

A primeira rodada, que ocorreu nos meses de agosto e setembro de 2014, resultou em 29 questionários respondidos. A segunda rodada ocorreu nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2014 resultando mais 16 questionários respondidos. O total das duas rodadas resultou em 45 questionários respondidos.

4.2.6 Análise de dados

Após os dados coletados, os resultados foram analisados por meio de análise descritiva, análise fatorial para identificar os fatores de implantação do Seis Sigma (variáveis independentes), análise fatorial para identificar o fator critério competitivo (variável dependente) e, finalmente, análise de regressão múltipla.

A análise descritiva dos dados buscou descrever sobre as variáveis de controle que estão relacionadas ao perfil das empresas e ao perfil do programa Seis Sigma. Foram coletados dados como, tamanho da empresa, setor de atuação, ano de implantação do Seis Sigma, objetivo da implantação do programa e quantidade de projetos Seis Sigma por ano.

Antes da realização da análise fatorial foram identificados os *outliers* com o objetivo de identificar respostas consideradas *outliers*. Segundo Zijlstra, Van der Ark e Sijtsma (2013), *outliers* são observações que parecem inconsistentes com os dados restantes. Essa inconsistência pode se referir a pesquisas decorrentes de entrevistados de outra população, que acidentalmente foram incluídas na amostra. As respostas desleixadas de entrevistados que não tomaram as questões a sério, ou erros de escrita, resultando em resposta com codificação errada.

A identificação de *outliers* se deu por meio de dois métodos. O método Z-Score, que foi utilizado como técnica de análise univariada e a distância de Mahalanobis, que foi utilizado como técnica de análise multivariada.

A análise fatorial exploratória buscou identificar os fatores para implantação do programa Seis Sigma no Brasil. Esses fatores identificados servirão para encontrar a relação entre o Seis Sigma no Brasil e prioridades competitivas.

Segundo Hair et. al (2009), a análise fatorial é um nome genérico dado a uma classe de métodos estatísticos multivariados cujo propósito principal é definir a estrutura subjacente em uma matriz de dados. De acordo com Pestana e Gageiro (2008), a análise fatorial é um conjunto de técnicas estatísticas que procura explicar a correlação entre as variáveis observáveis, simplificando os dados mediante a redução do número de variáveis necessárias para descrevê-los.

Nesta pesquisa, as variáveis associadas à implantação do Seis Sigma foram identificadas por meio da análise bibliométrica e análise de conteúdo. Mediante essas análises, a revisão de literatura e o questionário foram desenvolvidos. O resultado da aplicação do questionário fornecerá os dados para confirmar ou descobrir novos padrões de agrupamento desses fatores.

A análise fatorial das variáveis dependentes ocorreu com o objetivo de agrupar as dimensões das prioridades competitivas em um único fator para viabilizar a regressão linear múltipla. Segundo Pestana e Gageiro (2008), a análise de regressão é um método estatístico, descritivo e inferencial, que permite a análise da relação entre uma variável dependente e um conjunto de variáveis independentes.

Duas análises de regressão foram feitas. A primeira teve o objetivo de analisar os fatores de implantação do programa Seis Sigma com o fator prioridade competitiva. Dessa forma, foi necessário o agrupamento das dimensões das prioridades competitivas em um único fator. A segunda análise de regressão teve como objetivo analisar as dimensões das prioridades competitivas, separadamente, com os fatores de implantação do programa Seis Sigma.

Essas análises permitirão conhecer as relações existentes entre os fatores de implantação do programa Seis Sigma com o fator prioridade competitiva e também a relação entre as dimensões e os fatores de implantação.

De acordo com Hair et al. (2009), a regressão múltipla pode ser utilizada para examinar os coeficientes de regressão (sua magnitude, sinal e significância estatística) para cada variável independente, desenvolvendo uma razão teórica para os efeitos das variáveis independentes, isto é, para explicação de problemas de pesquisa.

Segundo Pestana e Gageiro (2008), a expressão geral do modelo de regressão linear múltipla é:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.2)$$

Em que Y representa a variável dependente, X_k são as variáveis independentes, β_k são os parâmetros estimados e ϵ é o erro de previsão.

Destaca-se que análises de autocorrelação, normalidade, homocedasticidade e multicolinearidade para averiguar se a distribuição dos dados está adequada a regressão. Segundo Pestana e Gageiro (2008), devem-se analisar as hipóteses da homocedasticidade, da independência da normalidade das variáveis aleatórias residuais e da hipótese de multicolinearidade entre variáveis independentes.

A Figura 7 apresenta o passo a passo da análise dos dados.

Figura 7 – Passo a passo da análise dos dados



FONTE: Elaborado pela autora

O software SPSS® (*Statistic Package for Social Study*, versão 20.0) foi utilizado para realizar as análises fatorial e de regressão múltipla. A etapa seguinte é a interpretação dos resultados dessa pesquisa.

5 RESULTADOS

5.1 Caracterização da amostra

A caracterização da amostra apresenta o perfil das empresas que responderam o questionário dessa pesquisa. O perfil é composto por características como setor de atuação da empresa, tamanho, relação do respondente com o Seis Sigma, quantidade de especialistas *Belt*, quantidade de projetos Seis Sigma por ano e objetivo do programa Seis Sigma na empresa.

A amostra é composta por 45 empresas respondentes entre agosto e dezembro de 2014 por meio de *web survey*. A Tabela V apresenta algumas características dessas empresas.

Tabela V – Perfis das empresas respondentes

Variáveis de Controle	Categorias	Frequência	Porcentagem de Frequência
Setor de Atuação	Bens Industriais	39	87%
	Serviços	6	13%
Tamanho da empresa	Menos de 100 empregados	1	2%
	Entre 100 e 500 empregados	10	22%
	Mais de 500 empregados	34	76%
Relação do respondente com o Seis Sigma	<i>Champion</i>	1	2%
	<i>Master Black Belts</i>	9	20%
	<i>Black Belts</i>	18	40%
	<i>Green Belts</i>	8	18%
	<i>Yellow Belt</i>	3	7%
	<i>White Belt</i>	1	2%
	Não possui	5	11%

FONTE: Elaborado pela autora

De acordo com a Tabela IV, pode ser observado que 87% das empresas são de bens industriais e 13% de serviços, no que se refere ao setor de atuação das empresas que implantaram o Seis Sigma no Brasil. Isso pode ser um indicativo da dificuldade de uso de métricas e métodos estatísticos para controle e melhoria das operações nos serviços. Esse resultado está de acordo com o resultado encontrado por Carvalho, Ho e Pinto (2014), que encontrou maior concentração (87%) do programa Seis Sigma no Brasil no setor industrial.

Segundo Galvani e Carpinetti (2013), no Brasil, a aplicação de ferramentas e técnicas de maior conteúdo estatístico é maior em manufatura. Os processos de serviços em geral têm maior dificuldade na obtenção dos dados, pois as informações requeridas

normalmente não têm uma forma padronizada de registro e arquivamento (GALVANI; CARPINETTI, 2013).

Entretanto, vale lembrar que, o programa Seis Sigma pode ser aplicado em organizações de natureza diversa, independentemente do segmento industrial que a organização atua (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007).

No que diz respeito ao tamanho da empresa, a Tabela V também apresenta a porcentagem de 2%, 22% e 76% para empresas que pequeno, médio e grande porte, respectivamente. Então, pode-se inferir que a maioria das empresas que respondeu o questionário é de grande porte, 76%.

Ainda na Tabela VI é possível notar a relação dos respondentes com o Seis Sigma. A relação dos respondentes com o programa Seis Sigma está concentrada entre *Master Black Belts* e *Black Belts*, somando 61% dos dados totais coletados. Esse resultado se assemelha ao resultado encontrado por *survey* feita no Brasil por Andrietta e Miguel (2007), em que a maioria eram *Black Belts* (80%).

A Tabela VI apresenta o ano de implantação, o objetivo do programa e a quantidade de projetos Seis Sigma por ano nas empresas respondentes.

Tabela VI – Maturidade, objetivo e frequência do programa Seis Sigma

Variáveis de Controle	Categorias	Porcentagem de	
		Frequência	Frequência
Ano de implantação do Seis Sigma	1995-2000	7	16%
	2001-2005	8	18%
	2006-2010	17	38%
	2011-2015	13	29%
Objetivo do programa Seis Sigma	Melhoria de eficiência operacional	38	84%
	Melhoria estratégica	7	16%
Quantidade de projetos Seis Sigma por ano	Menor do que 3 projetos	7	16%
	Entre 3 e 10 projetos	15	33%
	Maior do que 10 projetos	23	51%

FONTE: Elaborado pela autora

Segundo a Tabela V, 38% das empresas tiveram o programa Seis Sigma implantado entre os anos de 2006 e 2010 e 29% nos anos entre 2011 e 2015. Com esse resultado, pode-se inferir sobre qual período de ano o programa Seis Sigma foi implantado pela maioria das no Brasil. Logo, apesar de o programa ter surgido na década de 80, a adoção do Seis Sigma por empresas que operam no país ainda é recente.

Esse resultado, entretanto, difere do resultado encontrado por Andrietta e Miguel (2007), em que o período de implantação do Seis Sigma foi entre 2000 e 2003,

aproximadamente 62%. Todavia, esse estudo foi realizado em período diferente da atual pesquisa.

Ainda, de acordo com a Tabela VI, no que se refere ao objetivo em adotar o programa Seis Sigma, 84% dos respondentes afirmaram ter como foco a melhoria da eficiência operacional. A melhoria da eficiência operacional foi caracterizada segundo Porter (1999) como, redução de defeitos, o aumento da produtividade e a redução de custos.

Estudos feitos por Andrietta e Miguel (2007) e Carvalho, Ho e Pinto (2014) corroboram com esse resultado. Segundo Andrietta e Miguel (2007), aproximadamente 90% das empresas que possuem o Seis Sigma no Brasil citaram a "redução dos desperdícios" como o principal benefício, 85% citaram o "aumento da produtividade" e 80% a "diminuição da variabilidade dos processos". E de acordo com Carvalho, Ho e Pinto (2014), 85% das empresas afirmaram ter como objetivo melhoria da eficiência operacional e 15% melhoria estratégica.

Por fim, de acordo com a Tabela VI, é possível observar a quantidade de projetos Seis Sigma por ano. Um percentual de 51% das empresas afirmou desenvolver mais do que 10 projetos Seis Sigma por ano. Esse resultado está de acordo com pesquisas feitas no Brasil. De acordo com Carvalho, Ho e Pinto (2014), a média de projetos Seis Sigma desenvolvidos por empresas no Brasil é de 14 projetos por ano.

Esses foram os perfis que formaram a caracterização das empresas que responderam a pesquisa. A seguir será apresentado o passo a passo para chegar a análise de regressão entre os fatores do Seis Sigma e as prioridades competitivas. Antes disso, foi necessário investigar possíveis *outliers* na amostra, levantar os fatores de implantação do Seis Sigma e agrupar o fator prioridade competitiva. A seguir serão descritos e apresentados os resultados desses procedimentos.

5.2 Investigação de *Outliers*

A investigação de *outliers* na amostra ocorreu com o objetivo de identificar as respostas consideradas discrepantes. A identificação de *outliers* se deu por meio de dois métodos. O método Z-Score, que foi utilizado como técnica de análise univariada e a distância de Mahalanobis, que foi utilizada como técnica de análise multivariada.

5.2.1 Z Score

O Z-Score é um método muito utilizado na identificação de *outliers* de implantação univariada (NASCIMENTO et al., 2012). O método Z-Score é baseado na propriedade da distribuição normal que se $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, então $z = \frac{(x-\mu)}{\sigma} \sim n(0,1)$ (NASCIMENTO et al., 2012). Ainda segundo os mesmos autores, o método Z-Score é definido como:

$$Z_{score} = \frac{(x_i - \bar{x})}{s} \quad (5.1)$$

Em que:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Uma regra geral para identificação de *outliers* considera *outliers* as observações com |Z-Score| maior que 3. Contudo, esse valor pode mudar dependendo do critério de decisão adotado (NASCIMENTO et al., 2012).

O Z-Score foi calculado por meio do SPSS, que identificou cinco *outliers*, sendo excluídos os casos 8; 17; 31; 32; e 33. O Apêndice A apresenta o resultado do Z-Score para os dados coletados.

5.2.2 Distância de Mahalanobis

O segundo método utilizado para identificação dos *outliers* foi o cálculo da distância de Mahalanobis, que segundo Zijlstra, Van der Ark e Sijtsma (2013), quantifica a distância entre x_v e o centro dos dados quando a estrutura de associação é levada em conta. Segundo Atkinson, Riani e Cerioli (2004), a equação Mahalanobis pode ser definida como:

$$MD_v^2 = (x_v - \hat{\mu})^T \hat{\Sigma}^{-1} (x_v - \hat{\mu}) \quad (5.2)$$

Em que, $\hat{\mu}$ é o vetor de J itens de médias amostrais e $\hat{\Sigma}$ é a matriz de covariância da amostra para os itens J . Se $\hat{\mu}$ e $\hat{\Sigma}$ são estimados, $MD_v^2(\mu, \Sigma)$ segue uma distribuição quiquadrado $\frac{(N-1)^2}{N}$ Beta $(\frac{J}{2}, \frac{N-J-1}{2})$, com J graus de liberdade (ATKINSON; RIANI; CERIOLI, 2004). A distância Mahalanobis pode ser usada independentemente da dimensionalidade dos dados multivariados (ZIJLSTRA; VAN DER ARK; SIJTSMA, 2013).

Para essa pesquisa, foi utilizada então a fórmula com μ igual a 0,05, pois se considerou 95% de confiança e 21 graus de liberdade, quantidade de variáveis menos 1, conforme a equação:

$$MAH = INV.QUI(\text{probabilidade; graus de liberdade}) \quad (5.3)$$

$$MAH = INV.QUI(0,05;21) = 32,67$$

Logo, qualquer valor de Mahalanobis acima de 32,67 é um *outlier*.

A distância de Mahalanobis foi calculada por meio do SPSS para todos os dados da pesquisa. O Apêndice B apresenta os coeficientes de Mahalanobis encontrados para os 40 casos restantes após a exclusão anterior mediante o critério de *outlier* em dados univariados. De acordo com o mesmo apêndice, não foi identificada qualquer *outlier*.

Após essa etapa, a análise fatorial para os fatores de implantação do Seis Sigma foi realizada.

5.3 Análise fatorial das variáveis independentes

A primeira etapa dessa análise consistiu na escolha do método de rotação dos fatores para que os mesmos sejam mais interpretáveis (PESTANA e GAGEIRO, 2008). Segundo Hoss e Ten Caten (2010), o método mais popular com essa finalidade é denominado de *varimax*. De acordo com Pestana e Gageiro (2008), esse método minimiza o número de variáveis com elevados índices num fator, obtendo uma solução na qual cada componente principal se aproxima de ± 1 , no caso de associação entre ambas, ou de zero, no caso de ausência de associação.

A segunda etapa consistiu na avaliação da qualidade da análise fatorial, por meio de dois critérios. O primeiro foi o do Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que segundo Pestana e Gageiro (2008), mede a qualidade das correlações entre as variáveis de forma a prosseguir com a análise fatorial, ele pode variar entre zero e um. Já o segundo foi o de esfericidade de Bartlett, que também permite aferir a qualidade das correlações entre as variáveis, por meio do teste da hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, que implica na existência da relação entre as variáveis (PESTANA; GAGEIRO, 2008).

A análise fatorial foi realizada sobre as 21 afirmações que constam no Apêndice D com o auxílio do software estatístico SPSS.

A primeira tentativa sem a retirada de qualquer afirmação resultou um coeficiente KMO de 0,53, que é inferior ao mínimo recomendado por Pestana e Gageiro (2008), que é de 0,60. Para se aumentar o valor de KMO, os mesmos autores sugerem a eliminação de afirmações considerando a correlação entre itens. Esse procedimento é reforçado por Figueiredo e Silva (2010), que afirmam que caso uma afirmação seja estatisticamente independente das demais, o pesquisador pode excluí-la da análise.

Dessa forma, procedeu-se com a análise de correlação entre as afirmações, buscando-se excluir as afirmações que não satisfizessem a condição de que matriz de correlações devesse exibir a maior parte dos coeficientes acima de 0,30. O Apêndice C apresenta a tabela de correlação dos fatores. Seguindo esse critério, deveriam ser excluídas as afirmações Q2 (Envolvimento da alta administração), Q5 (Abrangência do treinamento na empresa), Q6 (Recompensa dos *Belts*), Q9 (Mapeamento dos processos a serem melhorados) e Q15 (Uso de métodos estatísticos). Entretanto, duas dessas afirmações, “Envolvimento da alta administração” e “Uso de métodos estatísticos”, são consideradas como fatores necessários à implantação do Seis Sigma pela teoria (ANTONY; BANUELAS, 2002; KWAK; ANBARI, 2006; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000). Devido a isso, essas afirmações foram consideradas fatores independentes, recebendo as denominações de “Envolvimento da alta administração” e “Pensamento estatístico”. As demais afirmações que não apresentaram correlação foram excluídas.

Após esse refinamento, procedeu-se com a segunda tentativa da análise fatorial, que obteve resultados satisfatórios, conforme Tabela VII.

Tabela VII - KMO e Teste de Bartlett

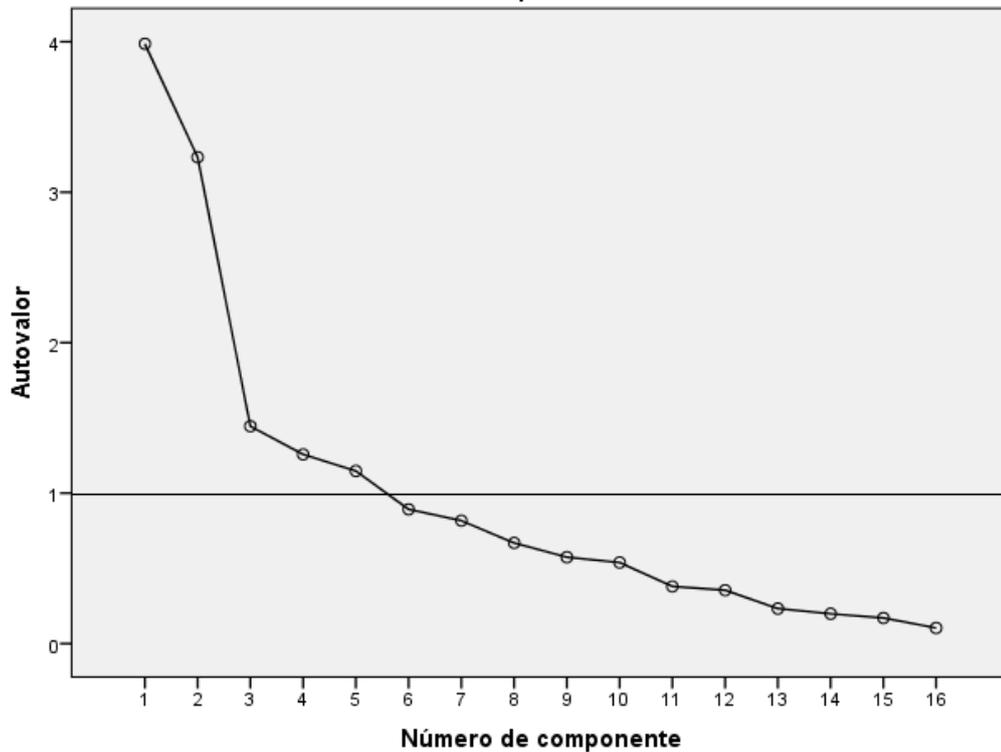
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,605
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	253,259
	DF	120
	Sig.	,000

FONTE: Adaptado do *Software SPSS*

O coeficiente KMO foi superior a 0,60, considerado adequado e o teste de Bartlett apontou a um nível de significância de 0,000 que existe correlação entre algumas variáveis.

A análise fatorial apontou a existência de 5 fatores, a partir do corte para *eigenvalues* (Autovalores) maiores do que 1, Figura 8, conforme recomendações de Figueiredo e Silva (2010).

Figura 8 –Número de fatores formados
Scree plot



FONTE: Adaptado pelo *software* SPSS

Além dessa informação, a Tabela VIII sintetiza os resultados da variância explicada para os 5 fatores associados à implantação do programa Seis Sigma. Observa-se que esses fatores explicam aproximadamente 69,2% da variância total antes e depois da rotação, o que é aceitável segundo Hair et al. (2009), que recomendam que os fatores expliquem ao menos 60% da variância acumulada.

Tabela VIII - Variância total explicada (Método de Extração: Análise de Componente Principal)

Componente	Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas rotativas de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	3,986	24,916	24,916	2,598	16,236	16,236
2	3,233	20,205	45,121	2,447	15,292	31,527
3	1,445	9,030	54,151	2,336	14,598	46,125
4	1,257	7,859	62,010	2,211	13,818	59,944
5	1,147	7,168	69,178	1,478	9,234	69,178

FONTE: Adaptado do *Software* SPSS

O passo seguinte para avaliação da qualidade da análise fatorial foi a avaliação dos coeficientes de comunalidade que, segundo Pestana e Gageiro (2008), tratam da variância total da variável explicada pelos fatores comuns, o seu valor indica a quantidade de variância de uma variável que é partilhada pelo menos com outra variável do conjunto (PESTANA; GAGEIRO, 2008) e, segundo Garson (2008), ela pode variar entre 0 e 1, zero significa que os fatores comuns não explicam qualquer variação entre as variáveis medidas; e um significa que

os fatores comuns explicam as variações, sendo que ela deve ser de pelo menos 0,5. A Tabela IX apresenta o valor das comunalidades para as variáveis (afirmações).

Tabela IX – Comunalidades

	Inicial	Extração
Q1	1,000	,717
Q3	1,000	,655
Q4	1,000	,590
Q7	1,000	,549
Q8	1,000	,635
Q10	1,000	,750
Q11	1,000	,879
Q12	1,000	,738
Q13	1,000	,691
Q14	1,000	,763
Q16	1,000	,769
Q17	1,000	,676
Q18	1,000	,661
Q19	1,000	,532
Q20	1,000	,774
Q21	1,000	,692

FONTE: Adaptado do *Software SPSS*

A partir da Tabela IX, pode-se observar que os coeficientes de comunalidade foram satisfatórios, pois são superiores a 0,5, prosseguindo com a análise dos resultados.

A partir da avaliação da qualidade da análise fatorial, procede-se com a apresentação da matriz de rotação pelo método *varimax*, conforme Tabela XX. Essa matriz mostra a proximidade das variáveis, sendo útil para designar o significado dos fatores, essencialmente quando as variáveis têm pesos elevados em mais do que um componente (PESTANA; GAGEIRO, 2008). A partir dos coeficientes dessa mesma tabela, pode-se identificar a que fatores as variáveis (afirmações) pertencem, conforme análise da magnitude dos coeficientes das colunas da esquerda para a direita e de cima para baixo, devendo-se agrupar as variáveis numa mesma coluna até o momento em que o coeficiente da coluna em análise fique menor do que o da coluna subsequente, conforme sombreamento das células na Tabela X.

Tabela X – Associação dos fatores para implantação após a rotação *varimax*

	1	2	3	4	5
Q11	0,918	0,149	0,016	-0,008	0,025
Q12	0,783	-0,052	0,199	0,276	-0,034
Q13	0,626	0,069	-0,298	0,422	-0,085
Q7	-0,082	0,691	0,124	0,043	-0,182
Q1	0,195	0,678	-0,243	0,001	0,422
Q18	0,395	0,664	-0,008	0,13	-0,157
Q20	-0,041	0,651	0,486	0,263	0,219
Q14	-0,093	0,509	0,497	0,353	0,349
Q10	0,109	-0,097	0,843	0,004	0,1
Q8	0,027	0,156	0,674	-0,376	0,073
Q21	-0,164	0,271	0,583	0,505	0,105
Q17	0,222	0,069	-0,158	0,752	0,009
Q19	0,118	0,16	0,106	0,682	0,087
Q4	0,432	0,034	-0,014	0,569	-0,287
Q16	0,041	0,097	0,292	0,125	0,809
Q3	0,313	0,361	-0,03	0,224	-0,597

FONTE: Adaptado do *Software SPSS*

O primeiro fator agrupou as variáveis Q11, Q12 e Q13. O segundo engloba as variáveis Q7, Q1, Q18, Q20 e Q14. O terceiro contém as variáveis Q10 e Q18. O quarto fator é formado por Q21, Q17, Q4 e Q19. E o quinto é formado por Q16 e Q13. A Tabela XI apresenta a descrição dos fatores encontrados.

O primeiro fator foi nomeado de “Coleta e disponibilização dos dados”. Esse grupo de variáveis diz respeito à confiabilidade e acessibilidade de dados. Nele, foram reunidas variáveis sobre confiabilidade dos dados, disponibilidade dos dados e integração do Seis Sigma com a infraestrutura de Tecnologia e Informação (TI).

Como mencionado na revisão de literatura, Pande, Neuman e Cavanagh (2000) afirmam que o programa Seis Sigma utiliza o uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas e atenção diligente para gestão da melhoria. De fato, os dados podem servir de entrada para a seleção, gestão e realização de projetos, que são atividades fundamentais na execução do Seis Sigma. Dessa forma, o acesso aos dados permite que os gestores tomem decisões baseadas em fatos e dados, não em opiniões, tornando esse um fator necessário à implantação do programa Seis Sigma.

A integração do Seis Sigma com infraestrutura de TI pode ser explicada pela necessidade de disponibilização dos dados para os projetos Seis Sigma. Segundo Mergulhão e Martins (2008), o uso dos indicadores de desempenho é apoiado pelo suporte de TI como um

recurso tecnológico importante para um melhor controle dos resultados do programa Seis Sigma. Ainda segundo os mesmos autores, os sistemas de TI devem dispor de indicadores que auxiliem no gerenciamento dos projetos e na identificação de oportunidades para novos projetos. Dessa forma, a infraestrutura de TI pode auxiliar no processamento de dados e informações dos projetos Seis Sigma.

Tabela XI – Tabela dos fatores formados

Fatores	Nome do Fator	Agrupamento dos Fatores	
1	Coleta e disponibilização dos dados	Q11	Disponibilidade de dados para o desenvolvimento dos projetos Seis Sigma
		Q12	Os dados utilizados para os projetos Seis Sigma sempre são confiáveis
		Q13	Integração entre Seis Sigma e infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI)
2	Infraestrutura prévia	Q20	Adoção de programas prévios de melhoria
		Q7	Utilização de indicadores para selecionar projetos Seis Sigma
		Q1	A frequência de treinamento da nossa empresa é suficiente
		Q18	Não existem barreiras para implantar melhorias identificadas nos projetos Seis Sigma
		Q14	Uso de ferramentas da qualidade
3	Estabelecimento de Metas	Q10	Definição clara dos ganhos financeiros
		Q8	Estabelecimento numérico da meta no início do projeto
4	Uso de indicadores de desempenho	Q19	Uso de indicadores para sustentar as melhorias alcançadas
		Q21	Divulgação das melhorias obtidas
		Q17	Avaliação das soluções antes de implantação
		Q4	Divulgação do resultado financeiro
5	Capacidade de mudança	Q16	Uso de <i>softwares</i> de apoio para condução dos projetos Seis Sigma
		Q3	Mudança Organizacional
6	Envolvimento da alta administração	Q2	Envolvimento da alta administração
7	Pensamento Estatístico	Q15	Uso de método estatístico

FONTE: Elaboração própria

Fatores para implantação do programa Seis Sigma levantados por Pande, Neuman e Cavanagh (2000), Antony e Banuelas (2002) e Hahn, Doganaksoy e Hoerl (2000) também apontam sobre a disponibilidade de dados. Pande, Neuman e Cavanagh (2000) apontam como um dos fatores necessários para implantação do programa “Ligação Clientes, Processos, Dados e Inovação para construir o sistema Seis Sigma”. Outros autores como

Antony e Banuelas (2002) e Hahn, Doganaksoy e Hoerl (2000) apontam o processo de selecionar projetos, monitorar e projetar com confiabilidade como fatores necessários a implantação do Seis Sigma.

O segundo fator foi denominado de “Infraestrutura prévia”, sendo que ele reuniu variáveis sobre adoção de programas da qualidade, uso de ferramentas da qualidade, frequência de treinamento e sobre a não existência de barreiras para implantação das melhorias encontradas.

A execução do programa Seis Sigma requer conhecimento das ferramentas da qualidade e métodos estatísticos para sua execução e também das prioridades do negócio para seleção de projetos e implantação de mudanças. De acordo com Toledo et al. (2013), o objetivo do Seis Sigma não é somente alcançar níveis sigma de qualidade, mas também melhorar a lucratividade.

Sendo assim, as equipes de melhoria devem possuir o treinamento adequado em ferramentas e métodos para a execução dos projetos Seis Sigma e também terem conhecimento do negócio e dos processos para seleção estratégica dos projetos a serem executados, para que não haja barreiras na implantação de mudanças necessárias.

Os especialistas *Belts* podem estar incluídos nesse fator. De acordo com Schroeder et al. (2008), as equipes de melhoria formadas para cada projeto Seis Sigma devem ser compostas por especialistas *Belts* que têm conhecimento substancial do processo, de métodos estatísticos e de ferramentas da qualidade. Essa estrutura auxilia na execução da rotina do Seis Sigma, necessitando do treinamento das pessoas envolvidas na execução dos projetos Seis Sigma.

No Brasil, o uso de ferramentas da qualidade bem como o uso de métodos estatísticos por empresas que possuem o Seis Sigma já foi apresentado em resultados de pesquisas feitas por Andrietta e Miguel (2007) e Pinto, Carvalho e Ho (2006).

Vale acrescentar que, algumas das ferramentas usadas no Seis Sigma também são utilizadas em outros programas de melhoria como, Manufatura Enxuta e Gestão pela Qualidade Total (GQT) (CARVALHO; HO; PINTO, 2014). Dessa forma, possuir outros programas de melhoria implantados pode auxiliar na implantação e execução do programa Seis Sigma.

O terceiro fator foi denominado de “Estabelecimento de metas”, que é constituído pelas variáveis sobre a definição clara de ganhos financeiros e o estabelecimento numérico de metas.

Para alcançar os resultados desejados, as organizações precisam definir quais são eles. No programa Seis Sigma, as metas estabelecidas podem ser não financeiras, como a redução de variabilidade do processo e redução de defeitos, e financeira, como aumento de lucro ou redução dos custos.

Segundo Linderman et al. (2003), os projetos de melhoria Seis Sigma costumam usar metas explícitas para motivar o desempenho. De acordo com Montgomery e Woodall (2008), o impacto do projeto deve ser avaliado em termos do seu benefício financeiro para a empresa, medida e avaliada pela unidade de finanças ou contabilidade.

O quarto fator foi chamado de “Uso de indicadores de desempenho” e está relacionado com a utilização de controles para sustentar melhorias alcançadas, avaliação das soluções antes da implantação de melhorias e divulgação dos resultados.

Na etapa de avaliação das soluções, antes da implantação, a equipe propõe e discute as possíveis soluções para remover ou atenuar as principais causas que conduzem à variação do desempenho do processo (TOLEDO et al., 2013). Dessa forma, a análise das soluções é uma forma de implantar as melhorias mais eficientes e que poderão se manter, necessitando de indicadores de desempenho para seu uso.

Entretanto, ainda que as soluções sejam avaliadas, os indicadores de desempenho também são utilizados para sustentar as melhorias alcançadas. Segundo Harry e Schroeder (2000), o programa Seis Sigma precisa estabelecer controles que garantam que os mesmos problemas não se repitam, monitorando continuamente os processos que criam o produto ou serviço.

Algumas dessas ferramentas de divulgação dos resultados podem ser usadas para controlar as melhorias, como por exemplo, os gráficos de controle que precisam do fornecimento de indicadores de desempenho. Desse modo, a variável divulgação também pode pertencer a esse fator, apresentando correlação com avaliação das soluções e uso de controles das melhorias.

Os resultados divulgados podem ser financeiros, como aumento do lucro, ou não financeiros, como redução da variabilidade. De acordo com Pande, Neuman e Cavanagh (2000), a divulgação dos resultados é um fator crítico de sucesso.

Os gráficos e diagramas são destaques exibidos ao lado de uma explicação clara do que está sendo medido e como foram alcançadas as ações de melhoria. Além disso, segundo Caulcutt (2001), os gestores devem apresentar dados e evidências.

Esse fator para implantação do programa está de acordo com Pande, Neuman e Cavanagh (2000), que levantou como fatores “Manter mensagem simples e clara” e “Divulgar resultados”. Já Pyzdek e Keller (2009) encontraram o fator “Comunicação e conscientização”.

O quinto fator reuniu variáveis sobre uso de *softwares* de apoio e mudança organizacional, ele foi nomeado de “Capacidade de mudança”. Esse fator diz respeito à necessidade do fornecimento de treinamentos adequados alinhados ao interesse e disponibilidade dos funcionários envolvidos, compreendendo também a capacidade de adaptação da empresa para o uso de *softwares* de apoio, necessários à efetiva execução do Seis Sigma. Cabe ressaltar que, segundo Andrietta e Miguel (2007), 95% das empresas que implantaram o programa Seis Sigma no Brasil revelaram utilizar o *software* no tratamento dos dados estatísticos.

Nesse contexto, é importante que as empresas forneçam os treinamentos adequados para a nova rotina que o programa exige e também para o uso de *softwares*. Ademais, é necessário que os funcionários envolvidos estejam interessados e disponíveis em aprender o funcionamento do Seis Sigma. Por esse motivo, a variável mudança organizacional apresentou correlação com o uso de *softwares* de apoio, pois relaciona a capacidade de mudança das pessoas envolvidas com a necessidade de uso de *softwares* de apoio.

Algumas organizações precisam fazer mudanças de rotina e organizacionais. Segundo Zu, Fredendall e Douglas (2008), dentre as transformações que a empresa pode passar durante a implantação do Seis Sigma está o estabelecimento da estrutura Seis Sigma dentro do sistema de gestão de recursos humanos da organização, instituindo o procedimento de melhoria estruturada como um paradigma formal para a realização de projetos de melhoria, e enfatizando o uso de métricas quantitativas na melhoria da qualidade. Ressalta-se que o fator capacidade de mudança está presente em pesquisas de Kwak e Anbari (2006), Antony e Banuelas (2002) e Henderson e Evans (2000), como “Mudança Cultural”.

Esses foram os fatores de implantação formados pela análise fatorial. Além desses, os fatores “Envolvimento da alta administração” e “Pensamento estatístico” também devem ser considerados na implantação do Seis Sigma, conforme exclusões iniciais sobre as afirmações que se relacionavam a eles e eram independentes das demais.

O “Envolvimento da alta administração” é um fator de implantação do Seis Sigma. Segundo Antony e Banuelas (2002), programas de melhoria como o Seis Sigma requerem envolvimento da alta administração para o fornecimento apropriado dos recursos e treinamentos. De acordo com Pande, Neuman e Cavanagh (2000), sem o contínuo apoio e

envolvimento da alta administração, a utilidade do programa para empresa será desacreditada pelos membros e isso poderá enfraquecer a atuação do Seis Sigma.

No Brasil, o “envolvimento e o comprometimento da alta administração” foi apontado como um fator de importância na implantação do programa (CARVALHO; HO; PINTO, 2007). Segundo Trad, Cesar e Maximiano (2009), a liderança (que identificou aspectos, como o entusiasmo e persistência do principal executivo da empresa; o compromisso da alta administração com a melhoria contínua; a promoção de reuniões periódicas para acompanhamento dos projetos e a capacidade da gerência de alocar os recursos a esses projetos) apresentou-se como o fator mais importante para o sucesso do programa Seis Sigma.

O fator “Pensamento estatístico” está presente na formação da nomenclatura do programa Seis Sigma, que descreve a variabilidade (MCADAM et al., 2011). Referências como Hoerl e Snee (2002) e Hahn, Doganaksoy e Hoerl (2000) discutem o programa Seis Sigma a partir de um ponto de vista estatístico, probabilístico e quantitativo. A origem do Seis Sigma vem da estatística e de estatísticos (KWAK; ANBARI, 2006). Ademais, um dos focos do programa pode ser traduzido em termos estatísticos, que é o de reduzir a variabilidade nas características-chave de qualidade do produto em torno dos valores especificados (MONTGOMERY; WOODALL, 2008).

No Brasil, o fator “Pensamento estatístico” está presente na maioria das empresas que possuem o programa implantado. Além disso, os dados estatísticos são processados em *softwares*, pela maioria dessas empresas (MIGUEL; ANDRIETTA, 2009).

De acordo com os resultados dessa pesquisa, os fatores de implantação do programa Seis Sigma no Brasil são esses sete:

- Coleta e disponibilização dos dados;
- Infraestrutura prévia;
- Estabelecimento de Metas;
- Uso de indicadores de desempenho;
- Capacidade de mudança;
- Envolvimento da alta administração;
- Pensamento estatístico.

Outras pesquisas realizadas no Brasil identificaram fatores críticos de sucesso do Seis Sigma. Segundo Carvalho, Ho e Pinto (2014), os resultados mostraram três grupos de fatores como "infraestrutura" (que se refere à utilização de ferramentas estatísticas, tipologia

de projetos e documentação), "questões de organização" (que se refere à disponibilização de recursos, compromisso da alta administração e outros programas de melhoria) e "recursos humanos" (que se refere à utilização de pessoal interno para a implantação, nível de treinamento dos trabalhadores, disponibilidade dos empregados e consultorias utilizadas). Dentre os fatores, o fator que se assemelha a essa pesquisa é "infraestrutura".

5.4 Análise Fatorial das variáveis dependentes

Como mencionado no método de pesquisa, a análise de regressão linear múltipla analisa uma variável dependente com várias variáveis independentes. Nessa pesquisa, as variáveis independentes são os fatores de implantação do programa Seis Sigma e a variável dependente é a combinação em um único fator das dimensões das prioridades competitivas.

O agrupamento foi feito mediante a análise fatorial das prioridades competitivas, utilizando o método de Bartlett. O resultado desse agrupamento está apresentado na Tabela XII.

Tabela XII – KMO e Teste de Bartlett para prioridades competitivas

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,676
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	42,815
	DF	10
	Sig.	,000

FONTE: Adaptado do Software SPSS

De acordo com o resultado da análise fatorial, o nível de significância é aproximadamente zero e o índice KMO é acima de 0,6, então o agrupamento está aceitável. O teste de Bartlett apresentou nível de significância menor do que 0,05, também considerado aceitável.

A formação desse agrupamento gerou um índice que foi chamado de fator "prioridade competitiva". Esse fator formado será utilizado como variável dependente na regressão múltipla para atingir o objetivo da pesquisa, que é o de analisar os fatores de implantação do programa Seis Sigma em empresas que operam no Brasil e as prioridades competitivas.

A seguir será apresentado o resultado da regressão linear múltipla. A regressão foi realizada com os fatores de implantação do programa Seis Sigma em empresas que operam no Brasil, como variáveis independentes, e o fator agrupado com as dimensões das prioridades competitivas, como variável dependente.

5.5 Identificação de *outliers* para a regressão

Antes da realização da regressão, também foram identificados *outliers* para regressão. Segundo Gageiro e Pestana (2008), a identificação de *outliers* na regressão linear múltipla é feita essencialmente mediante os resíduos estandardizados (ZRE), estudentizados (SRE) e estudentizados *deleted* (SDR), pela verificação de pelo menos uma das seguintes condições, para erro do tipo I de 0,05:

- Resíduos estandardizados apresentarem valores absolutos superiores a 1,96, $|ZRE| > 1,96$;
- Resíduos estudentizados apresentarem valores absolutos superiores a 1,96, $|SRE| > 1,96$;
- Resíduos estudentizados *deleted* apresentarem valores absolutos superiores a 1,96, $|SDR| > 1,96$.

Os valores dos resíduos ZRE, SRE e SDR foram calculados por meio do *software* SPSS. Após o cálculo dos coeficientes para todas as respostas, os gráficos dos mesmos foram construídos considerando como limite o valor de 1,96 para limite superior e -1,96 para limite inferior.

O gráfico ZRE apontou alguns casos fora dos limites especificados, os casos foram o caso 23, com coeficiente de -2,05, e o caso 21, com 1,98 de coeficiente. Esse resultado está apresentado no Apêndice E.

O gráfico SRE também eliminou os mesmos casos, o caso 23 como *outlier*, com coeficiente de -2,15, o caso 21, com coeficiente de 2,31. O resultado do SRE também está apresentado no Apêndice E.

O gráfico SDR apontou o caso 23, com coeficiente de -2,28, caso 26, com coeficiente de -1,98, caso 24, com coeficiente -1,96, e o caso 21, com coeficiente de 2,47. O resultado do SDR pode ser visto no Apêndice E.

Portanto, considerando os gráficos ZDR, SRE e SDR, podem-se considerar como *outliers* os casos 21, 23, 24 e 26, que serão excluídos para a análise de regressão múltipla.

O próximo passo foi a identificação das observações influentes. Segundo Gageiro e Pestana (2008), as observações influentes são aquelas que individualmente ou em conjunto com outras observações demonstram ter maior impacto do que as demais observações no cálculo do valor dos estimadores. Existindo observações influentes, essas devem ser identificadas e incluídas na análise.

Para identificação das observações influentes, podem-se utilizar as medidas de Leverage, SDFBETA, SDFFIT, Distância de Cook e Distância de Mahalanobis, que já foi calculada para análise fatorial. Todos os coeficientes foram calculados no SPSS e os coeficientes de comparação foram calculados de acordo com as fórmulas para cada medida.

Segundo Pestana e Gageiro (2008), a medida Leverage (LEV) pode variar entre 0 e 1, considera-se um Leverage como uma observação influente quando:

$$LEV > \frac{3 \times (k+1)}{n}; \text{ para } n \leq 30 \quad (5.4)$$

$$LEV > \frac{2 \times (k+1)}{n}; \text{ para } n > 30 \quad (5.5)$$

Onde n é a dimensão da amostra e k o número de variáveis, dependentes e independentes.

Aplicando a fórmula 5.5 para a pesquisa, tem-se que:

$$LEV > \frac{2 \times (6 + 1)}{40} \rightarrow LEV > 0,35$$

Assim, serão desconsiderados os casos que apresentam coeficientes de LEV maiores do que 0,35. O resultado do gráfico Leverage está apresentado no Apêndice E, esse gráfico não apontou observações influentes.

Segundo Pestana e Gageiro (2008), a medida SDFBETA (SDFB) considera uma observação influente quando:

$$|SDFB| > 1,96; \text{ para } n \leq 30 \quad (5.6)$$

$$|SDFB| > \frac{2}{\sqrt{n}}; \text{ para } n > 30 \quad (5.7)$$

Aplicando a fórmula 5.7, tem-se:

$$|SDFB| > \frac{2}{\sqrt{40}} \rightarrow |SDFB| > 0,32$$

A medida de SDFB também não apontou observações influentes, Apêndice E.

Ainda segundo Pestana e Gageiro (2008), a medida SDFFIT (SDF) considera uma observação influente quando:

$$SDF > 2 \times \sqrt{\frac{k+1}{n-k-1}} \quad (5.8)$$

Aplicando a fórmula 5.8 a essa pesquisa, tem-se que:

$$SDF > 2 \times \sqrt{\frac{6 + 1}{40 - 6 - 1}} \rightarrow SDR > 0,92$$

O Apêndice E apresenta o gráfico SDF, que também não apresentou observações influentes.

De acordo com a distância de Cook (COO), uma observação é influente quando:

$$COO > F(0,5; p; np) \quad (5.9)$$

Onde F é uma distribuição de probabilidade, em que p é o número de termos do modelo (incluindo a constante) e n é o número de observações. Aplicando a fórmula 5.9 para essa pesquisa, tem-se:

$$F(0,5;6;40*6) = 0,82$$

Logo, $COO > 0,82$. O resultado do gráfico Cook também não identificou observações influentes, Apêndice E.

Consultando a bases de dados, podem-se conhecer características dos casos considerados observações influentes. Os quatro casos excluídos foram empresas do setor de manufatura, de grande porte e com objetivo de eficiência operacional. O caso 21 implantou o programa no ano 2006 e afirmou executar menos do que 2 projetos por ano. O caso 23 implantou o Seis Sigma em 2003 e executa mais do que 10 projetos por ano. O caso 24 implantou o programa em 2014 e executa mais do que 10 projetos por ano. O caso 26 também implantou em 2014 e executa entre 3 e 10 projetos por ano.

Analisando esses casos influentes, pode-se perceber que o caso 21 executa poucos projetos Seis Sigma por ano, a maioria das empresas afirmou executar mais do que 10 projetos. Os casos 24 e 26 implantaram o Seis Sigma recentemente, no ano de 2014, talvez não tenha sido possível obter os retornos desejados. Sobre o caso 23, não é possível afirmar nenhuma justificativa para a influência desse caso, entretanto pode ter ocorrido erro de digitação do respondente. Esses casos foram considerados observações influentes e excluídos. Após a exclusão desses casos, o modelo de regressão foi então gerado.

5.6 Regressão linear múltipla

Para o cálculo da regressão foram utilizados os *scores fatoriais* obtidos no SPSS pelo método de Bartlett, explicado no subtópico 5.4, relacionado com os fatores obtidos na análise fatorial do Seis Sigma.

Foram realizadas duas regressões. A primeira com o objetivo de comparar os fatores de implantação do programa Seis Sigma com o fator prioridade competitiva. E a segunda com o objetivo de comparar, separadamente, as dimensões das prioridades competitivas com os fatores de implantação do programa.

5.6.1 Regressão dos Fatores de implantação com o fator prioridade

Essa regressão linear múltipla foi realizada com o objetivo de verificar a relação entre os fatores de implantação do Seis Sigma e o fator dependente que representa as prioridades competitivas. A seguir serão apresentados os resultados da regressão.

O modelo de regressão apresentou 0,034 de nível de significância, evidenciando que a equação de regressão é significativa para 10% de significância. Esse nível de significância de 0,05 é amplamente usado, apesar de pesquisadores utilizarem níveis que variam de 0,01 até 0,10 (HAIR et al., 2009).

O Coeficiente de determinação (R^2) é a medida da proporção da variação da variável dependente explicada pelas variáveis independentes. O coeficiente pode variar de 0 a 1. O pesquisador pode assumir que quanto maior o valor de R^2 , maior o poder de explicação da equação de regressão (HAIR et al., 2009).

O modelo de regressão gerado apresentou R^2 igual a 0,393. Isso quer dizer que 39,3% da variação das prioridades competitivas são explicadas pelos cinco fatores de implantação do Seis Sigma.

Ao observar separadamente a influência de cada fator de implantação do Seis Sigma com o fator prioridade competitiva, têm-se os níveis de significância para cada fator, conforme Tabela XIII.

Tabela XIII - Coeficientes do modelo

Modelo	Coeficientes		Sig.
	B	Erro Padrão	
1 (Constante)	,124	,122	,319
Coleta e disponibilização dos dados	,252	,133	,067
Infraestrutura prévia	,314	,145	,039
Estabelecimento de metas	,108	,123	,389
Uso de indicadores de desempenho	,006	,133	,966
Capacidade de mudança	,301	,125	,022
Envolvimento da alta administração	,042	,136	,757
Pensamento estatístico	-,097	,140	,492

FONTE: Adaptado do *Software SPSS*

O resultado modelo de regressão linear múltipla que mostra a relação linear entre Y (prioridade competitiva) e cada X (fatores de implantação do Seis Sigma) substituindo na equação 4.2, é dada pela equação:

$$Y = 0,124 + 0,252X_1 + 0,314X_2 + 0,108X_3 + 0,006X_4 + 0,301X_5 + 0,042X_6 - 0,097X_7 \quad (4.2)$$

Dentre os fatores analisados na regressão, pode-se afirmar que os fatores coleta e disponibilização de dados ($p\text{-value}=0,067$), infraestrutura prévia ($p\text{-value}=0,039$) e capacidade de mudança ($p\text{-value}=0,022$) são significativos a um nível de significância de 10% em relação com o fator prioridade competitiva.

O fator “Coleta e disponibilização dos dados” está relacionado com disponibilidade e confiabilidade dos dados para execução dos projetos Seis Sigma e integração com a infraestrutura de Tecnologia e Informação (TI).

Como mencionado anteriormente, segundo Pande, Neuman e Cavanagh (2000), o Seis Sigma é impulsionado pela compreensão das necessidades dos clientes, uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas. Dessa forma, é necessário que os dados sejam confiáveis e disponíveis para o efetivo funcionamento do programa.

Nesse sentido, esse fator fornece dados de entrada, permite a verificação dos processos, medição do desempenho e comparação das melhorias alcançadas, promovendo a efetiva execução do programa na organização. Sendo assim, a coleta e disponibilização dos dados permite então melhorar o as dimensões da prioridade competitiva da empresa.

De acordo com Evans e Lindsay (2005), o uso de dados e informações comparativas são práticas de organizações líderes para melhorar o desempenho global e a posição competitiva da empresa.

O segundo fator que apresentou relação com as prioridades competitivas foi o fator “Infraestrutura prévia”. Esse fator engloba a adoção prévia de programas de melhoria, a utilização de indicadores para seleção de projetos Seis Sigma, a frequência de treinamento e o uso de ferramentas da qualidade. Logo, é possível afirmar que possuir uma infraestrutura prévia está relacionado com prioridade competitiva.

Esse resultado está de acordo com estudos feitos por Antony (2002) e Zu, Fredendall e Douglas (2008), que levantaram fatores de sucesso sobre o Seis Sigma. Segundo Antony e Coronado (2002), é necessária uma infraestrutura organizacional eficaz para apoiar a implantação do Seis Sigma. E de acordo com Zu, Fredendall e Douglas (2008), o Seis Sigma adiciona práticas adicionais que potencializam as práticas tradicionais de programas já existentes e proporciona novos caminhos para melhoria da qualidade.

Isso também pode ser verificado em pesquisas feitas no Brasil por Trad, Cesar e Maximiano (2009) e Pinto, Carvalho e Ho (2006). Segundo Trad, Cesar e Maximiano (2009), iniciativas prévias de qualidade tem efeito positivo para empresa que pretende implantar o programa Seis Sigma. Iniciativas do tipo ISO 9000, TQM, SPC/SQC, Zero Defeito e Manufatura Enxuta. E conforme Pinto, Carvalho e Ho (2006), as organizações que

adotaram o Seis Sigma estavam mais familiarizadas com outros programas de qualidade, bem como na utilização de ferramentas da qualidade, confecção de documentos, dentre outras habilidades.

O terceiro fator foi “Capacidade de mudança”, que diz respeito à necessidade de adaptação da empresa ao programa Seis Sigma e, conforme apresentado anteriormente, dentre as necessidades do programa está o uso de *softwares* estatísticos para condução dos projetos Seis Sigma e a mudança organizacional. Logo, a partir do modelo de regressão, pode-se afirmar que as prioridades competitivas são afetadas positivamente pelo fator “capacidade de mudança” que representa capacidade de adaptar-se às mudanças organizacionais e ao uso de *softwares* estatísticos.

Segundo Antony e Coronado (2002), a implantação bem sucedida do Seis Sigma exige ajustes na cultura da organização e uma mudança nas atitudes de seus funcionários. Somando a isso, de acordo com Linderman et al. (2003), a implantação bem-sucedida do Seis Sigma exige não apenas conhecimento técnico, mas também uma visão comportamental. Ao lado disso, Carvalho, Ho e Pinto (2007) destacam que no Brasil a “disponibilidade dos funcionários” é uma das principais dificuldades encontradas na implantação do Seis Sigma.

Esse resultado corrobora pesquisas feitas por Powell (1995) e Jabbour et al. (2013), que buscaram relacionar a prioridade competitiva com programas de melhoria, como GQT e Manufatura Enxuta. Os resultados dessas pesquisas mostraram um relacionamento positivo entre os programas de melhoria e as dimensões das prioridades competitivas. No caso do GQT, o fator prioridade competitiva foi relacionado positivamente com os fatores organização aberta e capacitação dos funcionários. No caso da manufatura enxuta, a pesquisa realizada por Jabbour et al. (2013), avaliou a relação de fatores da manufatura enxuta com prioridades competitivas, e também encontrou relação positiva.

Sobre os fatores “Uso de indicadores de desempenho”, “Estabelecimento de metas”, “Envolvimento da alta administração” e “Pensamento Estatístico” não foi possível afirmar que esses fatores apresentam relação com o fator prioridade competitiva.

Não foram encontrados estudos que associam esses indicadores do Seis Sigma a prioridades competitivas. Entretanto, de acordo com Harry e Schroeder (2000), o uso de indicadores de desempenho deve estar presente como critério para seleção dos projetos Seis Sigma. E Montgomery e Woodall (2008) afirma que com dados confiáveis e atuais e medidas de desempenho do processo são importantes para perceber quais são as áreas de preocupação.

Halliday (2001) afirma que qualquer programa de melhoria seja bem sucedido, como o Seis Sigma, requer o comprometimento da alta administração. Como foi mencionado anteriormente, segundo Montgomery e Woodall (2008), Antony e Banuelas (2002) e Henderson e Evans (2000), o “envolvimento da alta administração” é um fator importante para garantir a execução dos projetos Seis Sigma. De acordo com Kwak e Anbari (2006), CEOs das organizações são frequentemente envolvidos no sucesso do programa, mediante o fornecimento de recursos necessários.

No que se refere ao pensamento estatístico, segundo Montgomery e Woodall (2008), uma das razões para a estrutura DMAIC funcionar efetivamente é o uso de métodos estatísticos. Antony e Banuelas (2002) afirmam ainda que métricas são necessárias para medir o desempenho e atender os requisitos dos clientes. Desse modo, as empresas que implantaram o programa devem também levar em consideração esses fatores para o efetivo uso do programa.

Esses foram os resultados apresentação da regressão linear múltipla entre o fator dependente prioridade competitiva e os fatores de implantação do programa Seis Sigma em empresas que operam no Brasil. A seguir, serão apresentados os resultados dos fatores das prioridades competitivas analisados para o conjunto de fatores de implantação do programa Seis Sigma.

5.6.2 Regressão das prioridades competitivas

O resultado da regressão com os fatores de prioridades competitivas está apresentado na Tabela XIV.

Ao analisar cada fator da prioridade competitiva com o conjunto de fatores de implantação do programa Seis Sigma, é possível fazer algumas inferências. Os comentários do resultado serão apresentados separadamente para cada fator da prioridade competitiva (confiabilidade, custos, qualidade, flexibilidade e velocidade).

Sobre o fator “confiabilidade”, é possível inferir que ele apresenta, a um nível de significância de 10%, correlação com os fatores de implantação do programa Seis Sigma. O nível de significância encontrado foi de 0,072 de significância, como mostra a Tabela XIV.

Tabela XIV – Resultado da regressão

		Coefficientes	Erro padrão	Significância
Confiabilidade	Significância do modelo			0,072
	Constante	3,38	0,143	
	Coleta e disponibilização de dados	0,427	0,155	0,01
	Infraestrutura prévia	0,144	0,169	0,401
	Estabelecimento de metas	0,049	0,144	0,738
	Uso de indicadores de desempenho	-0,148	0,156	0,353
	Mudança organizacional	0,263	0,146	0,081
	Envolvimento da alta administração	0,13	0,158	0,418
	Pensamento estatístico	-0,036	0,163	0,826
Custos	Significância do modelo			0,265
	Constante	2,921	0,14	
	Coleta e disponibilização de dados	-0,137	0,152	0,375
	Infraestrutura prévia	0,027	0,166	0,871
	Estabelecimento de metas	0,21	0,141	0,148
	Uso de indicadores de desempenho	-0,138	0,153	0,375
	Mudança organizacional	0,235	0,143	0,11
	Envolvimento da alta administração	0,123	0,155	0,435
	Pensamento estatístico	0,311	0,16	0,062
Qualidade	Significância do modelo			0,122
	Constante	4,12	0,138	
	Coleta e disponibilização de dados	-0,01	0,15	0,95
	Infraestrutura prévia	0,397	0,164	0,022
	Estabelecimento de metas	-0,182	0,139	0,202
	Uso de indicadores de desempenho	0,031	0,151	0,837
	Mudança organizacional	0,079	0,141	0,58
	Envolvimento da alta administração	-0,237	0,153	0,133
	Pensamento estatístico	-0,323	0,158	0,051
Flexibilidade	Significância do modelo			0,011
	Constante	3,95	0,115	
	Coleta e disponibilização de dados	0,209	0,125	0,106
	Infraestrutura prévia	0,321	0,137	0,026
	Estabelecimento de metas	0,267	0,116	0,029
	Uso de indicadores de desempenho	0,311	0,126	0,02
	Mudança organizacional	0,164	0,118	0,175
	Envolvimento da alta administração	-0,114	0,128	0,38
	Pensamento estatístico	-0,151	0,132	0,261
Velocidade	Significância do modelo			0,317
	Constante	3,63	0,152	
	Coleta e disponibilização de dados	0,249	0,165	0,144
	Infraestrutura prévia	0,157	0,181	0,393
	Estabelecimento de metas	0,015	0,153	0,923
	Uso de indicadores de desempenho	-0,071	0,166	0,675
	Mudança organizacional	0,252	0,155	0,115
	Envolvimento da alta administração	0,193	0,169	0,263
	Pensamento estatístico	-0,072	0,174	0,683

FONTE: Adaptado do software SPSS

Analisando, separadamente, cada fator de implantação com o fator “confiabilidade”, os fatores “coleta e disponibilização de dados” (p-value=0,01) e “mudança

cultural” (p-value=0,081), apontaram ser significativos. Os outros fatores apresentaram não apontaram ser significativos.

Sobre o fator “custos”, não se pode inferir que possui relação com os fatores de implantação do Seis Sigma, pois apresentou significância igual a 0,265. Entretanto, ao analisar separadamente o fator “custos” com os fatores de implantação, o fator “pensamento estatístico” indicou ser significativo (p-value=0,062). Os outros fatores de implantação não apontaram ser significativos.

Sobre o fator “qualidade”, não se pode inferir que possui relação com os fatores de implantação do Seis Sigma, pois apresentou significância igual a 0,122. Entretanto, ao analisar separadamente o fator “qualidade” com os fatores de implantação, os fatores “infraestrutura prévia” (p-value=0,022) e “pensamento estatístico” (p-value=0,051) indicaram serem significativos.

O fator “flexibilidade” é significativo em relação aos fatores de implantação do programa Seis Sigma, apresentando significância de 0,011. Analisando separadamente o fator “flexibilidade” com os fatores de implantação do programa Seis Sigma, pode-se inferir que “coleta e disponibilização de dados” (p-value=0,106), “infraestrutura prévia” (p-value=0,026), “estabelecimento de metas” (p-value=0,029) e “uso de indicadores de desempenho (p-value=0,20) apontaram serem significativos, com significância de 10%.

O fator “velocidade” não apontou ser significativo em relação aos fatores de implantação do programa Seis Sigma, apresentando significância de 0,317. Analisando separadamente os fatores de implantação do programa Seis Sigma em relação ao fator “velocidade”, não se pode inferir que exista relação entre algum fator de implantação do Seis Sigma.

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que os fatores “confiabilidade” (p-value= 0,072) e “flexibilidade” (p-value=0,011), são significativos a um nível de significância de 10% em relação aos fatores de implantação do Seis Sigma.

Esse resultado não corrobora com pesquisas existentes sobre a relação em entre o programa Seis Sigma e prioridades competitivas. Segundo Drohomeretski et al. (2014), as prioridades competitivas têm percentagem média mais elevada após a adoção do Seis Sigma em empresas no Brasil, após a adoção do programa os fatores velocidade, qualidade, confiabilidade e flexibilidade apresentaram percentagem de satisfação de 82% e o fator custo de 73%.

Apesar disso, esse resultado corrobora com as pesquisas de Jabbour et al. (2013) e Jabbour et al. (2012), que buscaram relacionar as dimensões das prioridades

competitivas com programas de melhoria como manufatura enxuta e gestão ambiental, respectivamente. Os resultados dessas pesquisas encontraram relação fraca entre esses programas e as dimensões das prioridades competitivas.

A seguir serão apresentadas as análises das hipóteses da homocedasticidade, da independência da normalidade das variáveis aleatórias residuais e da hipótese de multicolinearidade entre variáveis independentes. Esses testes foram feitos para verificar a adequação deste.

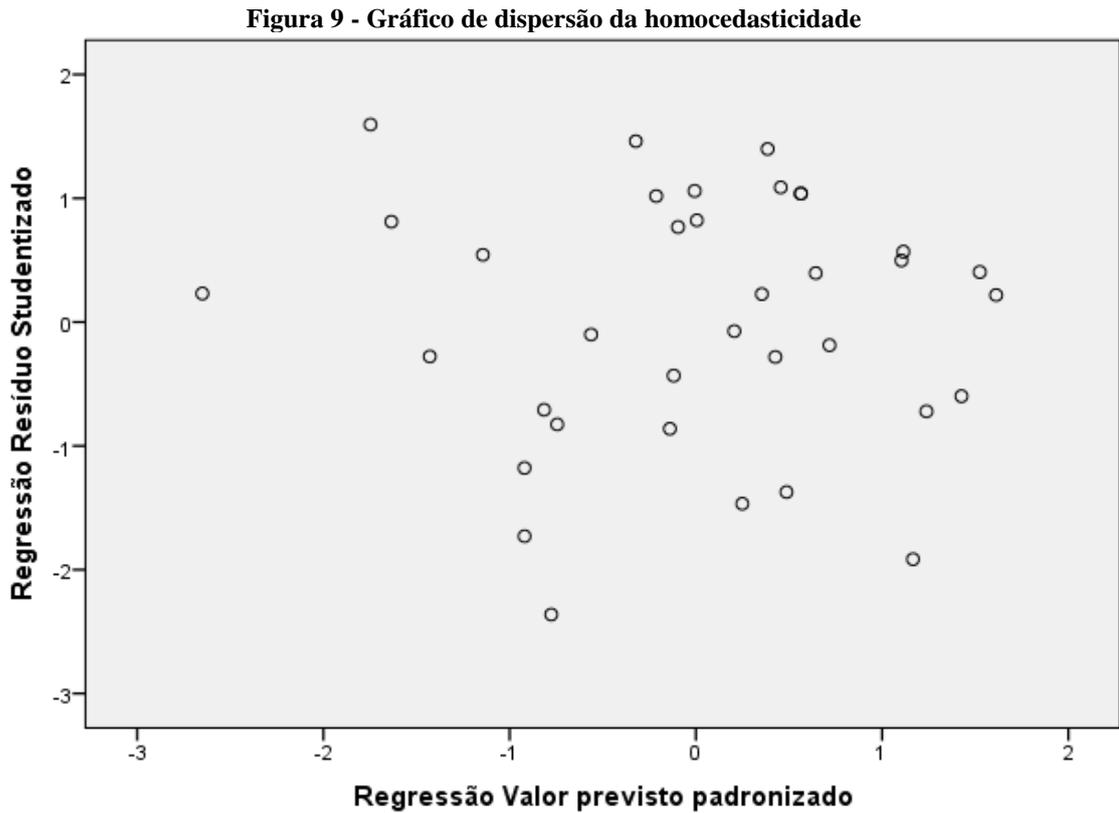
5.7 Hipóteses do modelo de regressão linear múltipla

Segundo Pestana e Gageiro (2008), deve-se analisar as hipóteses da homocedasticidade e da independência da normalidade das variáveis aleatórias residuais. Os resultados desses testes serão apresentados a seguir.

5.7.1 Homocedasticidade

Segundo Pestana e Gageiro (2008), quando existe violação desta hipótese os parâmetros estimados do modelo, embora sejam centrados, são ineficientes. A variância constante das variáveis aleatórias residuais $V(\varepsilon_i) = \sigma^2$, $i = 1, 2, \dots, n$ é designada por homocedasticidade.

Para analisar a homocedasticidade, pode-se observar a relação entre os resíduos estudantizados e os resíduos estandardizados, Figura 10.



A variância constante equivale a supor que não existem observações incluídas na variável residual, para as quais se considera existir uma influência mais intensa na variável dependente. Essa conclusão se dá, pois os resíduos não aumentam ou diminuem com os valores em torno da linha zero, que faça considerar uma causa constante da variância para cada valor de X, isto é, os valores não mostram tendência crescente ou decrescente.

Assim, os valores em torno da linha zero não permitem afirmar alguma relação com os valores estimados das prioridades competitivas, permitindo, portanto assumir a homocedasticidade e eficiência dos parâmetros do modelo.

5.7.2 Autocorrelação

A hipótese da autocorrelação também analisa a independência das variáveis aleatórias residuais. Segundo Pestana e Gageiro (2008), a análise da covariância nula ou da não autocorrelação (ρ) dos resíduos é dada pelo teste de Durbin-Watson, cujas hipóteses são:

$$\begin{cases} H_0: \rho = 0 \\ H_a: \rho \neq 0 \end{cases}$$

Onde ρ é a autocorrelação dos resíduos.

Para testar a inexistência de autocorrelação, $H_0: \rho = 0$, recorre-se às tabelas de Durbin-Watson, definida para amostras com dimensão entre 15 e 100, e com um número de

variáveis exógenas entre $k = 1$ e $k = 5$, onde dl é o valor crítico inferior e du é o valor críticos superior (PESTANA; GAGEIRO, 2008).

Ainda segundo Gageiro e Pestana (2008), a região de aceitação para a hipótese de autocorrelação está situada no intervalo: $[du; 4 - du]$. Consultando as tabelas de Durbin-Watson para um nível de significância de 0,05, para uma variável independente ($k = 3$), para du valor crítico para o teste e para $n = 36$, obtém-se:

$$\text{Região de aceitação} = [du; 4 - du] = [1,44; 4-1,44] = [1,44;2,56]$$

O valor encontrado para o teste foi aproximadamente 1,53, que pertence a região de aceitação, conclui-se então que a covariância entre os resíduos é nula.

5.7.3 Normalidade

A normalidade é testada usando o teste de K-S (Kolmogorov-Smirnov), gráficos Q-Q e Detrended Q-Q plot ou histograma dos resíduos estandardizados (PESTANA; GAGEIRO, 2008).

A Tabela XV apresenta os testes K-S com a correção de Lilliefors e o Shapiro-Wilk. Em ambos os testes, os níveis de significância são respectivamente iguais a 0,200 e 0,309. Assim, ambos os testes de aderência à distribuição normal, permitem para qualquer erro do tipo I, não rejeitar a hipótese dos resíduos seguirem uma distribuição normal, indicando a não violação da normalidade.

Tabela XV – Teste de normalidade

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	DF	Sig.	Estatística	DF	Sig.
Resíduos Estandarizados	,106	36	,200	,965	36	,309

FONTE: Adaptado do *software* SPSS

Finalizam-se assim as análises de hipóteses necessárias a regressão linear múltipla. A seguir serão apresentadas as considerações finais dessa pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

6 CONCLUSÃO

O objetivo geral dessa pesquisa foi investigar a relação entre os fatores de implantação do Seis Sigma e as prioridades competitivas em empresas que operam no Brasil. Essa análise foi realizada por meio de uma *web survey*, que coletou dados entre os meses de agosto e dezembro de 2014, obtendo retorno de 45 empresas.

Os resultados dessa pesquisa apontam para a relação parcial entre os fatores de implantação do programa Seis Sigma e as dimensões das prioridades competitivas. Em relação aos fatores de implantação, três dos sete apresentaram relação com o fator prioridade competitiva, são eles “coleta e disponibilização de dados” “infraestrutura prévia” e “capacidade de mudança”.

O fator “coleta e disponibilização de dados” possibilita a melhoria da posição competitiva da empresa, uma vez que os projetos Seis Sigma são executados utilizando dados de entrada, verificação dos processos, medição do desempenho e comparação das melhorias alcançadas. O fator “infraestrutura prévia” também está relacionado com às prioridades competitivas, mediante a adoção prévia de programas de melhoria, a utilização de indicadores para seleção de projetos Seis Sigma, a frequência de treinamento e o uso de ferramentas da qualidade. Pode-se afirmar também que o fator “capacidade de mudança” está relacionado com às prioridades competitivas, que são afetadas pela capacidade de adaptar-se às mudanças organizacionais e ao uso de *softwares* estatísticos após a implantação do programa Seis Sigma.

Ainda não foram publicados estudos que relacionaram os fatores de implantação do programa Seis Sigma com as dimensões das prioridades competitivas. Entretanto, existem estudos feitos por Swink e Jacobs (2012) e Shafer e Moeller (2012) que encontraram relação positiva entre o programa Seis Sigma e o desempenho financeiro. Evidenciando assim, a necessidade de mais investigações acerca do tema.

Além desse resultado, essa pesquisa também investigou a relação entre o conjunto de fatores de implantação do programa Seis Sigma e as dimensões das prioridades competitivas, analisadas separadamente. O resultado aponta para a relação entre as dimensões “confiabilidade” e “flexibilidade” e o conjunto de fatores de implantação.

Esse resultado diferencia do resultado encontrado por Drohomeretski et al. (2014). Segundo esses autores, as prioridades competitivas têm percentagem média mais elevada após a adoção do Seis Sigma, após a adoção do programa os fatores velocidade, qualidade, confiabilidade e flexibilidade apresentaram percentagem de satisfação de 82% e o

fator custo de 73%. A vista disso se faz necessária mais pesquisa que investiguem essa relação.

Como etapas da pesquisa, essa dissertação também apresentou os resultados das análises bibliométrica e de conteúdo sobre o Seis Sigma, análise descritiva sobre as empresas que possuem o programa implantado no Brasil e análise fatorial sobre os fatores de implantação do Seis Sigma no Brasil.

A análise descritiva permitiu conhecer o perfil das empresas que implantaram o programa Seis Sigma no Brasil. No que se refere ao setor de atuação, tamanho da empresa e objetivo da implantação do Seis Sigma em empresas que operam no Brasil, o resultado apresentado está de acordo com Andrietta e Miguel (2007) e Carvalho, Ho e Pinto (2014).

A identificação dos fatores de implantação do programa Seis Sigma no Brasil foi feita mediante uma análise fatorial. O resultado da análise fatorial apresentou sete fatores para implantação do programa Seis Sigma: “Coleta e disponibilização de dados”; “infraestrutura prévia”; “estabelecimento de metas”; “uso de indicadores de desempenho”; “capacidade de mudança”; “envolvimento da alta administração”; e “pensamento estatístico”.

Existem resultados apresentados por outros autores que concordam com os fatores encontrados. Pande, Neuman e Cavanagh (2000) apontam como um dos fatores necessários para implantação do programa “Ligação Clientes, Processos, Dados e Inovação para construir o sistema Seis Sigma”, “Divulgar resultados”, outros autores como Antony e Banuelas (2002), Hahn e Doganaksoy (2000) apontam selecionar projetos e opiniões, monitorar e projetar com confiabilidade como fatores necessários à implantação do Seis Sigma. O fator mudança organizacional está presente em pesquisas de Kwak e Anbari (2006), Antony e Banuelas (2002) e Henderson e Evans (2000), como “Mudança Cultural”.

Os resultados encontrados nessa pesquisa corroboram com a literatura existente sobre o tema. Como mencionado, na literatura já existem *surveys* que investigaram os fatores do programa Seis Sigma. Entretanto, a relação realizada entre os fatores de implantação e as prioridades competitivas no Brasil é inédita, fornecendo novas diretrizes aos pesquisadores da área e as empresas.

Ademais, com base nos resultados encontrados, essa pesquisa poderá contribuir para que empresas do Brasil que desejam adotar ou que já possuem o programa Seis Sigma possam melhorar a execução do programa obtendo vantagem competitiva. O resultado também poderá ser utilizado por empresas de treinamento em Seis Sigma para que possam entender melhor os fatores conceituais que formam esse programa e, com isso, direcionar melhor o conteúdo dos seus treinamentos.

Como limitações dessa pesquisa, tem-se o tamanho da população. Não se pode generalizar para todas as empresas que possuem o programa Seis Sigma no Brasil, pois foi feito um recorte, considerando apenas clientes de empresas de consultoria. Além disso, a amostra do resultado possui uma margem de erro de 15%, como apresentado no método de pesquisa.

Como trabalhos futuros, pode-se considerar a realização de uma pesquisa que utilize outros métodos de análise como, por exemplo, utilizando as equações estruturais, que possibilita melhor flexibilidade ao modelo. Além disso, a relação das prioridades competitivas com o programa Seis Sigma pode ser analisada separadamente para empresas de serviço e manufatura, descobrindo se os fatores competitivos influenciam igualmente os dois setores.

REFERÊNCIAS

ACKMAN, D. The 20 Most Influential Business Books. **Forbes**, 2002. Disponível em: < <http://www.forbes.com/2002/09/30/0930booksintro.html> > Acessado dia 06/11/2014

AGRANONIK, M. ; HIRAKATA, V. N. Cálculo de tamanho de amostra: proporções. **Revista HCPA**, Porto Alegre, RS, v. 31, n. 3, p. 382–388, 2011.

ALVES, A. ; PIRES, S. ; VANALLE, R. Sobre as prioridades competitivas da produção: compatibilidades e sequências de implementação. **Gestão&Produção**, São Carlos, SP, v. 2, n. 2, p. 173–180, 1995.

ANDRIETTA, J. M. ; MIGUEL, P. A. C. Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil : resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestao&Produção**, São Carlos, SP, v. 14, n. 2, p. 203–219, 2007.

ANTONY, J. Is six sigma a management fad or fact? **Assembly Automation**, Scotland, UK, v. 27, n. 1, p. 17–19, 2007.

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

ANTONY, J. ; DOUGLAS, A. ; ANTONY, F. J. Determining the essential characteristics of Six Sigma Black Belts: Results from a pilot study in UK manufacturing companies. **The TQM Magazine**, Connecticut, USA, v. 19, n. 3, p. 274–281, 2007.

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

ARUMUGAM, V. ; ANTONY, J. ; KUMAR, M. Linking learning and knowledge creation to project success in Six Sigma projects: An empirical investigation. **International Journal of Production Economics**, United Kingdom, v. 141, n. 1, p. 388–402, Jan. 2013.

ATKINSON, A. C. ; RIANI, M. ; CERIOLI, A. **Exploring multivariate data with forward research**. New York, NY: Springer, 2004.

BANUELAS, R. ; ANTONY, J. ; BRACE, M. An application of Six Sigma to reduce waste. **Quality and Reliability Engineering International**, Coventry, UK, v. 21, n. 6, p. 553–570, 2005.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1979.

BOLWIJN, P. T. ; KUMPE, T. Manufacturing in the 1990s—Productivity, flexibility and innovation. **Long Range Planning**, Eindhoven, Holanda, v. 23, n. 4, p. 44–57, Aug. 1990.

BRAUNSCHEIDEL, M. J. et al. An institutional theory perspective on Six Sigma adoption. **International Journal of Operations & Production Management**, USA, v. 31, n. 4, p. 423–451, 2011.

BREYFOGLE III, F. W. **Implementing Six Sigma**: Smarter solutions using statistical methods. 2th. New York, NY: John Wiley & Sons, 2003.

BREYFOGLE III, F. W. ; CUPELLO, J. M. ; MEADOWS, B. **Managing Six Sigma**. New York, NY: Wiley-Interscience, 2001.

CAMPOS, E. Os livros de gestão mais influentes. **Época Negócios**, 2011 . Disponível em: < <http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,ERT256752-16369,00.html> > Acessado dia 06/11/2014.

CARVALHO, M. M. De ; HO, L. L. ; PINTO, S. H. B. The Six Sigma programa: an empirical study of Brazilian companies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, São Paulo, SP, v. 25, n. 5, p. 602–630, 2014.

CARVALHO, M. M. De ; HO, L. L. ; PINTO, S. H. B. Implementação e difusão do programa Seis Sigma no Brasil. **Produção**, São Paulo, SP, v. 17, n. 3, p. 602-630 , 2007.

CAULCUTT, R. Why is Six Sigma so successful? **Journal of Applied Statistics**, Harrogate, UK, v. 28, n. 3-4, p. 301–306, Mar. 2001.

CHEN, C. CiteSpace II : Detecting and Visualizing Emerging Trends. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, Philadelphia, USA, v. 57, n. 3, p. 359–377, 2006.

CHEN, C. **The CiteSpace Manual**. Disponível em: <<http://cluster.uschool.drexel.edu/~cchen/citespace/CiteSpaceManual.pdf>>. Acesso em: 03/04/2014.

CHEN, C. ; IBEKWESANJUAN, F. ; HOU, J. The structure and dynamics of co-citation clusters: a multiple perspective co-citation analysis. **Journal of American Society for information science and technology**, Philadelphia, USA, v. 61, n. 7, p. 1386-1409, 2009.

CHEN, J. M. ; TSOU, J. C. An optimal design for process quality improvement: modeling and application. **Production Planning & Control**, Chung-Li, Taiwan, v. 14, n. 7, p. 603–612, 2003.

CHOO, A. S. ; LINDERMAN, K. W. ; SCHROEDER, R. G. Method and context perspectives on learning and knowledge creation in quality management. **Journal of Operations Management**, USA, v. 25, n. 4, p. 918–931, June 2007.

CHUANG, S. P. Assessing and improving the green performance using a compound approach. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, Taiwan, v. 26, n. 1-2, p. 69–91, 2014.

CORONADO, R. B. ; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. **The TQM Magazine**, Coventry, UK, v. 14, n. 2, p. 92–99, 2002.

DE KONING, H. ; DE MAST, J. A rational reconstruction of Six-Sigma's breakthrough cookbook. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Netherlands, v. 23, n. 7, p. 766–787, 2006.

DE MAST, J. Six Sigma and competitive advantage. **Total Quality Management & Business Excellence**, Amsterdam, Netherlands, v. 17, n. 4, p. 455–464, May 2006.

DESAI, T. N. ; SHRIVASTAVA, R. L. Six Sigma: A New Direction to Quality and Productivity Management. **Proceedings World congress on engineering and computer science**, San Francisco, USA, n. 1, p. 22-24, 2008.

DILLMAN, D. A. ; SMYTH, J. D. ; CHRISTIAN, L. M. **Internet, Mail, and Mixed-Mode Surveys: The Tailored Design Method**. 3th. New York, NY: Wiley, 2008.

DROHOMERETSKI, E. et al. Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. **International Journal of Production Research**, Curitiba, PR, v. 52, n. 3, p. 804–824, Feb. 2014.

EVANS, J. R. ; LINDSAY, W. M. **The management and control of quality**. 6th. Ohio: Thomson, 2005.

FIGUEIREDO, D. B. F. ; SILVA, J. A. J. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião pública**, Pernambuco, v. 16, n. 1, p. 160–185, 2010.

FLYNN, B. B. et al. Empirical Research Methods in Operations Management. **Journal of Operations Management**, Minnesota, USA, v. 9, n. 2, p. 250-284, 1990.

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

GALVANI, L. R. ; CARPINETTI, L. C. R. Análise comparativa da aplicação do programa Seis Sigma em processos de manufatura e serviços. **Produção**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 695–704, 2013.

GARSON, D. G. **Factor Analysis: Statnotes**. Carolina do Norte: North Carolina State University Public Administration Program, 2008.

GARVIN, D. A. Manufacturing Strategic Planning. **California Management Review**, California, USA, v. 35, n. 4, p. 85–106, July 1993.

GNIBUS, R. J. Six Sigma's missing link. **Quality Progress**, Estados Unidos, v. 33, n. 11, p. 77, 2000.

GUTIÉRREZ, L. J. G. ; TORRES, I. T. ; MOLINA, V. B. Quality management initiatives in Europe: An empirical analysis according to their structural elements. **Total Quality Management & Business Excellence**, Granada, Spain, v. 21, n. 6, p. 577–601, 2010.

- HACKMAN, J. ; WAGEMAN, R. Total quality management: empirical, conceptual, and practical issues. **Administrative Science Quarterly**, Harvard University, Estados Unidos, v. 40, n. 1, p. 309-342, 1995.
- HAHN, G. J. ; DOGANAKSOY, N. ; HOERL, R. The evolution of Six Sigma. **Quality Engineering**, New York, v. 12, n. 3, p. 317–326, 2000.
- HAIR, J. F. J. ANDERSON, R. E. TATHAM, R. L. BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- HALLIDAY, S. So what exactly is Six Sigma? **Works Management**, Estados Unidos, v. 54, n. 1, p. 1-15, 2001.
- HAMMER, M. Process Management and the future of six sigma. **MIT Sloan Management Review**, Massachusetts, v. 43, n. 2, p. 26–32, 2002.
- HARRY, M. J. Six sigma : A breakthrough strategy for profitability. **Quality Progress**, Estados Unidos, v. 31, n. 5, p. 5-60, 1998.
- HARRY, M. J. Six Sigma Leads Enterprises to Coordinate Efforts. **Quality Progress**, Estados Unidos, v. 33, n. 3, p. 70–72, 2000a.
- HARRY, M. J. Six Sigma Focuses on Improvement Rates. **Quality Progress**, Estados Unidos, v. 33, n. 6, p. 76–80, 2000b.
- HARRY, M. J. Abatement of Business Risk is Key to Six Sigma. **Quality Progress**, Estados Unidos, v. 33, n. 7, p. 72, 2000c.
- HARRY, M. J. The CEO's Guide to Six Sigma Success (Foreword). **International Journal of Applied Quality Management**, Estados Unidos, v. 2, n. 1, p. 1-24, 2004.
- HARRY, M. J. ; CRAWFORD, J. D. Six Sigma for the Little Guy. **Mechanical Engineering**, Estados Unidos, v. 126, n. 11, p. 8–10, 2004.
- HARRY, M. J. ; SCHROEDER, R. G. **Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations**. New York, NY: Currency, 2000.
- HAYES, R. H. et al. **Produção, Estratégia e Tecnologia: em busca da vantagem competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- HAYES, R. H. ; WHEELWRIGHT, S. C. **Restoring our Competitive Edge: Competing through Manufacturing**. New York, NY: Wiley, 1984.
- HENDERSON, K. M. ; EVANS, J. R. Successful implementation of Six Sigma : benchmarking General Electric Company. **Benchmarking: An International Journal**, Ohio, Estados Unidos, v. 7, n. 4, p. 260–281, 2000.
- HOERL, R. W. Six Sigma Black Belts : What Do They Need to Know ? **Journal Of Quality Technology**, Schenectady, New York, v. 33, n. 4, p. 391–406, 2001.

HOERL, R. W. ; SNEE, R. D. **Statistical Thinking: Improving Business Performance**. San Jose: Duxbury Press/Thompson Learning, 2002.

HOSS, M. ; TEN CATEN, C. S. Processo de Validação Interna de um Questionário em uma Survey Research Sobre ISO 9001:2000. **Produto & Produção**, Porto Alegre , v. 11, n. 2, p. 104–119, 2010.

HWANG, Y. D. The practices of integrating manufacturing execution systems and Six Sigma methodology. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Tainan City, Taiwan, Republic of China, v. 31, n. 1-2, p. 145–154, 2006.

JABBOUR, A. B. L. D. S. et al. Análise da relação entre manufatura enxuta e desempenho operacional de empresas do setor automotivo no Brasil. **Revista de Administração**, Bauru, São Paulo, v. 48, n. 4, p. 843–856, dez. 2013.

JABBOUR, C. J. C. et al. Environmental management in Brazil: is it a completely competitive priority ? **Journal of Cleaner Production**, Bauru, SP, v. 21, n. 1, p. 11–22, 2012.

JULIEN, D. ; HOLMSHAW, P. Six Sigma in a low volume and complex environment. **International Journal of Lean Six Sigma**, Cranfield, UK, v. 3, n. 1, p. 28–44, 2012.

KUMAR, M. et al. Common Myths of Six Sigma Demystified. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Glasgow, UK, v. 25, n. 8, p. 878–895, 2008.

KWAK, Y. H. ; ANBARI, F. T. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. **Technovation**, Washington, USA, v. 26, n. 5-6, p. 708–715, May 2006.

LEONG, G. K. ; SNYDER, D. L. ; WARD, P. T. Research in the process and content of manufacturing strategy. **Omega**, Ohio, USA, v. 18, n. 2, p. 109–122, Jan. 1990.

LINDERMAN, K. et al. Six Sigma : a goal-theoretic perspective. **Journal of Operations Management**, Minneapolis, USA, v. 21, p. 193–203, 2003.

LINDERMAN, K. ; SCHROEDER, R. G. ; CHOO, A. S. Six Sigma: The role of goals in improvement teams. **Journal of Operations Management**, Minneapolis, USA, v. 24, n. 6, p. 779–790, Dec. 2006.

MARQUES, A. L. et al. Relações entre Resistência a Mudança e Comprometimento Organizacional em Servidores Públicos de Minas Gerais. **Revista de Administração Contemporânea [on line]**, Belo Horizonte, Minas Gerais, 18, n. 2, p. 161–175, 2011.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARZAGÃO, D. S. L. et al. Fatores críticos de sucesso na implementação do programa Seis Sigma: uma revisão sistemática das pesquisas quantitativas. **Revista Produção online**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 465–498, 2014.

MCADAM, R. et al. Absorbing new knowledge in small and medium-sized enterprises: A multiple case analysis of Six Sigma. **International Small Business Journal**, United Kingdom, v. 32, n. 1, p. 81–109, Oct. 2011.

MCADAM, R. ; LAFFERTY, B. A multilevel case study critique of six sigma: statistical control or strategic change? **International Journal of Operations & Production Management**, United Kingdom, v. 24, n. 5, p. 530–549, 2004.

MERGULHÃO, R. C. ; MARTINS, R. A. Relação entre sistemas de medição de desempenho e projetos Seis Sigma: estudo de caso múltiplo. **Produção**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 342–358, 2008.

MIGUEL, P. A. C. ; ANDRIETTA, J. M. Benchmarking Six Sigma application in Brazil: Best practices in the use of the methodology. **Benchmarking: An International Journal**, Santa Catarina, v. 16, n. 1, p. 124–134, 2009.

MONTGOMERY, D. C. ; WOODALL, W. H. An Overview of Six Sigma. **International Statistical Review**, Virginia, USA, v. 76, n. 3, p. 329–346, 2008.

NASCIMENTO, R. M. OENING, A. MARCILIO, D. C. AOKI, A. R. ROCHA, E. P. SCHIOCHET, J. M. Algoritmo de Detecção e Correção de Outliers para Previsão de Carga. **Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos -SBSE**. Goiânia-GO, v.1, n.1, p.1-6, 2012.

NONTHALEERAK, P. ; HENDRY, L. Exploring the six sigma phenomenon using multiple case study evidence. **International Journal of Operations & Production Management**, United Kingdom, v. 28, n. 3, p. 279–303, 2008.

PANDE, P. S. ; HOLPP, L. **What Is Six Sigma?** New York, NY: McGrall-Hill, 2001.

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, NY: McGrall-Hill, 2000.

PANDE, P. S. ; NEUMAN, R. P. ; CAVANAGH, R. R. **The Six Sigma Way Team Fieldbook:** An Implementation Guide for Process Improvement Teams. New York, NY: McGrall-Hill, 2001.

PESTANA, M. H. ; GAGEIRO, J. N. **Análise de dados para ciências sociais:** A complementariedade do SPSS. 5. ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2008.

PHUSAVAT, K. ; KANCHANA, R. Competitive priorities for service providers: perspectives from Thailand. **Industrial Management & Data Systems**, Thailand, v. 108, n. 1, p. 5–21, Feb. 2008.

PILKINGTON, A. ; MEREDITH, J. The evolution of the intellectual structure of operations management—1980–2006: A citation/co-citation analysis. **Journal of Operations Management**, United Kingdom, v. 27, n. 3, p. 185–202, June 2009.

PINTO, S. H. B. ; CARVALHO, M. M. DE ; HO, L. L. Implementação de programas de qualidade: um survey em empresas de grande porte no Brasil. **Gestão&Produção**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 191–203, 2006.

PORTER, M. E. **Competição:** estratégias competitivas essenciais. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999.

- PORTER, M. E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- POWELL, T. C. Total Quality Management as Competitive Advantage: A review and Empirical Study. **Strategic Management Journal**, Rhode Island, USA, v. 16, n. 1, p. 15–37, 1995.
- PYZDEK, T. ; KELLER, P. **The Six Sigma Handbook: a complete guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at all levels**. 3th. New York, NY: McGrall-Hill, 2003.
- RAISINGHANI, M. S. et al. Six Sigma: concepts, tools, and applications. **Industrial Management & Data Systems**, Texas, USA, v. 105, n. 4, p. 491–505, 2005.
- REOSEKAR, R. ; POHEKAR, S. Six Sigma methodology: a structured review. **International Journal of Lean Six Sigma**, Pilani, India, v. 5, n. 4, p. 392–422, Oct. 2014.
- ROTONDARO, R. G. (Coord). **Seis Sigma: Estratégia Gerencial Para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.
- SCHROEDER, R. G. LINDERMAN, K. LIEDTKE, C. CHOO, A. S. Six Sigma: definition and underlying theory. **Journal of Operations Management**, Minnesota, USA, v. 26, n. 4, p. 536–554, July 2008.
- SHAFER, S. M. ; MOELLER, S. B. The effects of Six Sigma on corporate performance: An empirical investigation. **Journal of Operations Management**, Winston-Salem, USA, v. 30, n. 7-8, p. 521–532, Nov. 2012.
- SHOAF, C. GENAIDY, W. KARWOWSKI, W. HUANG, S. H. Improving performance and quality of working life: A model for organizational health assessment in emerging enterprises. **Human factors and ergonomics in manufacturing & service industries**, Florida, USA, v. 14, n. 1, p. 81–95, 2003.
- SINGH, A. K. ; KHANDUJA, D. Defining Quality Management in Auto Sector: A Six-sigma Perception. **Procedia Materials Science**, Kurukshetra, India, v. 5, p. 2645–2653, 2014.
- SLACK, N. ; CHAMBERS, S. ; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- SULEK, J. M. ; MARUCHECK, A. ; LIND, M. R. Measuring performance in multi-stage service operations: An application of cause selecting control charts. **Journal of Operations Management**, Greensboro, USA, v. 24, n. 5, p. 711–727, 2006.
- SWINK, M. ; JACOBS, B. W. Six Sigma adoption: Operating performance impacts and contextual drivers of success. **Journal of Operations Management**, Texas, USA, v. 30, n. 6, p. 437–453, Sept. 2012.
- TOLEDO, J. C. BORRAS, M. A. A. MERGULHÃO, R. C. MENDES, G. H. S. Programa Seis Sigma. In: MERGULHAO, R. C.. **Qualidade: Gestão e Métodos**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. p. 309–330.

TRAD, S. ; CESAR, A. ; MAXIMIANO, A. Seis Sigma : Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação. **ANPAD**, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 647-662, 2009.

WOOD, T. J. ; CURADO, I. B. ; CAMPOS, H. M. Vencendo a crise: mudança organizacional na Rhodia Farma. **Revista de Administração de Empresas**, Campinas, SP, v. 34, n. 5, p. 62–79, 1994.

ZIJLSTRA, W. P. ; VAN DER ARK, L. A. ; SIJTSMA, K. Discordancy Tests for Outlier Detection in Multi-Item Questionnaires. **Methodology: European Journal of Research Methods for the Behavioral and Social Sciences**, Tilburg University, Netherlands, v. 9, n. 2, p. 69–77, Jan. 2013.

ZU, X. ; FREDENDALL, L. D. ; DOUGLAS, T. J. The evolving theory of quality management: the role of Six Sigma. **Journal of Operations Management**, Baltimore, USA, v. 26, n. 5, p. 630–650, Sept. 2008.

APÊNDICE A – Tabela Z-Score

CASOS	ZTREIN	ZEAA	ZMC	ZAPPQ	ZBELT3	ZBELT4	ZDEFINE1	ZDEFINE2	ZDEFINE3	ZDEFINE4	ZMEASURE1	ZMEASURE2	ZMEASURE3	ZANALYSE1	ZANALYSE2
1	-0,13	1,01	0,32	1,29	-0,67	-0,42	0,88	0,75	0,88	1,10	0,57	1,04	0,29	0,77	-2,78
2	0,91	-0,08	0,32	0,28	-1,44	0,46	0,88	0,75	0,88	-0,19	0,57	0,05	1,44	0,77	1,01
3	0,91	1,01	0,32	0,28	0,86	-0,42	-0,79	-1,64	0,88	-1,49	0,57	0,05	1,44	-1,05	-0,25
4	-0,13	-1,17	1,38	1,29	-1,44	0,46	0,88	0,75	-2,46	-1,49	0,57	0,05	0,29	0,77	1,01
5	-0,13	-1,17	-0,75	1,29	-1,44	-0,42	0,88	0,75	0,88	1,10	1,62	1,04	1,44	0,77	1,01
6	0,91	-0,08	0,32	0,28	-0,67	-1,30	0,88	0,75	-0,79	-0,19	0,57	0,05	0,29	-1,05	-0,25
7	-0,13	1,01	-0,75	-0,73	0,10	-0,42	0,88	0,75	0,88	1,10	-1,51	1,04	-0,86	0,77	1,01
9	-0,13	-1,17	-0,75	0,28	-0,67	1,35	-0,79	-2,83	-0,79	-0,19	0,57	0,05	-0,86	-1,05	-0,25
10	-2,20	1,01	1,38	0,28	-0,67	-1,30	-0,79	-0,45	-0,79	-0,19	0,57	0,05	0,29	-1,05	-0,25
11	0,91	1,01	-0,75	-1,75	-1,44	1,35	0,88	0,75	0,88	-0,19	1,62	0,05	-0,86	0,77	-2,78
12	0,91	1,01	0,32	0,28	0,86	1,35	-0,79	-0,45	-0,79	-0,19	0,57	0,05	0,29	-1,05	-0,25
13	0,91	1,01	0,32	0,28	0,10	1,35	0,88	-2,83	-2,46	-0,19	-1,51	-1,93	0,29	0,77	1,01
14	0,91	-1,17	-1,81	-0,73	1,63	0,46	-0,79	0,75	0,88	-1,49	-2,55	-2,92	-2,01	0,77	-0,25
15	0,91	-1,17	0,32	0,28	1,63	-0,42	0,88	0,75	-0,79	-0,19	-0,47	-0,94	-0,86	0,77	-0,25
16	-0,13	-0,08	0,32	0,28	1,63	0,46	0,88	0,75	0,88	1,10	-0,47	-0,94	-0,86	-1,05	-0,25
18	0,91	1,01	1,38	-2,76	0,10	1,35	0,88	0,75	0,88	1,10	-0,47	0,05	-2,01	0,77	1,01
19	-0,13	-2,26	-1,81	-1,75	0,86	0,46	-0,79	0,75	0,88	-1,49	-1,51	-0,94	0,29	-1,05	1,01
20	-2,20	-0,08	-0,75	-1,75	-0,67	-1,30	0,88	0,75	-0,79	1,10	-1,51	-1,93	-2,01	0,77	1,01
21	-2,20	-2,26	-1,81	0,28	-1,44	-2,19	-0,79	0,75	-0,79	1,10	-0,47	1,04	0,29	0,77	1,01
22	0,91	1,01	0,32	1,29	0,10	0,46	-2,46	0,75	0,88	1,10	1,62	1,04	0,29	0,77	-0,25
23	0,91	-2,26	0,32	-1,75	1,63	1,35	0,88	0,75	0,88	1,10	-1,51	0,05	0,29	0,77	-2,78
24	0,91	-0,08	-1,81	-0,73	-1,44	1,35	-0,79	0,75	-0,79	1,10	0,57	-0,94	-2,01	0,77	-0,25
25	0,91	-0,08	0,32	0,28	-0,67	0,46	0,88	-0,45	-0,79	-0,19	0,57	1,04	0,29	-1,05	-0,25

CASOS	ZTREIN	ZEAA	ZMC	ZAPPQ	ZBELT3	ZBELT4	ZDEFINE1	ZDEFINE2	ZDEFINE3	ZDEFINE4	ZMEASURE1	ZMEASURE2	ZMEASURE3	ZANALYSE1	ZANALYSE2
26	-2,20	-0,08	-1,81	-0,73	-0,67	-2,19	-2,46	0,75	0,88	1,10	-1,51	-1,93	-0,86	-1,05	-0,25
27	-0,13	1,01	0,32	0,28	0,10	-0,42	-0,79	-0,45	0,88	1,10	0,57	1,04	0,29	0,77	-0,25
28	-0,13	1,01	0,32	0,28	0,10	-0,42	-0,79	-0,45	0,88	1,10	0,57	1,04	0,29	0,77	-0,25
29	-0,13	-0,08	1,38	0,28	0,10	-1,30	-0,79	0,75	0,88	1,10	0,57	1,04	0,29	0,77	1,01
30	0,91	1,01	1,38	1,29	0,86	0,46	0,88	0,75	0,88	1,10	0,57	0,05	0,29	0,77	1,01
34	0,91	-0,08	0,32	0,28	-0,67	0,46	0,88	-0,45	-0,79	-0,19	0,57	0,05	1,44	0,77	1,01
35	-0,13	1,01	0,32	1,29	-0,67	-1,30	-0,79	-1,64	-0,79	-1,49	0,57	0,05	1,44	-1,05	-0,25
36	-0,13	1,01	-1,81	-0,73	0,86	0,46	0,88	0,75	-0,79	-0,19	0,57	0,05	0,29	-1,05	-0,25
37	-0,13	1,01	1,38	1,29	0,10	1,35	0,88	0,75	0,88	-0,19	-0,47	1,04	-0,86	0,77	1,01
38	-2,20	-0,08	0,32	-0,73	-0,67	0,46	-0,79	-0,45	-0,79	-0,19	-0,47	0,05	-0,86	-2,87	-0,25
39	-0,13	-0,08	1,38	0,28	0,10	0,46	-0,79	-0,45	-0,79	-1,49	0,57	1,04	1,44	-1,05	-0,25
40	-0,13	-0,08	0,32	1,29	-0,67	-0,42	-0,79	-1,64	0,88	-1,49	-0,47	-0,94	0,29	0,77	-0,25
41	-0,13	-0,08	-0,75	0,28	0,86	-0,42	0,88	-0,45	-0,79	-1,49	-0,47	1,04	0,29	0,77	-0,25
42	-0,13	-0,08	0,32	-0,73	-0,67	0,46	-0,79	-0,45	-0,79	-0,19	-0,47	0,05	-0,86	-1,05	-0,25
43	-1,16	-1,17	0,32	0,28	1,63	-0,42	0,88	-0,45	0,88	-0,19	-0,47	-0,94	0,29	-1,05	-0,25
44	0,91	-0,08	-0,75	0,28	0,86	-0,42	0,88	-0,45	0,88	-0,19	1,62	1,04	1,44	0,77	1,01
45	-0,13	-0,08	0,32	-0,73	1,63	-1,30	-0,79	-0,45	-0,79	-1,49	-0,47	0,05	0,29	-1,05	-0,25

Continuação da Tabela do ZScore

CASOS	ZANALYSE3	ZIMPROVE1	ZIMPROVE2	ZCONTROL1	ZCONTROL2	ZCONTROL3	ZDESCON	ZDESCUS	ZDESQUA	ZDESFLE	ZDESVEL
1	0,70	1,06	-1,21	1,19	-0,75	0,78	0,76	-1,05	1,03	1,16	1,54
2	0,70	1,06	0,62	1,19	0,92	0,78	0,76	0,06	1,03	1,16	0,49
3	0,70	1,06	0,62	-0,40	-0,75	-0,78	-1,20	0,06	-0,11	0,17	-0,55
4	0,70	-0,31	0,62	-1,98	0,92	0,78	-1,20	0,06	1,03	0,17	0,49
5	0,70	1,06	1,53	1,19	0,92	0,78	1,73	0,06	-1,26	1,16	-0,55
6	-0,57	-0,31	-0,30	-0,40	-0,75	-0,78	0,76	0,06	-0,11	-0,82	-0,55
7	0,70	1,06	-2,12	-0,40	0,92	0,78	0,76	0,06	-1,26	-0,82	-0,55
9	0,70	-0,31	-1,21	-0,40	-2,43	-0,78	-1,20	-1,05	-1,26	0,17	-2,63
10	-1,85	-0,31	0,62	-0,40	-0,75	-0,78	0,76	-1,05	-0,11	0,17	0,49
11	0,70	-0,31	0,62	-0,40	0,92	-2,34	0,76	0,06	1,03	1,16	0,49
12	-0,57	-0,31	-0,30	-0,40	-0,75	-0,78	0,76	2,27	-0,11	0,17	0,49
13	0,70	1,06	0,62	1,19	0,92	0,78	0,76	1,16	-0,11	0,17	0,49
14	0,70	-0,31	-1,21	-0,40	-0,75	-0,78	0,76	-1,05	1,03	0,17	0,49
15	-0,57	-1,67	-0,30	-1,98	0,92	0,78	-0,22	0,06	1,03	0,17	0,49
16	-0,57	-0,31	-0,30	-0,40	-0,75	0,78	0,76	0,06	-0,11	-0,82	-0,55
18	0,70	-1,67	-0,30	1,19	0,92	0,78	0,76	0,06	-1,26	-0,82	-0,55
19	0,70	-0,31	-1,21	-0,40	-0,75	-0,78	0,76	1,16	1,03	-0,82	0,49
20	0,70	1,06	0,62	-0,40	0,92	0,78	-1,20	-1,05	1,03	1,16	1,54
21	0,70	-0,31	-2,12	1,19	0,92	0,78	1,73	2,27	1,03	1,16	1,54
22	0,70	1,06	-0,30	1,19	0,92	0,78	0,76	-1,05	-1,26	1,16	0,49
23	0,70	-0,31	0,62	-0,40	0,92	0,78	-1,20	-1,05	-0,11	-1,81	-1,59
24	0,70	-3,03	-0,30	-0,40	0,92	0,78	-1,20	1,16	-1,26	-1,81	-1,59
25	0,70	1,06	0,62	1,19	0,92	0,78	0,76	1,16	-0,11	0,17	0,49

Continuação da Tabela do ZScore

CASOS	ZANALYSE3	ZIMPROVE1	ZIMPROVE2	ZCONTROL1	ZCONTROL2	ZCONTROL3	ZDESCON	ZDESCUS	ZDESQUA	ZDESFLE	ZDESVEL
26	0,70	-1,67	-1,21	-1,98	-0,75	0,78	-2,17	-1,05	-1,26	-2,80	-0,55
27	0,70	-0,31	0,62	-0,40	-0,75	0,78	0,76	1,16	-0,11	0,17	1,54
28	0,70	-0,31	0,62	-0,40	-0,75	0,78	0,76	1,16	-0,11	0,17	1,54
29	0,70	1,06	0,62	-0,40	0,92	-0,78	-0,22	1,16	-0,11	1,16	-0,55
30	-1,85	-0,31	1,53	1,19	0,92	0,78	0,76	-1,05	-2,41	0,17	-0,55
34	0,70	-0,31	1,53	1,19	0,92	-0,78	-0,22	1,16	1,03	1,16	0,49
35	-0,57	1,06	-0,30	-0,40	-0,75	-2,34	-1,20	0,06	-0,11	0,17	0,49
36	-0,57	-1,67	0,62	-1,98	-0,75	-0,78	0,76	-1,05	1,03	-0,82	0,49
37	0,70	1,06	1,53	1,19	0,92	0,78	0,76	0,06	1,03	1,16	0,49
38	-1,85	-0,31	-1,21	-0,40	-2,43	-2,34	-1,20	0,06	-1,26	-0,82	-0,55
39	-0,57	1,06	0,62	-0,40	-0,75	-0,78	-1,20	0,06	-1,26	0,17	-0,55
40	-1,85	-0,31	0,62	1,19	0,92	0,78	-1,20	-2,16	1,03	0,17	-1,59
41	-1,85	1,06	-1,21	-0,40	-0,75	0,78	-1,20	-1,05	1,03	-1,81	-1,59
42	-0,57	-0,31	-0,30	1,19	-0,75	-0,78	-1,20	0,06	-0,11	-0,82	-0,55
43	-1,85	-0,31	-0,30	-0,40	-0,75	-0,78	-0,22	-1,05	1,03	0,17	-0,55
44	0,70	1,06	1,53	1,19	0,92	0,78	-0,22	0,06	1,03	1,16	1,54
45	-1,85	-0,31	-1,21	-0,40	-0,75	-0,78	-0,22	0,06	-1,26	-0,82	-0,55

APÊNDICE B – Distância de Mahalanobis

Distância de Mahalanobis			
Casos	Valores	Casos	Valores
1	28,23	21	31,80
2	18,42	22	18,94
3	14,39	23	21,54
4	27,49	24	23,82
5	15,33	25	11,60
6	21,56	26	11,60
7	27,63	27	19,28
8	27,55	28	16,64
9	12,60	29	15,30
10	28,99	30	14,24
11	9,48	31	22,73
12	28,11	32	27,59
13	27,25	33	17,28
14	16,90	34	10,93
15	14,12	35	26,38
16	28,27	36	23,80
17	18,51	37	11,49
18	28,16	38	17,65
19	26,97	39	17,51
20	25,27	40	13,65

APÊNDICE C – Correlação das variáveis

Variáveis	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21
Q1	1,00	0,16	0,16	0,06	0,26	0,56	0,29	-0,03	0,16	-0,13	0,29	0,11	0,17	0,34	-0,10	0,26	0,07	0,32	0,24	0,34	0,14
Q2	0,16	1,00	0,35	0,17	-0,02	0,09	-0,02	-0,14	0,07	0,13	0,30	0,22	-0,01	0,01	-0,06	-0,11	0,13	0,23	0,14	-0,02	-0,03
Q3	0,16	0,35	1,00	0,35	0,08	0,13	0,17	-0,14	-0,05	-0,04	0,26	0,34	0,25	0,00	0,05	-0,27	0,29	0,43	0,22	0,11	0,03
Q4	0,06	0,17	0,35	1,00	-0,06	-0,18	-0,03	-0,21	-0,07	-0,11	0,42	0,35	0,52	0,11	0,14	-0,20	0,37	0,24	0,24	0,04	0,26
Q5	0,26	-0,02	0,08	-0,06	1,00	0,02	0,06	-0,07	0,19	-0,25	-0,31	-0,17	0,07	-0,14	-0,07	-0,33	-0,03	-0,07	-0,21	-0,19	-0,06
Q6	0,56	0,09	0,13	-0,18	0,02	1,00	0,24	-0,12	-0,04	-0,05	0,07	-0,06	-0,22	0,07	-0,16	0,20	-0,09	0,24	0,16	0,07	-0,07
Q7	0,29	-0,02	0,17	-0,03	0,06	0,24	1,00	0,18	-0,04	0,06	0,06	0,10	0,06	0,32	0,06	0,05	0,22	0,36	0,15	0,39	0,25
Q8	-0,03	-0,14	-0,14	-0,21	-0,07	-0,12	0,18	1,00	0,32	0,39	-0,04	0,04	-0,25	0,28	-0,01	0,20	-0,20	-0,05	-0,15	0,36	0,17
Q9	0,16	0,07	-0,05	-0,07	0,19	-0,04	-0,04	0,32	1,00	0,33	0,09	0,15	0,08	0,27	-0,11	0,24	0,15	0,15	0,27	0,14	0,14
Q10	-0,13	0,13	-0,04	-0,11	-0,25	-0,05	0,06	0,39	0,33	1,00	0,11	0,17	-0,25	0,34	-0,01	0,39	-0,11	0,07	0,18	0,30	0,43
Q11	0,29	0,30	0,26	0,42	-0,31	0,07	0,06	-0,04	0,09	0,11	1,00	0,65	0,52	0,08	-0,05	0,08	0,18	0,50	0,23	0,13	-0,04
Q12	0,11	0,22	0,34	0,35	-0,17	-0,06	0,10	0,04	0,15	0,17	0,65	1,00	0,52	0,12	0,01	0,07	0,42	0,19	0,33	0,10	0,11
Q13	0,17	-0,01	0,25	0,52	0,07	-0,22	0,06	-0,25	0,08	-0,25	0,52	0,52	1,00	-0,04	0,08	-0,09	0,51	0,39	0,23	0,05	0,05
Q14	0,34	0,01	0,00	0,11	-0,14	0,07	0,32	0,28	0,27	0,34	0,08	0,12	-0,04	1,00	0,14	0,47	0,18	0,30	0,31	0,75	0,65
Q15	-0,10	-0,06	0,05	0,14	-0,07	-0,16	0,06	-0,01	-0,11	-0,01	-0,05	0,01	0,08	0,14	1,00	0,10	0,19	0,16	0,21	0,29	0,30
Q16	0,26	-0,11	-0,27	-0,20	-0,33	0,20	0,05	0,20	0,24	0,39	0,08	0,07	-0,09	0,47	0,10	1,00	0,18	0,14	0,14	0,39	0,35
Q17	0,07	0,13	0,29	0,37	-0,03	-0,09	0,22	-0,20	0,15	-0,11	0,18	0,42	0,51	0,18	0,19	0,18	1,00	0,26	0,49	0,17	0,12
Q18	0,32	0,23	0,43	0,24	-0,07	0,24	0,36	-0,05	0,15	0,07	0,50	0,19	0,39	0,30	0,16	0,14	0,26	1,00	0,26	0,45	0,21
Q19	0,24	0,14	0,22	0,24	-0,21	0,16	0,15	-0,15	0,27	0,18	0,23	0,33	0,23	0,31	0,21	0,14	0,49	0,26	1,00	0,37	0,31
Q20	0,34	-0,02	0,11	0,04	-0,19	0,07	0,39	0,36	0,14	0,30	0,13	0,10	0,05	0,75	0,29	0,39	0,17	0,45	0,37	1,00	0,58
Q21	0,14	-0,03	0,03	0,26	-0,06	-0,07	0,25	0,17	0,14	0,43	-0,04	0,11	0,05	0,65	0,30	0,35	0,12	0,21	0,31	0,58	1,00

APÊNDICE D - Variáveis de implantação do Seis Sigma explorados

Sigla	Descrição das questões
Envolvimento da alta administração	
Q2	Envolvimento da alta administração
Q18	Não existem barreiras para implantar melhorias identificadas nos projetos Seis Sigma
Mudança organizacional	
Q3	Mudança Organizacional
Adoção de programas prévios de melhoria	
Q4	Adoção de programas prévios de melhoria
Sistema <i>belt</i>	
Q1	A frequência de treinamento da nossa empresa é suficiente
Q5	Abrangência do treinamento na empresa
Q6	Recompensa dos <i>Belts</i>
Método DMAIC	
Q7	Utilização de indicadores para selecionar projetos Seis Sigma
Q8	Estabelecimento numérico da meta no início do projeto
Q9	Mapeamento dos processos a serem melhorados
Q10	Definição clara dos ganhos financeiros
Q11	Disponibilidade de dados para o desenvolvimento dos projetos Seis Sigma
Q12	Os dados utilizados para os projetos Seis Sigma sempre são confiáveis
Q13	Integração entre Seis Sigma e infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI)
Q14	Uso de ferramentas da qualidade
Q15	Uso de métodos estatísticos
Q16	Uso de <i>softwares</i> de apoio para condução dos projetos Seis Sigma
Q17	Avaliação das soluções antes de implantação
Q18	Não existem barreiras para implantar melhorias identificadas nos projetos Seis Sigma
Q19	Utilização de controles para sustentar as melhorias alcançadas
Q20	Divulgação do resultado financeiro
Q21	Divulgação das melhorias obtidas

FONTE: Elaboração própria

APÊNDICE E – Testes das hipóteses

CASOS	ZRE	SER	SDR	Leverage	Cook	SDFB_Fator1	SDFB_Fator 2	SDFB_Fator 3	SDFB_Fator 4	SDFB_Fator 5	SDFB_Prioridades	DfFIT
1	0,71	0,75	0,75	0,10	0,01	0,02	0,02	-0,01	0,01	0,02	0,00	0,09
2	0,38	0,40	0,40	0,06	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03
3	-	-	-	0,15	0,02	-0,02	0,04	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,14
4	0,05	0,05	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	-	-	-	0,11	0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,08
6	0,03	0,03	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	-	-	-	0,10	0,02	-0,02	-0,03	0,01	0,02	-0,01	-0,01	-0,10
9	1,61	1,76	1,82	0,14	0,10	-0,04	0,06	0,07	-0,01	-0,01	-0,05	-0,29
10	0,90	0,99	0,99	0,16	0,04	0,03	0,00	-0,02	0,01	-0,01	-0,06	0,19
11	0,95	1,09	1,10	0,21	0,06	0,03	-0,02	0,04	0,03	-0,06	0,04	0,28
12	1,19	1,23	1,24	0,04	0,02	0,03	-0,03	-0,01	0,02	-0,02	0,00	0,08
13	0,44	0,54	0,53	0,31	0,02	0,02	-0,02	0,02	-0,03	0,03	0,01	0,21
14	1,10	1,33	1,35	0,29	0,14	0,04	-0,04	0,01	-0,10	-0,01	0,06	0,48
15	0,82	0,89	0,89	0,12	0,02	0,02	0,01	0,03	-0,02	-0,03	-0,02	0,13
16	0,18	0,18	0,18	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,02
18	-	-	-	0,13	0,01	-0,01	-0,02	-0,02	0,01	0,02	0,00	-0,09
19	1,13	1,23	1,24	0,14	0,05	0,03	-0,04	-0,02	-0,03	-0,02	0,05	0,21
20	0,92	1,03	1,03	0,18	0,04	0,03	0,04	0,00	-0,06	0,00	-0,01	0,21

