

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA
EM SISTEMAS PRODUTIVOS

SERGIO TENORIO DOS SANTOS NETO

A CAPACITAÇÃO DOS GREEN BELTS NA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA

UM MAPEAMENTO DOS CURSOS DE CAPACITAÇÃO
NA REGIÃO DO VALE DO PARAÍBA

São Paulo
Abril, 2017

SERGIO TENORIO DOS SANTOS NETO

A CAPACITAÇÃO DOS GREEN BELTS NA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA

UM MAPEAMENTO DOS CURSOS DE CAPACITAÇÃO
NA REGIÃO DO VALE DO PARAÍBA

Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, sob a orientação da Profa. Dra. Marília Macorin de Azevedo

São Paulo
Abril, 2017

Santos Neto, Sergio Tenorio dos
S237c A capacitação dos *Green Belts* na metodologia *Lean Six Sigma*
um mapeamento dos cursos de capacitação na região do Vale do
Paraíba / Sergio Tenorio dos Santos Neto. – São Paulo : CEETEPS,
2017.
106 f. : il.

Orientadora: Profª. Dra. Marília Macorin de Azevedo
Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em
Sistemas Produtivos) – Centro Estadual de Educação Tecnológica
Paula Souza, 2017.

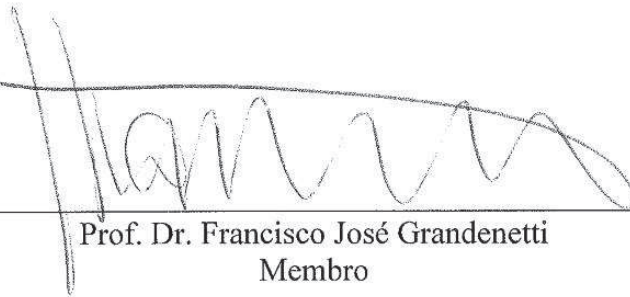
1. Lean. 2. Six Sigma. 3. Certificação. 4. Green Belt. 5.
Treinamento. 6. Sistemas Produtivos. I. Azevedo, Marília Macorin
de. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III.
Título.

SÉRGIO TENÓRIO DOS SANTOS NETO

A CAPACITAÇÃO DOS *GREEN BELTS* NA METODOLOGIA *LEAN SIX SIGMA*:
UM MAPEAMENTO DOS CURSOS DE CAPACITAÇÃO NA REGIÃO DO VALE
DO PARAÍBA



Prof. Dra. Marília Macorin de Azevedo
Orientadora



Prof. Dr. Francisco José Grandenetti
Membro



Prof. Dr. José Manoel Souza das Neves
Membro

São Paulo, 27 de abril de 2017

RESUMO

SANTOS NETO, S. T., **A capacitação dos *Green Belts* na metodologia *Lean Six Sigma*: Um mapeamento dos cursos de capacitação na região do Vale do Paraíba**. 103 folhas. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2017.

O presente trabalho tem por objetivo analisar como estão estruturados os cursos para formação de *Green Belts* em empresas de treinamento e instituições de ensino da região do Vale do Paraíba, mapeando estes cursos, identificando suas características e conteúdos curriculares, mapeando o processo de certificação *Green Belt*, identificando uma certificadora reconhecida mundialmente, e comparando os conteúdos exigidos por esta certificadora com os conteúdos atualmente praticados pelas empresas de treinamento e instituições de ensino da região. A metodologia utilizada foi uma pesquisa quali-quantitativa, por meio de um estudo exploratório e comparativo. O trabalho apresenta um estudo bibliométrico sobre o tema *Six Sigma*, demonstrando a evolução da produção bibliográfica no período de 1990 a 2015. Na revisão bibliográfica são abordados os conceitos *Lean* e *Six Sigma*, a integração destas duas metodologias, a capacitação dos profissionais envolvidos com o tema, e os processos de certificação e acreditação. O trabalho disserta ainda sobre os principais padrões de certificação internacional encontrados no mercado, sugerindo a utilização de um destes padrões como base para avaliação dos conteúdos curriculares dos cursos ofertados na região do Vale do Paraíba, sendo reportadas também algumas informações sobre a estrutura destes cursos, como por exemplo, as cargas horárias e exigências para certificação. Nos resultados o trabalho discorre sobre a análise da aderência dos cursos identificados em relação ao padrão de certificação internacional proposto, demonstrando como é o processo de formação dos *Green Belts* na região do Vale do Paraíba.

Palavras-chave: *Lean*, *Six Sigma*, Certificação, *Green Belt*, Treinamento, Sistemas Produtivos

ABSTRACT

SANTOS NETO, S. T., The Green Belts training in the **Lean Six Sigma methodology: A mapping of the training courses in the Vale do Paraíba Region**. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2017.

This study aims to demonstrate how the Lean Six Sigma Green Belt courses are structured in Vale do Paraíba region, mapping the courses offered at training companies and educational institutions, identifying their characteristics and curriculum contents, identifying an international certifier recognized worldwide, and comparing the contents required by this certifier, with the contents used by the training companies and educational institutions selected in the region. The methodology used was a quali-quantitative research through an exploratory and comparative study. The study presents a bibliometric study on the Six Sigma theme, demonstrating the evolution of bibliographic production from 1990 until 2015. The bibliography reviewed the Lean and Six Sigma concepts, detailing the integration of these two methodologies, the qualification of the professionals involved with the methodologies, and the certification and accreditation processes. The paper also discuss the main international certification standards found in the market, suggesting the use of one of these standards as a basis for evaluating the curricular contents of the courses offered in Vale do Paraíba region. Some information about the structure of these courses is also reported, such as workload and certification requirements. The results discusses and analyzes the adherence of the courses, comparing the curricular contents with the international certification, proposed in this study, identifying how is Green Belt training process in Vale do Paraíba region.

Keywords: *Lean, Six Sigma, Certification, Green Belt, Training, Productive Systems*

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - 10 artigos mais citados de 2010 a 2015 sobre o tema <i>Six Sigma</i>	20
Quadro 2 - Pesquisa Bibliométrica com a frase <i>Green Belt Certification</i>	23
Quadro 3 - Pesquisa Bibliométrica com a frase <i>Six Sigma Certification</i>	23
Quadro 4 - Mapeamento de Autores.....	25
Quadro 5 - Mapeamento Complementar dos Autores.....	28
Quadro 6 - Práticas Essenciais <i>Six Sigma</i>	36
Quadro 7 - Método DMAIC	47
Quadro 8 - Personagens <i>Six Sigma</i>	58
Quadro 9 - Exemplo da estrutura de patrocinadores. Empresa Fictícia	58
Quadro 10 - Especialistas <i>Six Sigma</i>	59
Quadro 11 – Organizações Certificadoras.....	81
Quadro 12 – Detalhamento das Respostas Obtidas no Grupo 1 de Questões	85
Quadro 13 – Detalhamento das Respostas Obtidas na Dimensão II	87
Quadro 14 – Detalhamento das Respostas Obtidas na Dimensão III	88
Quadro 15 – Detalhamento das Respostas Obtidas na Dimensão IV.....	89
Quadro 16 – Detalhamento das Respostas Obtidas na Dimensão V.....	90
Quadro 17 – Detalhamento das Respostas Obtidas na Dimensão VI.....	91
Quadro 18 – Detalhamento das Respostas Obtidas na Dimensão VII.....	92
Quadro 19 – Consolidação das Respostas Dimensões de II a VII (Padrão ASQ)	95

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Artigos Produzidos sobre o tema <i>Six Sigma</i> entre 1990 e 1999.....	12
Gráfico 2 - Artigos Produzidos sobre o tema <i>Six Sigma</i> entre 2000 e 2009.....	13
Gráfico 3 - Artigos Produzidos sobre o tema <i>Six Sigma</i> entre 2010 e 2015.....	13
Gráfico 4 - Número de Artigos por Tema entre 2010 e 2015.....	14
Gráfico 5 - Periódicos com maior número de citações.....	21
Gráfico 6 - Número de Artigos por Citações.....	21
Gráfico 7 - Número de Artigos por Periódico.....	22
Gráfico 8 - Perfil das Empresas Seleccionadas para pesquisa.....	82
Gráfico 9 - Relação entre Carga Horária e Pontuação.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização das Empresas de Treinamento e Instituições de Ensino.....	83
Tabela 2 – Dados dos Questionários Respondidos.....	84
Tabela 3 – Dados das Respostas Obtidas na Dimensão I.....	85
Tabela 4 – Dados Consolidados das Respostas Obtidas no Grupo 2 de Questões.....	86
Tabela 5 – Dados das Respostas Obtidas no Grupo 2 de Questões.....	87
Tabela 6 – Dados Detalhados das Respostas Obtidas na Dimensão III.....	87
Tabela 7 – Dados Detalhados das Respostas Obtidas na Dimensão IV.....	89
Tabela 8 – Dados Detalhados das Respostas Obtidas na Dimensão V.....	90
Tabela 9 – Dados Detalhados das Respostas Obtidas na Dimensão VI.....	91
Tabela 10 - Dados Detalhados das Respostas Obtidas na Dimensão VII.....	92
Tabela 11 – Detalhamento das Pontuações e Cargas Horárias.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conceito de Tendência Central.....	41
Figura 2 - Conceito de Variabilidade	41
Figura 3 - Distribuição Normal	42
Figura 4 - Conceito de Exatidão	43
Figura 5 - Conceito de Precisão.....	43
Figura 6 - Integração das Metodologias	55
Figura 7 - Tela Harzing Publisher	74
Figura 8 - Imagem do Grupo de Perguntas 1 – Dimensão I.....	75
Figura 9 - Imagem do Grupo de Perguntas 2 – Dimensão II	77
Figura 10 - Imagem do Grupo de Perguntas 2 – Dimensão III	77
Figura 11 - Imagem do Grupo de Perguntas 2 – Dimensão IV	78
Figura 12 - Imagem do Grupo de Perguntas 2 – Dimensão V	78
Figura 13 - Imagem do Grupo de Perguntas 2 – Dimensão VI	79
Figura 14 - Imagem do Grupo de Perguntas 2 – Dimensão VII	79
Figura 15 - Localização das Empresas de Treinamento e Instituição de Ensino	83

LISTA DE SIGLAS

ASQ	American Society for Quality
BQF	British Quality Foundation
CEO	Chief Executive Officer
GE	General Electric
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETO	Instituto Nacional de Metrologia
IAF	International Accreditation Forum
IQF	International Quality Federation
MTBF	Mean Time Between Failure
MTTR	Mean Time to Repair
OEE	Overall Equipment Effectiveness
Ph.D.	Philosophy Doctor
TQM	Total Quality Management
TPM	Total Productivity Maintenance
TPS	Toyota Production System

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
Justificativa	14
Questão de pesquisa	17
Objetivo.....	17
Objetivo Geral	17
Objetivos Específicos	17
Estrutura do Trabalho	18
1 FUNDAMENTAÇÃO.....	19
1.1 Estudo Bibliométrico sobre o tema <i>Six Sigma</i>	19
1.2 Mapeamento dos Autores.....	24
1.3 <i>Lean</i>	30
1.4 <i>Six Sigma</i>	36
1.5 DMAIC	46
1.6 <i>Total Quality Management</i>	49
1.7 <i>Total Productive Maintenance</i>	50
1.8 A Integração <i>Lean</i> e <i>Six Sigma</i>	53
1.9 Capacitação <i>Lean Six Sigma</i>	57
1.10 Processos de Certificação	62
1.11 Processos de Acreditação	68
2. METODOLOGIA.....	72
3. PROCEDIMENTOS DA PESQUISA	73
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	81
4.1. Dimensão I.....	84
4.2. Dimensões de II a VII.....	86
4.2.1. Dimensão II	86
4.2.2. Dimensão III	87
4.2.3. Dimensão IV.....	88
4.2.4. Dimensão V.....	90
4.2.5. Dimensão VI.....	91
4.2.6. Dimensão VII.....	92
4.3. Análise das Cargas Horárias dos Cursos	93
4.4. Consolidação das Respostas nas Dimensões	94
CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
REFERÊNCIAS.....	100
APÊNDICE A. Questionário para Coleta de Dados e Medição da Aderência	106

INTRODUÇÃO

Na década de 1970 uma empresa japonesa assumiu uma fábrica da Motorola que fabricava aparelhos de televisão nos Estados Unidos, iniciando prontamente um processo de mudanças. Com a administração japonesa, a fábrica passou a produzir aparelhos com um índice de 1/20 de defeitos, reduzindo custos e melhorando seu desempenho. Este resultado foi alcançado usando a mesma força de trabalho, tecnologia e projetos utilizados anteriormente pela Motorola, deixando claro que o problema estava relacionado com o processo de gestão da Motorola (PYZDEK; KELLER, 2010).

Em meados dos anos 1980, Bob Galvin, CEO da Motorola, tomando como base a experiência vivida com a gestão japonesa, iniciou um trabalho para levar a empresa para um novo nível de qualidade. Utilizando ferramentas conhecidas de qualidade e novos conceitos de gestão, desenvolveu uma nova metodologia que chamou de *Six Sigma*. Com o *Six Sigma*, a Motorola tornou-se conhecida como líder de qualidade e um líder de lucros (PYZDEK; KELLER, 2010).

Por meio de estudos bibliométricos realizados pelo autor desta pesquisa, utilizando-se a palavra *Six Sigma* como chave nos títulos dos artigos, observou-se que entre 1980 e 1989 não foram produzidos artigos acadêmicos cujo tema principal estivesse ligado à metodologia *Six Sigma*. Todavia, foram identificadas 214 citações de publicações do período. Destas citações, 175 referenciavam o livro “The Nature of *Six Sigma* Quality”, de Mikel J. Harry, publicado pela editora Motorola University Press em 1988, e 85 referenciavam o livro “*Six Sigma* Mechanical Design Tolerancing”, de Mikel J. Harry e Reigle Stewart, publicado pela Motorola Inc. em 1988.

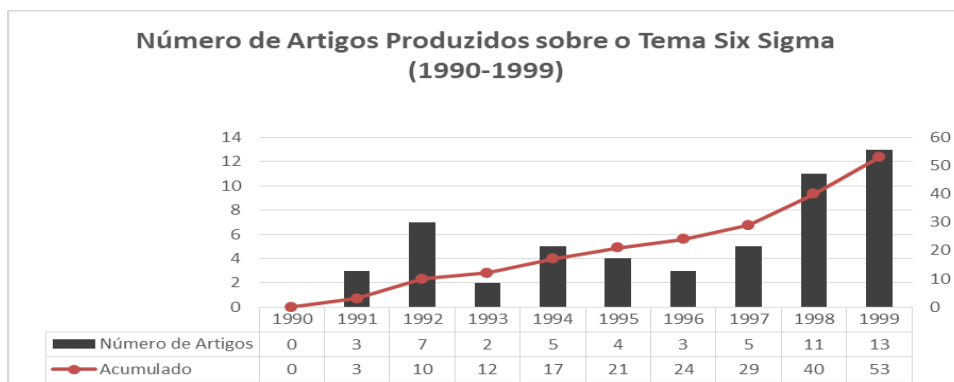
O Dr. Mikel J. Harry é Ph.D. pela Universidade do Arizona e foi amplamente reconhecido e citado em muitas publicações como o principal arquiteto da metodologia *Six Sigma*, sendo reconhecido como uma das principais autoridades do assunto no Mundo (QUALITY DIGEST LIVE, 2011).

Segundo Pyzdek (2010), na década de 1990, empresas como a General Electric e a AlliedSignal assumiram a bandeira *Six Sigma*, ajudando a difundir a metodologia. Desde então, a metodologia *Six Sigma* vem sendo consolidada como uma abordagem abrangente, que permite a implementação de estratégias que auxiliam as organizações na promoção da melhoria de seus desempenhos, aumentando o potencial competitivo e impulsionando as ações estratégicas e gerenciais (SANTOS; MARTINS, 2008).

Segundo Santos (2006), em função dos resultados divulgados pela GE ainda no início da década de 1990, a metodologia *Six Sigma* ganhou muita visibilidade no meio organizacional. Ainda segundo Santos (2006), pesquisas acadêmicas sobre o tema passaram a ser produzidas em decorrência da imagem de sucesso de corporações respeitadas mundialmente. A autora cita ainda que os primeiros artigos foram descritivos e direcionados para divulgar a implantação da metodologia pela Motorola, descrevendo esta como uma iniciativa criada para vencer a competitividade e atender as necessidades do mercado. Os primeiros artigos científicos para tentar explicar o *Six Sigma* como um assunto de maior interesse da comunidade acadêmica foram publicados no final da década de 1990. (SANTOS, 2006, p. 40).

Os estudos bibliométricos realizados pelo autor desta pesquisa identificaram que entre 1990 e 1999 foram escritos 53 artigos sobre o tema *Six Sigma*. No gráfico 1 pode ser observada a distribuição da produção bibliográfica durante os anos citados. Observa-se no gráfico que na década de 1990 o pico da produção bibliográfica aconteceu no ano de 1999 com a elaboração de 13 artigos.

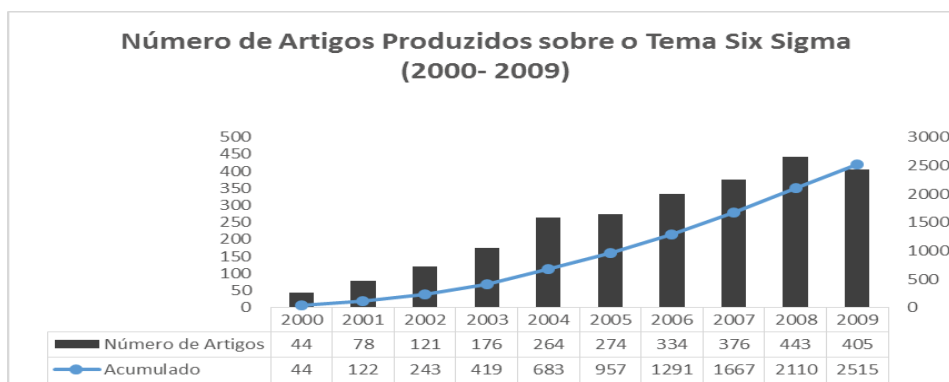
Gráfico 1 - Artigos Produzidos sobre o tema *Six Sigma* entre 1990 e 1999



Fonte: Harzings Publish Software / junho de 2015

Entre 2000 e 2009, observa-se por meio dos estudos Bibliométricos realizados pelo autor desta pesquisa, que 2515 artigos foram produzidos, havendo um crescimento ano a ano, com uma pequena queda no ano de 2009, conforme ilustrado no gráfico 2.

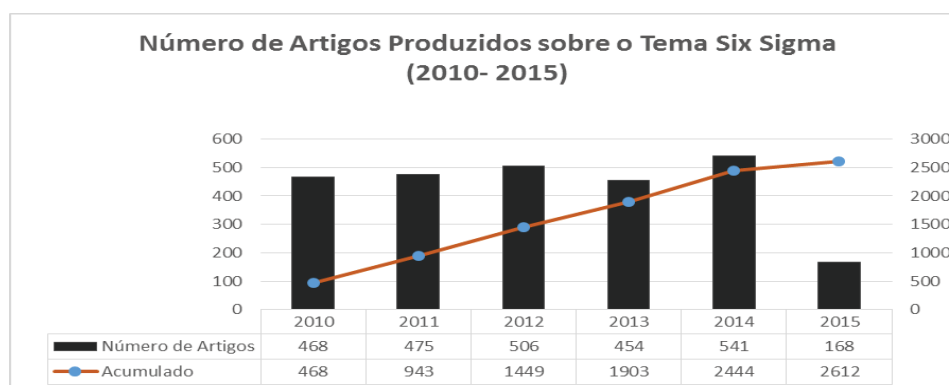
Gráfico 2 - Artigos Produzidos sobre o tema *Six Sigma* entre 2000 e 2009



Fonte: Harzings Publish Software / junho de 2015

No período de 2010 a 2015, os estudos bibliométricos identificaram 2612 artigos produzidos, conforme ilustrado no gráfico 3, indicando que continua o interesse pelo tema.

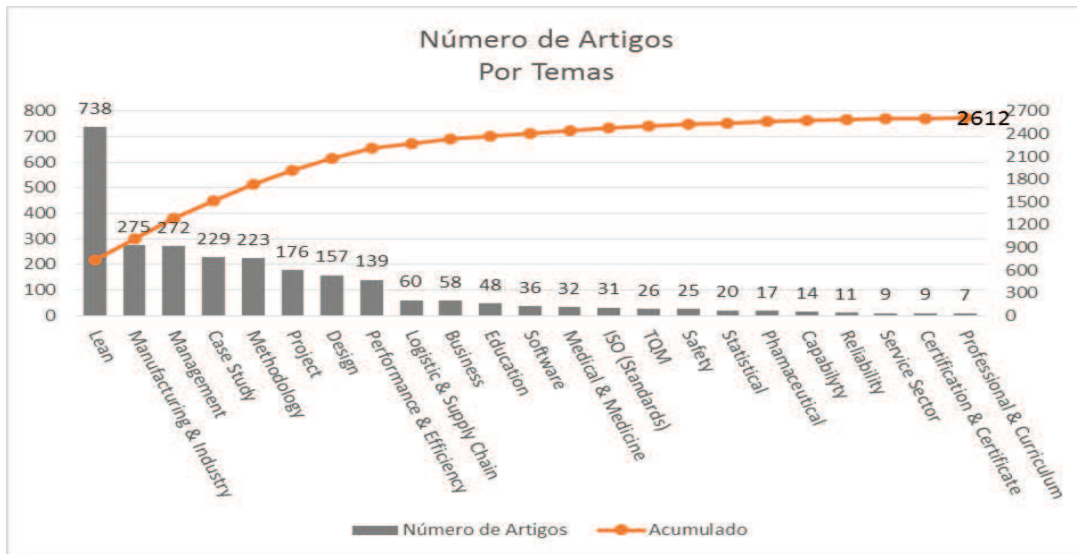
Gráfico 3: Artigos Produzidos sobre o tema *Six Sigma* entre 2010 e 2015



Fonte: Harzings Publish Software / junho de 2015

Quando foi desenvolvida pela Motorola, na década de 1980, o *Six Sigma* tinha como foco a aplicação no segmento industrial. Todavia, ao longo dos últimos anos, este cenário sofreu grandes alterações. Analisando artigos do período de 2010 a 2015, observa-se aplicações da metodologia *Six Sigma* em áreas como medicina, setor de serviços, segurança, educação, entre outros, conforme pode ser observado no gráfico 4, sinalizando que a metodologia *Six Sigma* passou a ser universal.

Gráfico 4: Número de Artigos por Tema entre 2010 e 2015



Fonte: Harzings Publish Software / junho de 2015

Conforme ilustrado no gráfico 4, observa-se que 738 artigos abordam a metodologia *Six Sigma* em conjunto com a metodologia *Lean*, sinalizando a integração e a sinergia entre estas duas metodologias. Segundo Antony (2010), a metodologia *Lean* foi desenvolvida a partir do Sistema Toyota de Produção (TPS) e envolve a determinação do valor dos processos, distinguindo atividades de valor agregado das que não agregam valor, procurando eliminar os desperdícios. Segundo George (2002), o *Lean* e o *Six Sigma* não se integraram antes do final dos anos 1990 e início dos anos 2000, mas após este período passam a ser abordados de forma integrada como uma metodologia única.

Justificativa

Conforme demonstrado no gráfico 4, várias pesquisas têm sido realizadas para comprovar a aplicabilidade da metodologia *Six Sigma*. As pesquisas apresentam casos de sucesso e a integração com reconhecidos sistemas de gestão, entre outros temas. O gráfico 4 sinaliza que existe uma integração entre as metodologias *Lean* e *Six Sigma*, dado o grande número de artigos que abordam os dois temas.

De acordo com Antony (2010), as metodologias *Lean* e *Six Sigma* seguiram caminhos independentes na história até os anos 1990. A integração entre estas duas metodologias tem início no final dos anos 1990 e início dos anos 2000 (George, 2002).

O *Lean Six Sigma* é considerado atualmente uma metodologia de melhoria que visa maximizar valor para os acionistas, melhorando a qualidade, implementando maior rapidez nos processos, objetivando a satisfação do cliente e a redução dos custos. (LAUREANI; ANTONY, 2012).

Em relação à abordagem com foco na capacitação e processo de certificação dos profissionais envolvidos com a implementação e manutenção da metodologia, observou-se que 9 artigos científicos foram produzidos no período de 2010 a 2015 em um universo de 2612 artigos. Entre eles, Laureani e Antony (2012) com o artigo “*Standards for Lean Six Sigma Certification*”. Destes 9 artigos, observa-se que nenhum abordou o processo de formação no mercado brasileiro.

Na bibliometria realizada, observa-se que muitos outros artigos fazem referências indiretas aos profissionais envolvidos com metodologia. São artigos cujos focos são o processo de implementação, estudos de caso, discussão sobre as ferramentas, entre outros temas. Nestes artigos, a questão da capacitação é abordada superficialmente, sem a preocupação de firmar conceitos sobre a formação dos profissionais envolvidos na implantação e manutenção da metodologia. Alguns exemplos destes artigos são Pepper and Spedding (2010), Aboelmaged (2010) e Snee (2010).

Quando criou o conceito *Six Sigma* a Motorola identificou a necessidade de capacitar de forma diferenciada os profissionais responsáveis por liderar o processo de implementação e manutenção da metodologia, necessitando estes de um elevado nível de proficiência na aplicação de técnicas e ferramentas de qualidade (PYZDEK; KELLER, 2010). Dentro deste cenário a Motorola criou um programa de capacitação específico para estes profissionais, passando a classifica-los como *Belts*. Dentro da classificação criada observam-se os *Black Belts*, os *Green Belts*, os *Yellow Belts*, e os *White Belts*. Pyzdek (2010) cita que na fase de implementação da metodologia devem ser formados os *Green Belts*, profissionais que executarão os projetos de melhoria na organização, sendo estes a espinha dorsal na condução do processo.

Visando confirmar a baixa produção bibliográfica sobre o processo de capacitação, tendo como foco os profissionais chamados *Green Belt*, uma segunda sequência de estudos bibliométricos foi realizada tendo a frase “*Green Belt Certification*” como chave nos títulos dos artigos, sendo identificados apenas três artigos produzidos de 2000 a 20015. *Green Belt* é termo utilizado para determinar os profissionais que lideram os projetos de melhoria no *Lean Six Sigma*. Uma terceira sequência de estudos bibliométricos foi realizada utilizando-se a frase “*Six Sigma Certification*” como chave nos títulos dos artigos, sendo identificados dez artigos produzidos de 2000 a 2015.

Assim o presente trabalho poderá contribuir com a produção científica no tocante ao processo de capacitação dos profissionais envolvidos com a implantação e manutenção da metodologia *Lean Six Sigma*, sendo sua execução justificada pela carência de estudos detalhados sobre o tema. Após décadas de aplicação da metodologia *Lean Six Sigma* e de seu momento de maturação nas mais diversas áreas, setores e segmentos da sociedade, acredita-se que esta pesquisa contribuirá com um melhor entendimento sobre o processo de capacitação dos profissionais envolvidos.

O Mapeamento deste processo de capacitação poderá fornecer subsídios para o planejamento das instituições de ensino e empresas de treinamento. Poderá também nortear a decisão das empresas que queiram implementar a Metodologia e precisem compreender de forma mais efetiva como executar seus processos de capacitação na Metodologia *Lean Six Sigma*.

Em função de sua importância econômica e social, e também por ser o domicílio do autor deste trabalho, a região do Vale do Paraíba foi escolhida para realização da Pesquisa. Situada no interior de São Paulo a região faz parte da chamada Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, possuindo de acordo com o IBGE (2016), mais de dois milhões de habitantes. Segundo Oliveira e Quinteiros (2011), a região é formada por 39 municípios, sendo considerado um dos principais eixos de desenvolvimento do Estado. Na região estão instaladas importantes universidades do país, além de indústrias dos mais variados setores (Químico, Siderúrgico, Aeronáutico, Alimentício, Automobilístico).

Questão de pesquisa

As estruturas dos cursos de atualização *Lean Six Sigma* para capacitação de *Green Belts*, nas empresas de treinamento e instituições de ensino da região do Vale do Paraíba, atendem as recomendações propostas por uma reconhecida entidade certificadora internacional em relação aos componentes curriculares?

Objetivo

Objetivo Geral

Analisar como estão estruturados os cursos para formação de *Green Belts* em empresas de treinamento e instituições de ensino da região do Vale do Paraíba.

Objetivos Específicos

Realizar uma pesquisa para identificar as empresas de treinamento e instituições de ensino que oferecem cursos de curta duração para certificação de *Green Belts* na região do Vale do Paraíba.

Identificar as características e os conteúdos dos cursos de capacitação para formação de *Green Belts* nas empresas de treinamento e instituições de ensino da região do Vale do Paraíba por meio de um mapeamento detalhado.

Identificar as características e os conteúdos propostos por uma entidade internacional que certifique os profissionais *Green Belts* e seja reconhecida como uma referência no processo de certificação mundial.

Comparar os conteúdos curriculares oferecidos nos cursos de capacitação para formação dos profissionais *Green Belts* nas empresas de treinamento e instituições de ensino da região do Vale do Paraíba, com os conteúdos propostos pela entidade internacional identificada.

Estrutura do Trabalho

No capítulo 1 este trabalho de pesquisa apresenta a Fundamentação Teórica, sendo expostos os resultados da revisão bibliográfica realizada no período de 1990 a 2015, e um quadro com o mapeamento dos autores citados. No referido capítulo são apresentados também os conceitos e definições das metodologias *Lean e Six Sigma* na visão dos diversos autores pesquisados. Na apresentação destes conceitos são abordados o processo de integração das duas metodologias, os processos de capacitação, certificação e acreditação.

O capítulo 2 discorre sobre a método utilizado neste trabalho de pesquisa, apresentando a sua natureza, seu objetivo e abordagem. Neste capítulo apresenta-se uma visão geral sobre o método utilizado.

No capítulo 3, Procedimentos da Pesquisa, apresenta-se em detalhes como foram desenvolvidas cada uma das fases do trabalho, desde a revisão bibliográfica, até a tabulação e apresentação dos resultados, passando pela identificação de um padrão internacional de certificação, a criação de um questionário, a identificação das empresas de treinamento e instituições de ensino da região do Vale do Paraíba, a aplicação do questionário e a tabulação dos resultados.

A apresentação e análise dos resultados é o foco do material exposto no capítulo 4. Neste capítulo são exibidos os padrões internacionais de certificação identificados no mercado, além dos resultados obtidos a partir da aplicação do questionário, sendo analisada a aderência de cada um dos cursos pesquisados em relação ao padrão internacional de certificação proposto.

Finalizando o trabalho, apresentam-se as considerações finais, as constatações observadas a partir das análises realizadas e as proposições para futuros trabalhos.

1 FUNDAMENTAÇÃO

Segundo Brady e Allen (2006), a metodologia *Six Sigma* foi desenvolvida na década de 1980 na Motorola através dos esforços de Bill Smith, um engenheiro de confiabilidade. Bill Smith iniciou o *Six Sigma* construindo a metodologia com os princípios e métodos de Gestão da Qualidade Total elaborados por Deming. As organizações que utilizam a metodologia, utilizando práticas de formação e de gestão de projetos específicos são conhecidas como empresas *Six Sigma*.

Segundo Pyzdek e Keller (2010), a metodologia *Six Sigma* utiliza uma série de métodos estatísticos comprovados, treinando um pequeno quadro de líderes técnicos, conhecidos como *Belts*, a fim de que tenham um elevado nível de proficiência na aplicação destas técnicas, sendo estes responsáveis pela condução e liderança na implantação e utilização da metodologia. Pepper e Spedding (2010) citam que em 1995, por meio do trabalho de Jack Welch, o então CEO da General Electric, a metodologia ganhou grande popularidade e notoriedade.

Snee (2010) descreve o *Six Sigma* como uma teoria baseada em metodologia estruturada que busca a melhoria do desempenho, o desenvolvimento de uma liderança eficaz, a satisfação dos clientes e o atingimento dos resultados. O *Six Sigma* tem despertado muito interesse na comunidade empresarial e científica, conforme poderá ser observado no decorrer deste trabalho. No item 2.1 é apresentado um estudo bibliométrico, testificando a crescente evolução do interesse pela metodologia e sua aplicação.

1.1 Estudo Bibliométrico sobre o tema *Six Sigma*

Para sustentação deste trabalho de pesquisa, foram realizados três estudos bibliométricos. O primeiro estudo foi realizado em junho de 2015 considerando o período de janeiro de 1990 a junho de 2015 para o mapeamento da produção bibliográfica sobre o tema *Six Sigma*. Nesta pesquisa, foram considerados todos os artigos cujo título tivesse a palavra *Six Sigma* em sua composição. Para a elaboração do referencial teórico foram priorizados os artigos produzidos no período de 2010 a 2015. O Quadro 1 ilustra os 10 artigos mais citados do período.

Quadro 1 - 10 artigos mais citados de 2010 a 2015 sobre o tema *Six Sigma*

Artigo	Ano	Autores	Citações
The evolution of <i>Lean Six Sigma</i>	2010	B Clegg, MPJ Pepper	132
<i>Six Sigma</i> quality: a structured review and implications for future research	2010	M Gamal Aboelmaged	125
<i>Lean Six Sigma</i> -getting better all the time	2010	RD Snee	121
Role of explicit and tacit knowledge in <i>Six Sigma</i> projects: An empirical examination of differential project success	2010	G Anand, PT Ward, MV Tatikonda	120
Mapping the critical links between organizational culture and TQM/ <i>Six Sigma</i> practices	2010	X Zu, TL Robbins, LD Fredendall	107
Assessing the evidence of <i>Six Sigma</i> and <i>Lean</i> in the health care industry	2010	JL DelliFraine, JR Langabee	98
Use of <i>Lean</i> and <i>Six Sigma</i> methodology to improve operating room efficiency in a high-volume tertiary-care academic medical center	2011	RR Cima, MJ Brown, J R Hebl, R Moore	88
The effect of <i>Six Sigma</i> projects on innovation and firm performance	2011	MM Parast	70
Critical success factors of <i>Six Sigma</i> implementations in Italian companies	2011	A Brun	64
The integration of <i>Six Sigma</i> and <i>Lean</i> management	2010	S Salah, A Rahim, JA Carretero	63

Fonte: Harzings Publish Software (06/2015)

Por meio deste primeiro estudo bibliométrico realizado foi possível identificar quais são os periódicos com artigos mais citados no período de 2010 a 2015. Observa-se no período o número de 6016 citações para um total de 2612 artigos que abordaram o tema *Six Sigma*. No gráfico 5 são apresentados os 20 periódicos com o maior número de citações. Estes periódicos foram selecionados em um range de publicações com mais de cinco citações. Este filtro foi aplicado para selecionar os periódicos com maior exposição dentro de todo universo de publicações do período selecionado.

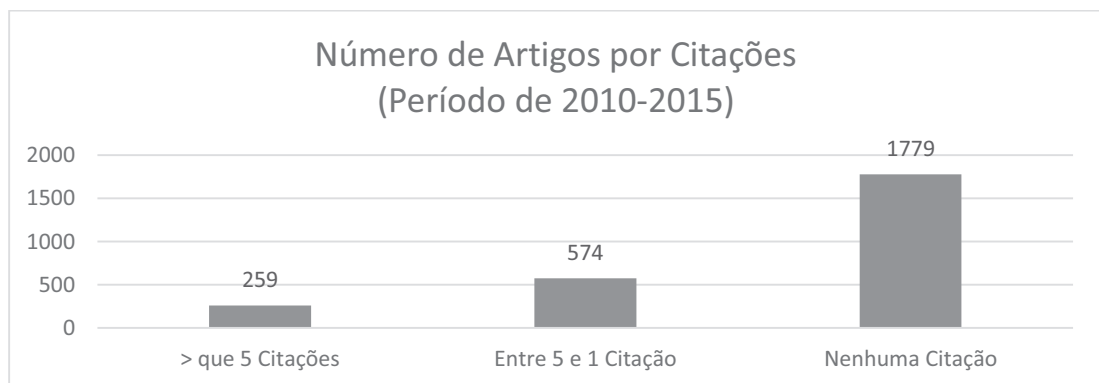
Gráfico 5 - Periódicos com maior número de citações



Fonte: Harzings Publish Software / junho de 2015

Na bibliometria realizada, observa-se que dentro do universo de 2612 artigos, 259 artigos tiveram mais de 5 citações, 574 tiveram entre 5 e 1 citação e 1779 não tiveram nenhuma citação, conforme ilustrado no gráfico 6.

Gráfico 6 - Número de Artigos por Citações

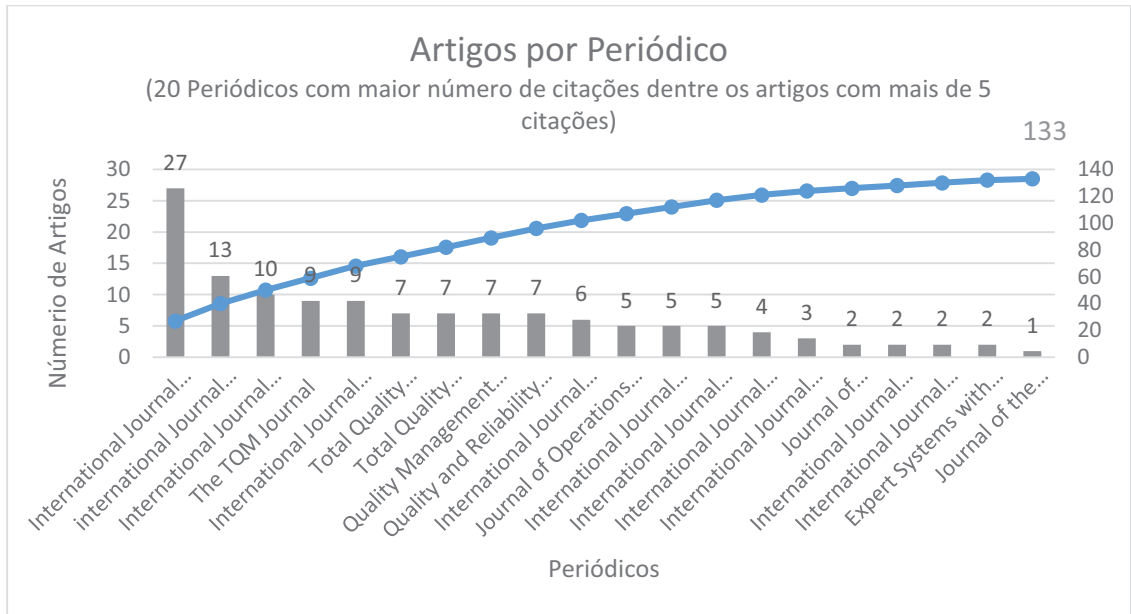


Fonte: Harzings Publish Software / junho de 2015

No gráfico 7 observa-se o número de artigos com mais de 5 citações publicados em cada um dos 20 principais periódicos. Pode ser observado também que os 20 principais periódicos foram responsáveis pela publicação de 133 artigos.

Observa-se, ainda no gráfico 7, que o periódico com maior número de artigos é o *International Journal of Lean Six Sigma* com 27 artigos, seguido do *International Journal of Productivity and Performance Management* com 13, *International Journal of Quality & Reliability Management* com 10, *The TQM Journal* com 9 e *International Journal of Productivity and Quality Management* também com 9 artigos.

Gráfico 7 - Número de Artigos por Periódico



Fonte: Harzings Publish Software / junho de 2015

O primeiro estudo bibliométrico permitiu mapear a produção bibliográfica demonstrando que o tema continua tendo elevado interesse no meio acadêmico. O estudo permitiu também mapear os periódicos, autores e bases que tem oferecido maior número de artigos relacionados ao tema. A bibliometria é uma importante ferramenta de suporte para a produção bibliográfica.

Um segundo estudo bibliométrico foi realizado utilizando “*Green Belt Certification*” como chave de pesquisa nos títulos dos artigos. Neste segundo estudo, realizado em abril de 2016, foram identificados três artigos produzidos de 2000 a 2015, conforme apresentado no quadro 2.

Quadro 2 – Pesquisa Bibliométrica com a frase “Green Belt Certification”

Ano	Autor	Obra
2008	Taylor G.M.	<i>Lean Six Sigma service excellence: A guide to Green belt certification and bottom line improvement</i>
2009	Yong C.D.	<i>Industry-Academia Partnership for Six Sigma Green Belt Certification</i>
2014	Mitsun S.	<i>Certification Insights: Green Belt Certification: Welcome to Quality</i>

Fonte: Harzings Publish Software / abril de 2016

Foi realizado um terceiro estudo bibliométrico em abril de 2016 utilizando a frase “Six Sigma Certification” como chave nos títulos dos artigos. Neste estudo foram identificados dez artigos produzidos de 2000 a 2015, sendo estes apresentados no quadro 3.

Observa-se no quadro 3, que os 10 artigos foram produzidos ao longo dos 15 anos por diversos autores, não sendo produzidos artigos sobre o tema nos anos de 2001, 2003, 2007, 2008, 2010 e 2013, havendo nos demais anos a produção de pelo menos 1 artigo. A baixa produção de artigos focados no tema “Six Sigma Certification”, dentro do cenário “Six Sigma”, pode sinalizar uma falta de interesse sobre o tema, como também pode indicar uma oportunidade para que o mesmo seja explorado em novos artigos.

Quadro 3 – Pesquisa Bibliométrica com a frase “Six Sigma Certification”

Ano	Autor	Obra
2002	Stamatis, D.H.; Munro, R.A.	<i>Six Sigma Certification: Hoax or Benefit</i>
2004	Gore, D.W.	<i>Is Six-Sigma Certification Appropriate for the Classroom?</i>
2005	Munro, R.A.	<i>Six Sigma Certification: What's it Worth?</i>
2006	Gitlow, H.S.	<i>Design for Six Sigma for Green Belts and Champions: Applications for Service Operations--Foundations, Tools, DMADV, Cases, and Certification</i>

Fonte: Harzings Publish Software / abril de 2016

Continuação do Quadro 3 - Mapeamento de Autores

Ano	Autor	Obra
2009	Hejazi, S.	<i>Responsibility Factors of Reducing Inefficiencies in Information System Processes and Their Role on Intention to Acquire Six Sigma Certification.</i>
2010	Dalal Adil F	<i>Keep It Simple: For Lean Success, Focus On The Fundamentals</i>
2011	Grigg, N.	<i>Lean Six Sigma Certification</i>
2012	Hejazi, S.; Levy, Y.	<i>The Role of Responsibility Factors of Reducing Inefficiencies in IS Projects on Six Sigma Certification in Service Organizations</i>
2012	Laureani, A.; Antony, J.	<i>Standards for Lean Six Sigma certification</i>
2014	Amodio, J.C.; Gomez V.G.	<i>A Systemic Analysis of Professional Certification Rates: The Case of a Six Sigma Training Certificate Program</i>
2015	Gitlow, H.S.; Melnyck, R.; Levine, D.M.	<i>A Guide to Six Sigma and Process Improvement for Practitioners and Students: Foundations, DMAIC, Tools, Cases, and Certification</i>

Fonte: Harzings Publish Software / abril de 2016

Nos 10 artigos encontrados, apenas um sinaliza claramente em seu título que o tema “*Certification*” é abordado sobre a ótica da padronização do processo de certificação - o artigo “*Standards for Lean Six Sigma Certification*”, de Laureani e Antony (2012).

1.2 Mapeamento dos Autores

Este trabalho de pesquisa buscou referência em autores que contribuíram com o desenvolvimento das pesquisas no tema *Six Sigma*, como Pyzdek, Parast, Snee e também autores que contribuíram com o desenvolvimento da metodologia, como Andrade e Gerhardt. O quadro 4 lista os autores identificados e suas obras.

Quadro 4 - Mapeamento de Autores

Ano	Autor	Obra
2000	Henderson, K.M.; Evans, J.R.	<i>Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company</i>
2002	George, M.L.	<i>Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed</i>
2003	George, M.L.	<i>Lean Six Sigma for Service</i>
2003	Womack, J.P.; Jones, D.T.	<i>Lean Thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation</i>
2005	Yin, R. K.	Estudo de Casos: Planejamento e Métodos
2005	Antony, J.	<i>Assessing the status of Six Sigma in the UK service organizations</i>
2005	Antony, J.	<i>Six Sigma for service processes</i>
2006	Brady, J.E.; Allen, T.T	<i>Six Sigma literature: a review and agenda for future Research</i>
2006	Santos, A. B.	Modelo de Referência para estruturar o programa de qualidade <i>Six Sigma</i> : proposta e avaliação
2006	Werkema, C.	<i>Lean Six Sigma, Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing</i>
2005	Arnheiter, E.D.; Maleyeff, J.	<i>The integration of Lean management and Six Sigma</i>
2007	Holweg, M.	<i>The Genealogy of Lean Production</i>
2007	Antony, J.; Kumar, M.; Cho, B.R	<i>Six Sigma in services organizations: benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors</i>
2008	Zu, X.; Robbins, T.L.; Fredendall, L.D.	<i>Mapping the critical links between organizational culture and TQM/Six Sigma practices</i>
2008	Santos, A. B.; Martins, m. F.	Modelo de Referência para Estruturar o <i>Six Sigma</i> nas Organizações

Fonte: Criado pelo Autor

Continuação do Quadro 4 - Mapeamento de Autores

Ano	Autor	Obra
2008	Marx, J.	<i>iSixSigma Certification Survey”, iSixSigma Magazine,</i>
2009	Gerhardt, T. E.	<i>Métodos de Pesquisa. Série Educação a Distância</i>
2010	Aboelmaged, M. G.	<i>"Six Sigma quality: a structured review and implications for future research</i>
2010	Sullivan, M.; Davidson, K.	<i>Lean Six Sigma belt certification goals and standings for TACOM Life Cycle Management Command</i>
2010	Anand, G.; Ward, P. T.; Tatikonda, M. V.	<i>Role of explicit and tacit knowledge in Six Sigma projects: An empirical examination of differential project success.</i>
2010	Laux, C., Franze, D.	<i>Six Sigma Higher Education Certification for Work Employability</i>
2010	Pepper, M.; Spedding, T.	<i>The evolution of Lean Six Sigma</i>
2010	Pyzdek, T.; Keller, P.	<i>Six Sigma handbook: a complete guide for Green belts, Black belts, and managers at all levels</i>
2010	Snee, R.D.	<i>Lean Six Sigma – getting better all the time</i>
2011	Sharma, A.,	<i>Research for ANSI accredited “Lean Six Sigma Green belt certificate program” in packaging science for undergraduate students</i>
2010	Antony, J.	<i>Reflective practive Six Sigma vs Lean: some perspectives from leading academics and practitioners</i>
2011	Parast, M. M., (2011)	<i>The effect of Six Sigma projects on innovation and firm performance</i>
2012	Mast, J., Lokkerbol, J.	<i>An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving</i>
2012	Laureani, A.; Antony, J.	<i>Standards for Lean Six Sigma certification</i>

Fonte: Criado pelo Autor

Continuação do Quadro 4 - Mapeamento de Autores

Ano	Autor	Obra
2012	Shafer, S. M.; Moeller, S. B	<i>The effects of Six Sigma on corporate performance: an empirical investigation</i>
2012	Akbulu, B.; Motwani, J.; Smedley, E.M.	<i>When Lean and Six Sigma converge: a case study of a successful implementation of Lean Six Sigma at an aerospace company.</i>
2012	Prabhakar K.; Dinesh K.; Kapil M.; Pawan J.	<i>A case study: application of Six Sigma methodology in a small and medium-sized manufacturing enterprise</i>
2012	Kapur, A.; Potters, L.	<i>Six Sigma tools for a patient safety-oriented, quality-checklist driven radiation medicine department</i>
2012	Karthi, S.; Devadasan, S.R.; Muruges, R.; Sreenivasa, C.G.; Sivaram, N.M.	<i>Global views on integrating Six Sigma and iso 9001 certification</i>
2013	Vijaya, S.M.	<i>Synergies of Lean Six Sigma</i>

Fonte: Criado pelo Autor

Os autores citados no quadro 4 serão explorados oportunamente na sequência deste projeto de pesquisa. Nos itens subsequentes e 2.3 a 2.11, serão explorados separadamente os fundamentos do *Lean e do Six Sigma*, seus conceitos, estrutura e aplicações, sendo discutidos também a integração destas duas metodologias, sua aplicação, as barreiras encontradas, bem como os aspectos pertinentes a implantação e capacitação dos profissionais envolvidos.

Em função de sua relevância foram separados tópicos específicos para discutir também as metodologias DMAIC (metodologia utilizada no desenvolvimento de projetos *Lean Six Sigma*), o TQM (*total quality management*), cujas contribuições para o desenvolvimento do *Lean Six Sigma* são inegáveis, e o TPM (*total productive management*), fundamental para inserção e participação dos processos de manutenção dentro do conceito *Lean*.

No decorrer do trabalho outros autores foram selecionados visando complementar a bibliografia. Autores ligados aos temas *Lean*, *TQM (total quality management)*, *TPM (total productive management)*, Estatística e Processos de Acreditação. Estes autores estão relacionados no Quadro 5.

Quadro 5 - Mapeamento Complementar dos Autores

1999	Rooney, A. L. Ostemberg, P.R.V	Licenciamento, acreditação e certificação: abordagens á qualidade de serviços de saúde
2000	Feld W.M.	<i>Lean Manufacturing, Tools, Techniques, and How to Use Them</i>
2006	Rotondaro, R.	Estratégia para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços
2006	Alukal, G.	<i>All About Lean. Quality Progress</i>
2006	Moore, David S. Mccabe, George P. Duckworth, W. M. Sclove, Stanley L.	Estatística Empresarial: Como Usar Dados Para Tomar Decisões
2007	Pande, S.P. Neuman R.P. Cavanagh, R.R	Estratégia Seis Sigma. Como a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho
2010	Dalal, Adil F.	<i>Keep It Simple: For Lean Success, Focus On the Fundamentals</i>
2010	Wilson F.	<i>How to Implement Lean Manufacturing</i>
2011	Amorin, G. R.	<i>Lean na Manutenção, Otimização do TPM</i>

Fonte: Criado pelo Autor

Continuação do Quadro 5 - Mapeamento Complementar dos Autores

2012	Golden Paul	Taking lean off the manufacturing floor
2012	Levine, David M. Stephan, David F. Krehbiel, Timothy C. Berenson, Mark L.	Estatística Teoria e Aplicações: Usando o Microsoft Excel em Português
2013	Ranteshwar, S. Ashish, M. G. Dhaval B. S. Sanjay, D.	<i>Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: a case study</i>
2016	Kosutic, D.	Acreditação vs. certificação vs. registro no mundo ISO

Fonte: Criado pelo Autor

A complementação dos autores se fez necessária em função da percepção, durante o trabalho, da importância e da relevância de temas como o TQM, TPM e Processo de Acreditação. Os temas TQM e TPM já eram citados de alguma forma nas bibliografias selecionadas anteriormente, todavia, para uma melhor compreensão dos temas, e de sua relação com o *Lean Six Sigma*, optou-se por complementar a bibliografia.

Em relação ao processo de acreditação, o tema obteve grande importância durante as pesquisas em função das considerações de autores como Pepper e Spedding (2010) que citavam o processo como relevante dentro do contexto da metodologia.

1.3 *Lean*

Segundo Werkema (2006), o *Lean* é uma iniciativa que atua na eliminação de desperdícios, excluindo o que não agrega valor para o cliente. Para a autora, o *Lean* pode ser aplicado em qualquer tipo de trabalho. O *Lean* teve origem a partir do Sistema Toyota de Produção. Ela cita ainda que Taiichi Ohno, executivo da Toyota, implantou na década 50 um sistema de produção focado na identificação e eliminação de desperdícios. Seu objetivo era reduzir custos, melhorar a qualidade e aumentar a velocidade de entrega dos produtos Toyota.

Para Alukal (2006) o *Lean* é baseado no sistema Toyota de produção (TPS), utilizando ferramentas testadas e verdadeiras, principalmente de bom-senso. Segundo o autor, no desenvolvimento de seu sistema, a Toyota incorporou abordagens da *Ford Motor Corporation*, práticas militares dos EUA, técnicas de engenharia industrial, conceitos de pesquisa operacional, procedimentos utilizados nos supermercados americanos, sistemas de controle de inventário, além de conceitos da indústria aeronáutica alemã, organizando estes conceitos e implementando melhorias.

Para Dalal (2010), o LEAN é um método onde a organização faz escolhas conscientes para redefinir sua estratégia, sistemas, processos e serviços, visando remover resíduos e agregar valor para os clientes, colaboradores e acionistas. Segundo o autor, embora a maioria das pessoas associe o *Lean* a Toyota, seus princípios têm sido aplicados desde que Henry Ford iniciou a montagem de seu modelo T no início de 1900.

O autor cita que por definição, o *Lean* é uma filosofia de melhoria contínua que não tem um fim definitivo e uma delimitação clara sobre quando terminará, contrastando com projetos temporários onde esforços são despendidos com a meta de criar um único produto ou serviço. A natureza temporária dos projetos indica um início e um final muito bem definidos, o que não ocorre no *Lean*, onde o fim é alcançado quando os objetivos foram alcançados, ou quando estes objetivos não poderão ser satisfeitos por questões organizacionais. Para o autor, um erro na maioria das corporações é a atribuição de uma data de término para as iniciativas *Lean*, abordando-o como um projeto de melhoria contínua e não como uma filosofia. Para ele, empresas de sucesso como a Toyota e General Electric, que implementam iniciativas de *Lean* e *Six Sigma*, reconheceram essa diferença e trabalharam no sentido de conscientizar os colaboradores.

Antony (2010) cita que o conceito *Lean Thinking*, desenvolvido a partir do Sistema Toyota de Produção, engloba a determinação do valor dos processos, distinguindo as atividades que agregam e não agregam valor. Para o autor, o compromisso com o pensamento *Lean* deve começar nos níveis mais altos da hierarquia organizacional, sendo compartilhado em cascata para os demais níveis. Cita ainda o autor que o *Lean* apresenta um conjunto de ferramentas e técnicas comprovadas que visam a redução dos prazos de entrega e estoques.

Womack e Jones (2003) citam que o pensamento *Lean* permite que as empresas definam as atividades que criam valor e a melhor sequência para sua realização. Os autores relatam que os cinco princípios do pensamento enxuto são: 1) valor; 2) fluxo de produção e identificação de desperdícios; 3) fluxo contínuo; 4) produção puxada; 5) perfeição.

O valor é definido pelos autores como uma capacidade fornecida ao cliente no momento certo, com um preço adequado, conforme especificação. Para eles, o valor é o ponto de partida para o pensamento *Lean*, sendo este definido pelo cliente. Valor também é um elemento específico do produto, que apenas é significativo quando expresso em termos de um produto específico.

Alukal (2006) cita que os profissionais da área de qualidade são envolvidos com os conceitos *Lean* de diversas formas em suas rotinas de trabalho. Segundo o autor, na década de 80 alguns profissionais tiveram contato com o *Lean* por meio da implementação de *Kaizens*. Segundo o autor, o *Kaizen* é o uso sistematizado e organizado do senso comum visando a melhoria das questões de segurança, custo, qualidade, e entrega, em resposta às necessidades e demandas dos clientes. Cita Alukal que o *Kaizen* é um evento de melhoria criado a partir do Sistema Toyota de Produção, reunindo equipes de diferentes funções, com o objetivo de melhorar um processo, ou resolver um problema.

Segundo Alukal (2006) observa-se que a aplicação do *Lean* passou por ajustes ao longo da história, sendo abordado por diversos autores como manufatura enxuta e mais recentemente como empresa enxuta. A aplicação do *Lean* pode abranger todas as áreas de uma organização por meio de processos como o desenvolvimento de produtos, a gestão de fornecedores e a gestão de clientes (HOLWEG, 2007). A visão *Lean* tem foco nos produtos e seu fluxo de valor, identificando os valores agregados e não agregados em cada etapa de sua fabricação, visando a eliminação dos desperdícios. (WOMACK; JONES, 2003).

Pepper e Spedding (2010) citam as sete formas de desperdício identificadas por Taiichi Ohno e abordadas dentro do conceito *Lean*: (1) excesso de produção; (2) defeitos; (3) inventário; (4) excesso de processamento; (5) transporte excessivo; (6) espera; (7) movimentação desnecessária. Para Werkema (2006), a redução dos desperdícios melhora a flexibilidade, a qualidade, a segurança, a ergonomia, a motivação dos colaboradores e a capacidade de inovação, além de contribuir com a diminuição dos custos, da necessidade de espaços e das exigências de trabalho.

A aplicação do *Lean* requer a utilização de ferramentas que contribuirão com o mapeamento, o controle e a eliminação das fontes de desperdício. O Mapeamento do Fluxo de Valor, as Métricas *Lean*, o *Kaizen*, o *Kankan*, a Padronização, o 5S, a Redução de *Setup*, a Gestão Visual, e o *Poka-Yoke* são algumas das ferramentas empregadas (WERKEMA, 2006).

Segundo Pepper e Spedding (2010), o primeiro passo para uma implementação do *Lean* é a identificação das atividades que agregam e não agregam valor nos processos, sendo o Mapeamento de Fluxo de Valor uma ferramenta utilizada para este fim. Ainda segundo os autores, por meio do Mapeamento de Fluxo de Valor as organizações podem detalhar as atividades necessárias para execução de um processo, identificando os recursos utilizados, os inventários, as atividades que demandam maior tempo, conhecidas como (*Time Trap*), os tempos de processamento, conhecidos como *Lead Time*, e as taxas de saída, entre outras importantes informações.

Realizado o mapeamento do estado atual, ações de melhoria podem ser propostas com base em um desenho do estado futuro. No conceito *Lean* este desenho deve ter ênfase na redução dos desperdícios e otimização da utilização dos recursos existentes. Para Werkema (2006), cresceu em todos os setores o número de empresas que utilizam a metodologia. Para a autora, por representar uma mudança organizacional, a implementação do *Lean* não é algo trivial para as empresas, existindo organizações que utilizam ferramentas *Lean*, mas que efetivamente não obtiveram sucesso na implementação da metodologia. Dentro do conceito *Lean* são utilizadas métricas para determinar como está o desempenho de uma organização. Estas métricas podem ser utilizadas também para definição de metas de melhoria em projetos e processos.

Dentre as principais métricas utilizadas, segundo o *Lean Enterprise Institute (2011)*, estão o *Lead Time* (tempo necessário para um produto percorrer todas as etapas de um processo), *Cycle Time* (frequência com que um produto é finalizado em um processo), *Value Added Time* (tempo em que um produto é transformado para agregação de valor), *WIP (working in process*, material que está dentro da área de processamento) e *Takt Time* (tempo disponível para a produção, dividido pela demanda do cliente). A partir destas métricas, as organizações podem determinar as performances atuais e projetar melhorias.

A meta de uma produção enxuta, segundo os conceitos *Lean*, é a eliminação do desperdício (muda em japonês) em todas as atividades ao longo da cadeia de valor. Os esforços concentraram-se na redução dos resíduos, sendo estes conduzidos por meio de processos de melhoria contínua, ou eventos “*Kaizen*”, bem como atividades de melhoria radical, conhecidas como “*Kaikaku*” (MALEYEFF; ARNHEITER, 2005). Womack e Jones (2003) definiram o *Lean* como uma forma de especificar o que é valor, alinhando as ações de criação de valor com as melhores sequências de processamento, realizando as atividades sem interrupção. Ainda para os autores, o pensamento enxuto permite fazer mais com a menor quantidade de recursos.

Segundo Feld (2000), existem cinco elementos primários no conceito *Lean*. O autor cita que estes elementos são o Fluxo de Fabricação, a Organização, o Controle de Processo, as Métricas e a Logística. Para o autor estes elementos representam os fatores de sucesso para a implantação de um programa sólido de manufatura enxuta visando tornar as organizações empresas de classe mundial. Para Feld o elemento “Fluxo de Fabricação” aborda alterações físicas e padrões de projeto a serem implantados nas organizações. Cita o autor que o elemento “Organização” aborda questões relacionadas a identificação de pessoas, seus papéis e funções, treinamentos nas novas formas de trabalho, além de todos os processos de comunicação. Segundo ele o elemento “Controle de Processos”, representa os aspectos relacionados ao acompanhamento e controle dos processos, visando à estabilização dos mesmos. As “Métricas”, segundo Feld, tem relação com os resultados de desempenho obtidos para cada um dos indicadores de processo da organização, tendo como meta as melhorias e a recompensa das equipes. Por fim, a “Logística”, segundo o autor, tem por objetivo fornecer a definição de regras de funcionamento e mecanismos de planejamento e controle para o fluxo de materiais.

Field cita que estes elementos fornecem uma cobertura completa para uma série de questões durante a implementação do *Lean*. Para o autor, embora cada elemento seja fundamental individualmente para o sucesso da implantação de um programa de manufatura enxuta, o poder do *LEAN* está totalmente ligado à integração destes elementos. Ele relata ainda que o fluxo de fabricação define as bases para a mudança, gerando uma série de movimentações positivas no chão de fábrica.

Alukal (2006) cita que na aplicação do *Lean* devem ser observados aspectos ligados a criatividade, senso de urgência, inventário e convergência entre os envolvidos. Para o autor estes aspectos são fundamentais para o sucesso da aplicação. O autor relata que a criatividade antecede o capital, estando esta relacionada com a experiência, inovação e conhecimento das pessoas que trabalham nos processos. Este pensamento do autor reforça a importância dos colaboradores no processo. Para ele, a melhoria realizada hoje, mesmo que não sendo perfeita, é melhor que uma a solução perfeita realizada tardiamente. Este pensamento de Alukal reforça a importância do senso de urgência que deve passar a fazer parte da rotina das corporações. Quanto ao inventário, o autor entende que o mesmo não é apenas um ativo, mas sim fonte uma fonte de custos e perdas. Dentro do conceito *Lean*, inventários altos representam capital financeiro parado, aumentam os custos de armazenagem, podem esconder problemas de qualidade, podem aumentar os *leads times* (tempo dispendido para produzir um produto, após o mesmo ter entrado na linha de produção), gerando atrasos para os clientes, além de elevar o número de movimentações e gerar custos com prevenção e mitigação de acidentes.

Ainda na visão do autor, as organizações devem promover uma série de questionamentos para avaliar o quanto estão aderentes à implantação do *Lean*. Devem também questionar o objetivo de suas produções, avaliando se as mesmas têm como foco o atendimento imediato de pedidos, ou a armazenagem para vendas futuras. Devem avaliar quais são os tempos internos de processamento dos produtos e quais são as expectativas dos clientes em relação ao custo qualidade e entrega. Devem verificar se as equipes internas e os fornecedores estão preparados para trabalhar de forma *Lean*. Testificar se a cultura organizacional está pronta para apoiar a transição da produção tradicional para processos *Lean*. O autor cita que questões relacionadas à identificação da tarefa gargalo, identificação dos atrasos, mapeamento dos problemas, garantia da integridade e exatidão das informações passadas para os processos subsequentes, são alguns exemplos de ações a serem realizadas.

Para Dalal (2010), existem alguns princípios básicos que norteiam a implementação do *Lean*. Para o autor pessoas engajadas são mais importantes que as técnicas e a tecnologia, sendo um fator crítico de sucesso. Segundo o autor a mentalidade das pessoas é mais relevante que um conjunto de ferramentas, tendo o poder de influenciar o comportamento da organização, contagiando e capacitando todos os funcionários. Os colaboradores que não aderem à nova mentalidade acabam destoando dos demais. Na visão de Dalal (2010) a implantação do *Lean* é uma jornada e não um destino. Para reforçar este pensamento o autor cita o filósofo Lao Tzu que disse: "O bom viajante não tem planos fixos e não tem a intenção de chegar". Na visão do autor, os executivos que desenvolvem uma compreensão mais profunda destes princípios terão uma probabilidade maior de sucesso, independentemente do tipo de corporação, da cultura e da indústria.

Para Golden (2012), é fundamental que a organização se envolva com a nova cultura, compreendendo que seu foco é a necessidade de seus clientes, entendendo também a forma como produtos e serviços podem ajudar estes clientes a atingirem seus objetivos de negócios. O autor chama esta visão de "estratégia da voz-do cliente", devendo esta ser aliada a uma cultura de eliminação de desperdícios. Para o autor, independentemente de o gestor estar envolvido com a área produtiva, ele deve abraçar a nova cultura, procurando entregar valor, eliminar os desperdícios e reduzir os tempos das atividades que não agregam valor.

Alukal (2006) cita que técnicas e ferramentas são simples, sendo aplicadas a partir do bom senso dos colaboradores, todavia sua implementação e sustentação exigirão disciplina, motivação, incentivos, gestão de mudanças e forte liderança em longo prazo. O autor relata que a empresa bem-sucedida tem em comuns aspectos como compromisso com a gestão, processos claros e definidos de comunicação e gestão de mudanças, além de ações consistentes de treinamento, padronização e reconhecimento. Ele reforça a importância do alinhamento das equipes com as metas e objetivos da empresa.

1.4 Six Sigma

A metodologia *Six Sigma*, desenvolvida pela Motorola na década de 1980, requer processos que tenham a capacidade de produzir 99,99966% de seus produtos ou unidades livres de quaisquer defeitos, o que significa que só poderá haver 3.4 unidades defeituosas por milhão (ABOELMAGED, 2010). Para Laureani e Antony (2012), o *Six Sigma* é uma metodologia cujas bases de melhoria são os dados coletados nas etapas dos processos, tendo como objetivo a melhoria dos resultados, tornando os processos estáveis e reduzindo a variação e o número de defeitos. Segundo Snee (1999), é uma estratégia de negócios cujo foco é identificar e eliminar as fontes geradoras das falhas ou defeitos, tendo como prioridade as saídas críticas para os clientes.

Zu et al. (2008) identificaram três práticas essenciais distintas, a fim de implementar os princípios do *Six Sigma*. No quadro 6 observa-se que as três práticas são, respectivamente, Papéis e Perfis estruturados, Implementação de Processos Estruturados e Foco nas Métricas.

Quadro 6 - Práticas Essenciais *Six Sigma*

Práticas	Descrição
Papéis e Perfis estruturados	A organização deve utilizar um grupo de especialistas de melhoria. Estes são capacitados por meio de programas de formação e certificação <i>Six Sigma</i> . Os especialistas de melhoria são classificados com base em seus conhecimentos. Eles recebem funções de liderança e responsabilidades específicas dentro das organizações
Implementação de Processos Estruturados	Ênfase em procedimentos padronizados, no planejamento e na condução de projetos de melhoria. As equipes devem aplicar as ferramentas e técnicas de gestão da qualidade de forma adequada, de acordo com os procedimentos estruturados criados para suportar a metodologia
Foco nas Métricas	Métricas quantitativas são usadas para medir o desempenho dos processos, e o desempenho da qualidade do produto, além da definição de metas de melhoria. Medidas de desempenho

Fonte: Adaptado de ZU et al. (2008)

Estas três práticas demonstram a importância de um método estruturado para implantação e manutenção da metodologia, visando garantir o sucesso na sua utilização. Estes perfis identificados pelos autores são fundamentais em qualquer implementação e servem de guia para as organizações que desejam ter sucesso na implementação da metodologia.

O processo de implementação da metodologia requer uma mudança na cultura organizacional em todos os níveis hierárquicos. As práticas identificadas pelos autores facilitam este processo na medida em que auxiliam na estruturação do processo de implementação. Qualquer organização pode se beneficiar da utilização destas práticas, independentemente de sua área de atuação, cabendo aos níveis hierárquicos mais elevados zelar pelo seu cumprimento. A disciplina e o rigor no estabelecimento destas práticas deve ser considerado como fator de sucesso na implementação.

Pepper e Spedding (2010) citam a metodologia *Six Sigma* como uma abordagem de gestão da qualidade, independentemente da indústria ou aplicação, observando-se muitos elementos positivos para melhoria contínua. Fatores como compromisso com o processo de gestão e comunicação são essenciais para a implementação bem-sucedida da metodologia. Para os autores, a metodologia *Six Sigma* fornece um foco claro em ganhos financeiros mensuráveis por intermédio de processos sequenciais e disciplinados, estabelecendo uma infraestrutura adequada de treinamento e qualificação dentro das organizações, definindo de forma clara o papel dos *Belts* (*Green, Black, Master Black Belts*) que lideram os processos de tomada de decisões com base em dados, visando garantir o sucesso dos esforços de melhoria.

A não padronização dos esforços de treinamento em termos de rankings dos *Belts* é abordada pelos autores Pepper e Spedding (2010). Os autores discorrem como este sistema de acreditação pode facilmente evoluir para uma ameaça burocrática, onde o tempo e os recursos são mal gastos focando o número de *Belts* dentro da organização, e não nos problemas de desempenho. Esta visão dos autores mostra a dimensão e a importância da formação adequada dos *Belts* dentro de limites aceitáveis de planejamento que envolve tempo, custo e benefícios, levando-se em consideração todas as competências, habilidades e conhecimentos técnicos que devem ser desenvolvidos nestes profissionais, a fim de que as organizações possam ter sucesso na implementação e manutenção da metodologia *Six Sigma*.

Os autores citam ainda que a metodologia *Six Sigma* conseguiu trazer de volta para as organizações a experiência e o conhecimento necessários por intermédio de um rigoroso processo de credenciamento de *Belts* (*Green, Black, Master*), que, embora sendo dispendioso por sua forma de aplicação, permite canalizar o conhecimento do corpo de colaboradores. Para Pyzdek (2010), a metodologia *Six Sigma* descarta uma grande parte da complexidade que caracteriza o *Total Quality Management*. Para o autor, a metodologia *Six Sigma* utiliza alguns métodos e técnicas comprovados, treinando um pequeno quadro de líderes conhecidos como *Belts*, levando estes profissionais a um elevado nível de proficiência na aplicação destas técnicas.

Pyzdek (2010) cita que durante o processo de implementação da metodologia em uma organização, existe uma fase inicial denominada “Planejamento Inicial”, uma segunda fase chamada “Programa de Desenvolvimento” e uma terceira fase denominada de “Implementação”. O autor destaca que na segunda fase, “Programa de Desenvolvimento”, são selecionados e treinados os *Black Belts* que conduzirão a implementação e manutenção da metodologia em uma organização, sendo estes certificados na terceira fase, “Implementação”.

Na fase de implementação da metodologia devem ser formados os *Green Belts* que executarão os projetos de melhoria na organização. Em geral, observa-se que o número de colaboradores trabalhando em tempo integral como *Belts* nas organizações representa um pequeno percentual do número total de empregados. (PYZDEK, 2010). Empresas como General Electric, Johnson & Johnson e Alliedsignal, entre outras, têm em média um percentual de 1% de seus profissionais atuando como *Belts*, existindo uma grande variação deste número entre as empresas. (PYZDEK, 2010).

Parast (2011) comenta que, para tirar o melhor proveito dos programas *Six Sigma*, as organizações precisam abordar cuidadosamente as necessidades de seus atuais clientes, enquanto monitoram a formação de novos mercados e/ou clientes. Para ele, em sua forma atual, programas *Six Sigma* não garantem uma vantagem competitiva sustentável para as empresas devido seu foco em processos, produtos existentes e clientes. Para Parast (2011), não há dúvida de que as organizações podem se beneficiar de programas *Six Sigma*; no entanto, tais benefícios não são sustentáveis até os programas *Six Sigma* desenvolverem mecanismos para abordar a inovação de produtos, padrão de mudança na base de clientes, e ambientes de incerteza, enquanto faz a melhoria dos processos organizacionais.

O autor cita que as organizações devem elaborar procedimentos para selecionar seus projetos, certificando-se que serão beneficiadas por estes projetos. Isto significa que as organizações devem definir seus projetos *Six Sigma* com referência à sua estratégia de negócios.

Para se beneficiarem dos projetos, os gestores devem esperar que duas condições sejam atendidas: (1) a empresa deve estar concentrada na eficiência e (2) a taxa de variação na indústria deve ser baixa (indústria estável). Parast (2011) cita que a implantação de Projetos *Six Sigma* em ambientes dinâmicos, com altas taxas de inovação e mudança, pode ser muito arriscada. Para o autor o risco existe em função da deficiência que os projetos Six Sigma têm na abordagem mudanças radicais. Por esta razão, na definição e desenvolvimento de projetos *Six Sigma*, as organizações devem selecionar projetos que reúnam as condições acima.

Quanto a implementação, observa-se que algumas organizações implementam a metodologia como um programa, sendo este um conjunto de projetos e atividades inter-relacionadas (VALERIANO, 1998). A implementação por meio de um programa contribui com o sucesso da implementação na medida em que são disponibilizados um maior número de recursos por parte das organizações.

A metodologia *Six Sigma* estruturou e sistematizou um método próprio a utilização destas ferramentas a partir dos estudos e pesquisas de Bill Smith e Mikel Harry, funcionários da Motorola. O *Six Sigma* é uma metodologia administrativa que tem por meta eliminar erros, desperdícios e a repetição de retrabalho (CHOWDHURY, 2002). Observa-se que a partir destas metas as organizações podem melhorar seus desempenhos operacionais e financeiros.

Dentro da metodologia são definidas metas mensuráveis para atingimento dos objetivos, incluindo um método estratégico para solução de problemas e a capacitação do corpo de colaboradores na utilização de técnicas e ferramentas estatísticas e de qualidade. Dentro de sua aplicação é objetivada a maximização do retorno sobre os investimentos (CHOWDHURY, 2002).

Em relação à nomenclatura *Six Sigma*, observa-se que a palavra Sigma representa uma letra Grega. Na estatística a letra Sigma é utilizada para determinar o Desvio Padrão. O Desvio Padrão é uma medida de variação importante dentro da implementação de um processo de melhoria *Six Sigma*. O *Sigma* é então uma medida utilizada para determinar como está o desempenho e a variação de um processo, produto ou serviço, desde a produção de aço, até a entrega de um produto e/ou serviço (CHOWDHURY, 2002).

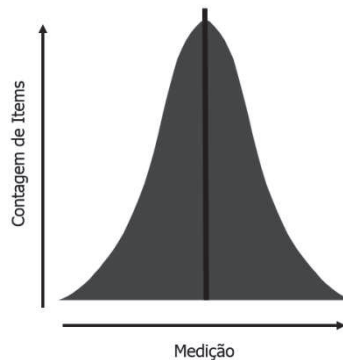
Segundo Chowdhury (2002), dentro da metodologia *Six Sigma* é importante compreender o conceito de medida. As medidas são importantes dentro dos processos de melhoria. O autor define medida como uma avaliação quantificada de características e/ou níveis de rendimento baseados em dados observáveis e mensuráveis. Exemplos de medidas citadas pelo autor são: a) Tamanhos (comprimento, altura, peso), b) Valores Monetários (custos, lucros), c) Contagens de defeitos (número de erros, reclamações), d) Durações de tempo (horas, minutos), e) Distâncias (quilômetros, metros).

Quando uma medição é realizada objetiva-se estabelecer níveis de rendimento e desempenho, ou linhas base. No conceito *Six Sigma* esta linha base é conhecida como *Baseline* (Linha Base). Nas organizações, além de estabelecer níveis de rendimentos, os processos de medição objetivam prever problemas, determinar prioridades, assegurar lucros, determinar metas e etc. A medição é uma necessidade inerente a qualquer processo.

Quanto ao nível de perfeição, observa-se que uma empresa trabalhando em 1 Sigma apresenta 700 mil defeitos por milhão de unidades produzidas. No nível de 1 Sigma um processo só produz 30% de unidades dentro do padrão (CHOWDHURY,2002). Em 2 Sigma observa-se que uma empresa apresenta um pouco mais de 300 mil defeitos por milhão de unidades produzidas (CHOWDHURY,2002). Quanto maior o nível Sigma, menos defeitos ou erros por milhão teremos.

Tendência Central é outro elemento fundamental dentro dos estudos desenvolvidos na metodologia *Six Sigma*. Durante as análises realizadas em projetos e melhoria este conceito é amplamente utilizado juntamente com o conceito de variação. Para medir a tendência central utilizam-se os conceitos de média, moda e mediana (MANN, 2006). A tendência central fornece o elemento central de uma curva de distribuição de dados (MANN, 2006). A figura 1 ilustra este conceito.

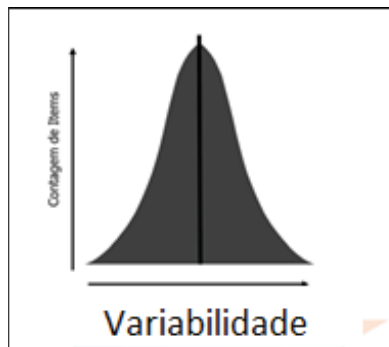
Figura 1 - Conceito de Tendência Central



Fonte: Adaptado de Mann (2006)

Os processos de melhoria *Six Sigma* trabalham em sua essência com foco na redução da variação dos processos. A variação, ou variabilidade, reconhece que os processos não produzem resultados sempre iguais. A variabilidade, ou variação, pode ser causada por vários fatores que afetam o funcionamento de um processo. O desvio padrão, além variância e a amplitude, são medidas conhecidas e muito utilizadas de variabilidade (MANN, 2006). A figura 2 a seguir ilustra a variabilidade de um processo.

Figura 2 - Conceito de Variabilidade



Fonte: Adaptado de Mann (2006)

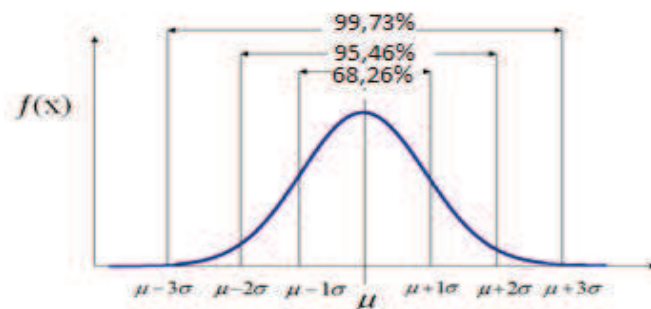
Em qualquer ação de melhoria observa-se que o primeiro passo é conhecer o processo por meio da realização de medições que demonstrem claramente o estado atual do processo. As medições devem ser realizadas em toda a população de dados de um processo, ou em uma amostragem significativa deste mesmo processo, permitindo avaliar o cenário e direcionar o processo de melhoria de forma eficiente, sendo a decisão de utilizar a população ou amostra, direcionada pela quantidade de recursos disponíveis.

A amostragem tem como vantagem principal a economia de tempo durante o processo de coleta de dados. Não será necessário coletar, ou medir todos os dados (população). Ela também simplifica o processo de medição. As desvantagens deste método é o grau de incerteza que pode ser gerado a partir do momento que uma parte dos dados não foi medido. Quanto à apresentação dos dados, observa-se na metodologia *Six Sigma* que ela é de suma importância para um melhor entendimento do comportamento dos processos e análises subsequentes. De acordo com as características dos dados e objetivos da análise, a apresentação pode ser realizada forma de tabelas, gráficos ou ambos.

A apresentação de dados em formato de gráficos é um método comumente utilizado. Gráficos de séries temporais, por exemplo, são utilizados para mostrar valores de dados individuais representados graficamente na ordem que foram gerados. Observa-se que outro conceito importante, e muito utilizado na metodologia *Six Sigma* é a distribuição normal. Ela representa uma das distribuições de dados mais utilizadas de probabilidade. Um grande número de eventos no dia a dia da sociedade é exatamente igual, ou muito próximo de uma distribuição normal. (MANN, 2006).

Uma distribuição normal quando representada graficamente tem uma curva simétrica no formato de sino. Analisando a figura 3, observamos a curva em formato de Sino, existindo uma relação direta entre a forma da curva e o desvio padrão. Em curvas normais 99,73% das observações estão contidas entre -3 sigmas e +3 sigmas a partir da média (MOORE et al.,2006). A partir dessa informação, observa-se que 0,27% dos dados estão fora dos 3 desvios padrões em relação à média. Moore (2006) cita que 95,46% dos dados ficam a menos de 2σ da média e 68,26% dos dados ficam a menos de 1σ da média. Na figura 3 observa-se a distribuição normal dos dados com os percentuais em cada sigma.

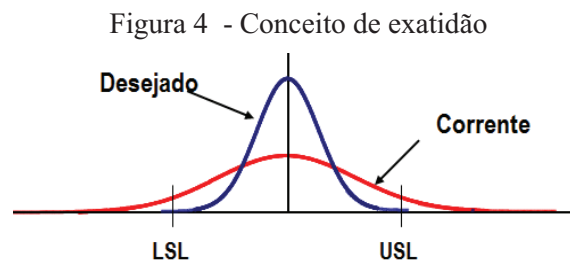
Figura 3 - Distribuição Normal



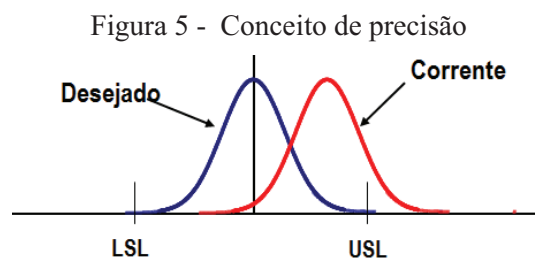
Fonte: Adaptado de Moore (2006)

Outros dois conceitos explorados no estudo da distribuição normal são os conceitos de exatidão e precisão. Estes conceitos sinalizam o comportamento e a evolução dos processos independentemente do setor ou aplicação. O entendimento destes conceitos pode contribuir com uma melhor compreensão da situação dos processos. Exatidão é a capacidade que um processo tem de atingir um alvo levando em consideração a média dos dados coletados ou medidos. Neste tipo de processo a amplitude pode ser um problema a partir do momento que a amplitude elevada indicará uma maior dispersão dos dados. No conceito de exatidão observa-se que o objetivo foi atingido na média, mas diversas medições podem estar fora da especificação desejada.

A figura 4 ilustra o conceito de exatidão tendo como base uma curva de dados a partir de um comportamento desejado do processo, e uma segunda curva que representa o resultado real de um processo.



Precisão é a capacidade que um processo tem de ser consistente, atingindo sempre valores próximos, tendo assim um baixo desvio padrão. Neste tipo de processo o maior problema é a tendência central. A figura 5 ilustra o conceito de precisão.



Observa-se na exatidão o atingimento do objetivo, todavia o processo apresenta uma maior amplitude e um maior desvio padrão. Na precisão o alvo não é atingido, mas é possível observar uma menor amplitude e um menor desvio padrão. Um processo ideal deve ter maior precisão e maior exatidão, ou seja, atingir o alvo com menor amplitude e menor desvio padrão.

No estudo e aplicação da metodologia *Six Sigma* são fundamentais os conceitos de tendência central, variação, população, amostra, curva normal, exatidão e precisão. Em quaisquer processos de melhoria estes conceitos deverão ser abordados, estudados, compreendidos e explorados.

A aplicação destes conceitos não é garantia de sucesso na implantação da metodologia. Existem algumas questões que antecedem a aplicação de todos os conceitos apresentados. Na visão dos diversos autores citados neste trabalho de pesquisa, existem alguns elementos chaves que permeiam o sucesso de uma implantação. Estes elementos em sua maioria estão subordinados aos processos de gestão da organização, o que reforça a importância do envolvimento da liderança em todo processo de implantação. Elementos como a capacitação dos envolvidos, a exigência da utilização de fatos e dados na condução dos processos de melhoria e o suporte constante aos processos de melhoria são papéis da liderança.

Conforme Zu et al. (2008), citado anteriormente, a organização precisa definir os papéis e os perfis das equipes envolvidas, implementando processos estruturados e mantendo o foco nas métricas que indicarão o quanto saudável está o processo de implementação. Destaca-se na visão de Zu a importância da utilização de um grupo de especialistas em melhoria, devendo a organização prover a capacitação e a certificação *Six Sigma*.

A partir de todo o exposto pelos autores citados neste tópico, destaca-se a importância e o peso que o processo de capacitação tem em todo processo de implementação da metodologia, sendo pertinente que as organizações tenham processos muito bem estruturados para capacitar e formar seus profissionais, desde a direção até o chão de fábrica. O sucesso de uma implantação passa primeiramente pelo sucesso e a eficácia dos processos de capacitação.

Pande (2007) cita que uma organização *Six Sigma* é uma organização em constante aprendizado. Estas organizações estão constantemente aprendendo por meio das informações recebidas por parte dos clientes, ambiente externo e processos internos.

Cita o autor, que o treinamento inicial, e os treinamentos permanentes, são fatores chave para alcançar o sucesso. Pande comenta ainda que um treinamento *Six Sigma* deve enfatizar a aprendizagem e a prática, fornecer exemplos relevantes, construir conhecimento, oferecer uma variedade de estilos de aprendizagem, ser algo mais que um momento de aprendizagem e ser um esforço contínuo evolução.

Rotondaro (2006) cita que o treinamento é o caminho para que uma empresa consiga melhorar seus processos. Para o autor a constituição da equipe *Six Sigma* é um elemento fundamental no sucesso do programa, pois ele é desenvolvido por pessoas e para pessoas.

Por todo o exposto observa-se que a implementação da metodologia *Six Sigma* não é trivial, como já citado por Werkema (2006), exigindo planejamento, dedicação e conhecimento, em todas as esferas da organização.

Com o objetivo de aprofundar a discussão e o entendimento sobre o processo de capacitação dos profissionais envolvidos com a metodologia, é apresentado nos tópicos subsequentes, o item 2.9, “Capacitação *Lean Six Sigma*”, que aborda em detalhes os conceitos, aspectos e dificuldades encontradas na construção do processo de capacitação. Este tópico aborda também o perfil dos profissionais envolvidos, detalhando suas atividades e relações.

Destaca-se também o item 2.10, onde é abordado o processo de certificação dos profissionais responsáveis pela implantação da metodologia. Neste tópico é apresentada uma ampla discussão sobre o mercado de certificação *Lean Six Sigma*, seus aspectos e requisitos.

1.5 DMAIC

Em sua implementação e manutenção, a metodologia *Six Sigma* utiliza o método conhecido como DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar), onde cada letra da sigla representa uma fase do processo de melhoria (PYZDEK; KELLER, 2010). Para aplicação do método DMAIC é necessário que as organizações tenham disciplina e rigor na execução de cada fase. Durante a aplicação das fases, ferramentas estatísticas e de qualidade devem ser utilizadas com proficiência.

O DMAIC, criado por Mikel Harry, idealizador do *Six Sigma*, é um método utilizado para execução de projetos de melhoria dentro da metodologia. A utilização deste método na abordagem de projetos de melhoria contínua é um grande diferencial do *Six Sigma*. A melhoria contínua é um processo onde as organizações buscam a melhoria de seus serviços, processos e produtos, devendo haver disciplina e rigor por parte dos envolvidos. O DMAIC contribui com a sistematização dos processos de melhoria contínua partir de um disciplinado e rigoroso método de gestão de projetos.

Segundo Pyzdek e Keller (2010), cada fase deve ser executada dentro de um cronograma detalhado que envolve a utilização de ferramentas e conceitos específicos. Para Kennedy (2012), os processos de melhoria contínua de sucesso devem ter bons mecanismos de medição, avaliação e monitoramento, levando sempre em consideração as necessidades e preferências dos clientes. Observa-se que em cada fase do método, os grupos envolvidos com os projetos de melhoria devem utilizar ferramentas de qualidade para cumprir os objetivos estabelecidos, seguindo um cronograma definido no início do projeto.

No conceito *Six Sigma*, o cronograma e as definições do projeto deverão ser validados e aprovados por um personagem denominado *Sponsor*. Este personagem é uma espécie de patrocinador do projeto. Ele deve acompanhar a evolução do projeto, realizando a validação de cada uma das fases em reuniões denominadas *Gate Review* (Reuniões de Revisão). No decorrer deste trabalho será abordado o papel do *Sponsor* com maior profundidade. O quadro 7, ilustra as fases do método DMAIC, detalhando o significado e o objetivo de cada uma.

Quadro 7 – Método DMAIC

FASES	OBJETIVOS
DEFINIR	Definir o problema e os objetivos
MEDIR	Medir o Sistema Existente
ANALISAR	Determinar as causas dos problemas prioritários, analisando o sistema para identificar maneiras de eliminar a lacuna entre o desempenho atual e o objetivo pretendido
IMPLEMENTAR	Propor, avaliar, implementar soluções para os problemas
CONTROLAR	Controlar e garantir a perpetuação dos resultados

Fonte: Adaptado de Werkema (2006) e Pyzdek; Keller (2010)

Observam-se nos *Gates Review*, que as equipes apresentam o trabalho desenvolvido solicitando aprovação formal, e permissão para prosseguir com o projeto. Além de validar e aprovar cada uma das fases, o *Sponsor*, patrocinador do projeto, tem como atribuições prover recursos e remover possíveis barreiras.

Se julgar que os resultados de uma fase não foram satisfatórios, o *Sponsor* deve reprovar a mudança de fase, cabendo a equipe promover as correções solicitadas por ele, agendando em seguida um novo *Gate Review*. Geralmente o *Sponsor* é um colaborador que tem posição gerencial na hierarquia, além de poder de decisão na área onde o projeto está sendo executado. Na maioria das vezes ocupa um cargo de Gerente ou Diretor, podendo, em alguns casos, dependendo da estrutura organizacional, ocupar um cargo coordenador.

A estrutura do método DMAIC estimula o pensamento criativo e o desenvolvimento de soluções para problemas ligados a processos, produtos ou serviços (GEORGE et al. 2005). O método DMAIC é antecedido por uma fase de seleção de projetos. A seleção de projetos é uma fase onde a organização irá selecionar e priorizar os projetos que serão direcionados para as equipes e seus *Belts*. Cada organização deve definir a melhor maneira de selecionar e priorizar seus projetos.

Uma vez selecionados e distribuídos os projetos, existem duas maneiras de os mesmos serem implementados com o método DMAIC (GEORGE et al. 2005). A implantação pode ser realizada por meio de equipes de projeto, ou através de um *Kaizen*.

Para Anand et al. (2010), as equipes de projeto *Six Sigma* atuam muitas vezes de forma transversal entre os departamentos. Para o autor as questões transversais e divisionais justificam o uso do conhecimento integral das práticas. Além disso, as equipes são constituídas por membros de diversas origens que se unem somente durante o tempo do projeto, sendo necessária uma dedicação parcial ao projeto.

Antony (2010) cita que segundo o Dr. Phil Rowe, consultor da Burton Consulting Group, o *Six Sigma* é focado em problemas complexos onde a variabilidade é dos processos é a maior preocupação, requerendo maior envolvimento da gerência sênior para manter os projetos em curso. Segundo Parast (2011), o processo de formação dos *Belts* deve contemplar uma abordagem clara quanto a seleção de projetos, por meio de uma sistemática que privilegie projetos alinhados à estratégia das organizações, devendo estes serem aderentes quanto à aplicação da metodologia.

Laux e Franze (2010) citam a metodologia *Six Sigma* como uma abordagem utilizada para gerir negócios. Segundo os autores ela combina muitos elementos e princípios da gestão da qualidade, se transformando em um método para que as empresas superem os desafios e possam competir dentro da economia global. Para os autores, o *Six Sigma* agrega inovações ao processo de gestão da qualidade por meio de funções de liderança e de trabalhos específicos utilizando a metodologia.

Segundo Laux e Franze (2010), somente em meados de 2010 as entidades de ensino superior começaram a adequar seus currículos para educar os alunos na metodologia *Six Sigma*. Os autores comentam que, para melhor preparar os estudantes, um programa de certificação foi desenvolvido incorporando as principais áreas de conhecimento da metodologia *Six Sigma*. Citam ainda os autores que um certificado foi criado para testificar a validade dos cursos, e um projeto aplicado aos alunos para validar a conclusão.

1.6 Total Quality Management

Muitos autores como Pyzdek e Keller (2010) e Zu et al. (2008) abordam o tema TQM (*Total Quality Management*) em suas literaturas sobre o *Lean Six Sigma*. A ligação entre estas duas metodologias é explicada pela aplicação de muitos conceitos do TQM nas práticas do *Lean*.

Muitos conceitos e práticas utilizados no *Lean Six Sigma* tiveram origem no TQM. Segundo Werkema (2006), a implementação da metodologia *Lean Six Sigma* foca os objetivos estratégicos da empresa, estabelecendo que todos os setores chave deverão possuir metas de melhoria baseadas em métricas quantificáveis, que serão atingidas por meio da execução de projetos. Esta visão da autora está totalmente alinhada aos princípios pregados pelo TQM. Em sua base, o *Six Sigma* contempla a aplicação de métodos, ferramentas e conceitos, experimentados e praticados por décadas dentro do TQM.

Pyzdek e Keller (2010) citam que em parte a metodologia *Lean* utiliza conceitos oriundos do Total Quality Management. Para os autores essa utilização ocorre de forma simplificada, descartando uma grande parte da complexidade que caracteriza a aplicação do TQM.

A sigla TQM tem origem na língua inglesa e no Brasil é conhecida como Gerenciamento Total da Qualidade. É considerada uma estratégia para que organizações de quaisquer portes reconheçam a importância da qualidade em produtos, processos e serviços. Dentro do processo de implantação do TQM existem 4 estágios: Planejamento, Organização, Controle e Liderança.

O método TQM foi desenvolvido no Japão na década de 1980, sendo aperfeiçoado por vários consultores e especialistas aos longos de muitos anos. Entre eles Edwards Deming e Joseph M. Juran, entre outros. Na aplicação do TQM, várias ferramentas estatísticas e conceitos de qualidade são utilizados visando garantir a qualidade nas organizações, tendo como foco o cliente. Algumas destas ferramentas são atualmente utilizadas no *Lean Six Sigma*, como por exemplo o *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*, ferramenta utilizada para identificação dos modos de falha de produtos, processos e serviços.

1.7 Total Productive Maintenance

Segundo Shen (2015), a sigla TPM tem como significado *Total Productive Maintenance*. Para o autor, a sigla tem por definição a busca pela eficiência máxima dos equipamentos, a eficiência global, o estabelecimento de um sistema de manutenção produtiva total que tem como alvo a vida útil dos equipamentos, a manutenção preventiva e corretiva, além da participação efetiva de todos os colaboradores envolvidos com o equipamento (planejadores de manutenção, operadores e equipe de manutenção).

Para Amorin (2011), a metodologia TPM é o resultado natural do desenvolvimento do pensamento *Lean* na área de manutenção. O autor cita que esta metodologia é um pilar essencial na busca pela estabilização da produção por meio de da implantação de planos estratégicos de manutenção. Segundo Amorin, um dos objetivos da metodologia é diminuir o número de paradas de máquinas não planejadas em função de manutenções preventivas ou manutenções preditivas.

O autor cita a necessidade de mudança de paradigma no departamento de manutenção para que ocorra a diminuição dos custos de manutenção e também dos seus custos de operação. Para Amorin (2011), as organizações podem reduzir o tamanho de suas equipes de manutenção quando os departamentos de manutenção deixam de lado seu papel reativo e adotam uma postura proativa, atuando antes da quebra dos equipamentos.

Segundo Pillet (2014), uma gestão *Lean* procura eliminar todas as fontes de prejuízos financeiros, sendo imperativa a utilização máxima da capacidade dos equipamentos. Para o autor o TPM é um processo que maximiza a produtividade dos equipamentos gerando um ambiente onde a melhoria da qualidade e a criatividade são encorajadas por meio da participação dos colaboradores. O autor cita também que muitos desvios são causados por falhas de equipamento e não por problemas de qualidade.

Seguindo na visão do autor, podemos afirmar também que muitos problemas de qualidade são gerados por falhas em equipamentos, sendo evidente a relação do TPM com a qualidade e a eliminação de desperdícios nas linhas produtivas das organizações.

Para Ranteshwar et al. (2013), as perdas e desperdícios gerados no chão de fábrica tem origem nos operadores, pessoal de manutenção, processos, problemas com ferramental e indisponibilidade de alguns componentes no tempo correto. Ainda segundo o autor, existem outras formas de desperdício como tempo ocioso de máquinas, mão de obra ociosa, quebra de máquina e peças rejeitadas. Para o autor, os problemas de qualidade relacionados com os desperdícios tem relevância e devem ser um dos focos das empresas.

Cita Ranteshwar et al. (2013) que existem ainda outras fontes de desperdícios. Na visão do autor são fontes invisíveis, como as máquinas trabalhando abaixo da velocidade nominal, ou trabalhando com algum tipo de desvio. Para o autor a tolerância zero para desperdício e defeitos já são pré-requisitos na indústria. Neste cenário, segundo o autor, o conceito de manutenção produtiva Total (TPM) tem sido adotado em muitas organizações no mundo como uma solução eficiente no caminho da tolerância zero para desperdícios.

O autor reforça que o objetivo de qualquer programa TPM é melhorar a produtividade e a qualidade, juntamente com a melhoria da moral dos funcionários, aumentando assim a satisfação de todas as equipes envolvidas.

A metodologia TPM é um instrumento poderoso dentro do conceito *Lean Six Sigma*. Sua aplicação nas organizações transfere para todos os envolvidos, desde a manutenção até os operadores e usuários, um senso de propriedade e zelo pelos equipamentos. Cada envolvido, dentro de sua área de atuação pode contribuir de forma eficiente e eficaz, com o bom funcionamento dos equipamentos, atuando preventivamente para evitar desvios.

Dentro deste conceito, Ranteshwar et al. (2013) citam o conceito e o princípio da manutenção autônoma. Segundo o autor, a manutenção autônoma tem por objetivo evitar a degradação das máquinas através do *empowerment*, ou seja, a transferência de poder para o operador. Neste conceito os colaboradores tem a responsabilidade de contribuir com a manutenção dos equipamentos por meio de ações básicas de inspeção e manutenção preventiva. Observa-se que ocorre uma descentralização das atividades de manutenção e um compartilhamento das responsabilidades, desonerando as áreas de manutenção das organizações.

Nesta relação estreita do TPM com o *Lean Six Sigma* é observada a aplicação de alguns conceitos importantes que auxiliam na medição dos resultados obtidos por meio da aplicação da metodologia. Um destes conceitos é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) que, segundo Wilson (2010), é a ferramenta primária para medir a eficiência da produção, sendo utilizado para medir a produtividade de uma estação de trabalho, de uma célula, de uma linha de produção, ou de uma fábrica inteira.

Para o autor, o primeiro passo para uma organização iniciar a implementação da metodologia TPM é a medição OEE. O autor cita que o cálculo do OEE engloba os parâmetros disponibilidade do equipamento, desempenho do equipamento e qualidade da produção, sendo a fórmula para cálculo:

$$\text{OEE\%} = \text{Disponibilidade\%} * \text{Performance\%} * \text{Qualidade\%}$$

Segundo Amorin (2011), existem outros dois indicadores utilizados para medição da eficiência dos equipamentos. O MTBF (*mean time between failures*), e o MTTR (*mean time to repair*). Estes indicadores medem respectivamente o tempo médio entre falhas e o tempo médio de reparo, sendo possível avaliar de que forma a aplicação do TPM contribuiu com o aumento dos tempos médios entre quebras para cada um dos equipamentos, bem como a diminuição dos tempos médios de reparo.

O autor cita que o objetivo da metodologia TPM é conjugar o aumento da eficiência da empresa com a melhoria das condições de trabalho, e dos níveis de satisfação dos colaboradores. Para Amorin a implementação desta metodologia contribui efetivamente para o aumento do MTBF e a diminuição do MTTR.

Cita ainda Amorin (2011) que o MTBF e o MTTR são termos regularmente utilizados na indústria para medir a disponibilidade dos equipamentos. A utilização dos indicadores OEE, MTBF e MTTR são instrumentos poderosos na implantação da cultura *Lean Six Sigma* nas áreas de manutenção das organizações, sendo fundamental o empenho das equipes no acompanhamento diário dos mesmos.

1.8 A Integração *Lean e Six Sigma*

Segundo Laureani e Antony (2012), o *Lean* e o *Six Sigma* seguiram por caminhos diferentes desde a criação das metodologias quando os termos começaram a ser veiculados. Os autores citam que as primeiras aplicações dos conceitos *Lean* foram registradas em Michigan nas plantas da Ford em 1913, sendo então desenvolvidos no Japão a partir do Sistema Toyota de Produção, enquanto *Six Sigma* teve sua origem e desenvolvimento nos Estados Unidos na empresa Motorola.

Ao longo dos anos o *Six Sigma* e o *Lean* evoluíram integrando-se aos sistemas de gestão de muitas organizações. A integração aos sistemas de gestão envolve mudanças culturais, treinamentos e capacitação dos colaboradores, além de um acompanhamento muito próximo das atividades junto ao pessoal operacional, possuindo características comuns, tais como ênfase na satisfação do cliente, busca pela qualidade e emprego de ferramentas consagradas de qualidade e estatística (MALEYEFF; ARNHEITER, 2005).

Segundo Snee (2010), o *Lean Six Sigma* é uma estratégia de negócios e uma metodologia que aumenta o desempenho das organizações, resultando em maior satisfação do cliente e melhoria dos resultados.

Laureani e Antony (2012) citam que o *Lean Six Sigma* é uma metodologia de melhoria dos negócios que visa maximizar valor para os clientes melhorando a qualidade, aumentando a velocidade e reduzindo os custos. Segundo os autores, o *Lean* é uma metodologia de melhoria de processo usada para entregar produtos e serviços mais rapidamente e com um menor custo.

Para os autores, um dos elementos de gestão do *Lean* é a redução da variabilidade em cada atividade de um processo, incluindo a variabilidade da demanda, as condições de fabricação, a variabilidade da matéria prima e a variação presente em tempos das tarefas. A gestão *Lean* tenta reduzir variação de tempo de tarefas por meio do estabelecimento de procedimentos de trabalho padronizados. A variabilidade dos fornecedores inclui incertezas em tempos de entrega (MALEYEFF; ARNHEITER, 2005).

Um dos elementos de gestão do *Six Sigma* é a melhoria da qualidade dos processos por meio da redução da variabilidade dos defeitos. Observa-se uma sinergia entre os elementos de gestão do *Lean* e o *Six Sigma* em relação ao foco na redução da variabilidade. O *Lean* e o *Six Sigma* foram derivados de duas demandas diferentes. A produção enxuta, foco do *Lean*, foi derivada a partir da necessidade de aumentar a velocidade do fluxo do produto por meio da eliminação de todas as atividades sem valor agregado. O *Six Sigma* foi desenvolvido a partir da necessidade de garantia da qualidade do produto final, por intermédio da redução do número de defeitos (MALEYEFF; ARNHEITER, 2005).

A integração das metodologias *Lean* e *Six Sigma* permite que a organização se concentre na satisfação do cliente. Além disso, atua na melhoria de processos por meio da agregação de valor e eliminação de desperdícios, elimina a causa raiz dos problemas, reduz a variação e defeitos nos processos, coloca controles adequados sobre as melhorias e colabora com a construção de uma cultura de qualidade na organização (VIJAYA, 2013).

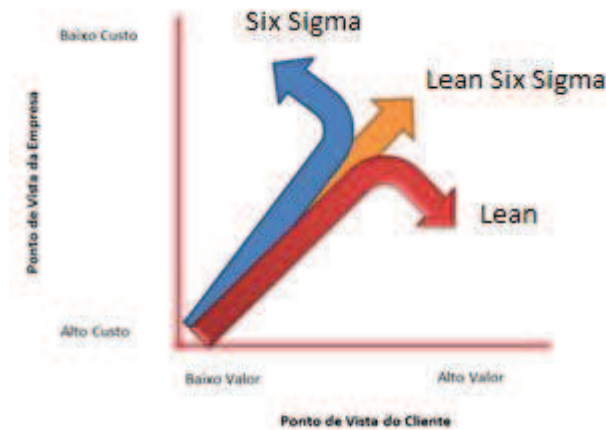
Segundo Snee (2010), o *Lean Six Sigma* também está sendo reconhecido como uma ferramenta de desenvolvimento organizacional. O autor cita que a integração permite a criar uma metodologia que fornece os conceitos, métodos e ferramentas para processos de mudança, sendo, portanto, o *Lean Six Sigma* uma ferramenta de desenvolvimento eficaz de liderança.

Maleyeff e Arnheiter (2005) citam que as organizações que adotaram o *Lean* podem ter ganhos implementando o *Six Sigma*, sendo o inverso também verdadeiro. Organizações que praticam o *Lean* devem fazer mais uso de dados no processo de tomada de decisão, utilizando metodologias que promovam uma abordagem mais científica para a qualidade (MALEYEFF; ARNHEITER, 2005).

Os principais fatores de sucesso da implantação do *Lean Six Sigma* incluem o envolvimento da alta administração das organizações, avaliação estruturada, seleção correta de projetos e propriedade para sustentar os resultados (VIJAYA, 2013). As organizações que praticam *Lean Six Sigma* têm oportunidade de capturar os pontos fortes de ambas as metodologias, incorporando uma metodologia primordial que visa maximizar o resultado de todas as operações de valor agregado, mantendo o foco nos clientes e em suas necessidades (MALEYEFF; ARNHEITER, 2005).

A figura 6 ilustra os ganhos da aplicação conjunta do *Lean Six Sigma*, identificando que os pontos de vista da organização e de seus clientes são respeitados e almejados a partir do momento que na organização busca reduzir os custos de operação da empresa, mantendo o foco na qualidade e agregação de valor para os clientes.

Figura 6 - Integração das Metodologias



Fonte: Maleyeff e Arnheiter (2005)

As vantagens da filosofia *Lean Six Sigma* sobre outra metodologia de melhoria de processos são a abordagem estruturada para eliminar a causa raiz do problema, o envolvimento das partes interessadas em todas as fases do processo de melhoria, redução dos resíduos dos processos e variação dos processos (VIJAYA, 2013).

A integração das metodologias permite uma constante avaliação de todos os sistemas de incentivo da organização, visando garantir que eles auxiliem na otimização global em vez de uma otimização local. Uma organização integrada *Lean Six Sigma* incorpora um processo de gestão de tomada de decisão que considera os possíveis impactos no cliente conjuntamente com a redução dos desperdícios (MALEYEFF; ARNHEITER, 2005).

O *Lean Six Sigma*, agregando o melhor das duas metodologias, foca no uso de metodologias orientadas a dados em toda tomada de decisão, de modo que qualquer modificação tem como base estudos estatísticos. Por meio da integração é possível promover a integração de metodologias direcionadas para minimizar as variações de qualidade (MALEYEFF; ARNHEITER, 2005).

Segundo Antony (2005a, b), *Lean Six Sigma* utiliza as ferramentas de ambas as metodologias, a fim de obter o melhor de cada uma, melhorando a velocidade dos processos ao mesmo tempo em que aumenta a precisão. Para o autor, os benefícios do *Lean Six Sigma* no mundo industrial (fabricação e serviços) têm sido amplamente destacados na produção bibliográfica. O autor destaca como benefícios a garantia dos serviços com a manutenção da conformidade dos produtos, a remoção das etapas que não agregam valor, a redução dos custos decorrentes da falta de qualidade, a redução da incidência de produtos defeituosos, a redução do tempo de ciclo e entregar o produto ou serviço no momento correto, no local correto, em conformidade com a especificação do cliente.

Antony et al. (2007) apresenta casos reais de sucesso em vários setores do segmento de serviços. Observam-se que casos de sucesso ocorreram nos mais variados setores, como os setores da saúde, financeiro e utilidades. Para os autores, um dos aspectos importantes na diferenciação do *Lean Six Sigma*, em relação as metodologias tradicionais de qualidade, é a organização requerida para implantação da metodologia, sendo necessária a criação de uma estrutura organizacional que não envolva apenas o chão de fábrica e a área de qualidade, mas toda organização, a começar pelos executivos, sendo fundamental que estes exijam a utilização da metodologia por parte de todos os subordinados.

Todas as áreas devem planejar e executar projetos de melhoria alinhados com os objetivos estratégicos da organização, utilizando a metodologia como guia. O envolvimento de todas as áreas, seus gestores e colaboradores, são de suma importância para que o processo de melhoria passe a fazer parte da cultura das corporações. Para que a mudança na cultura organizacional ocorra, os colaboradores devem estar totalmente comprometidos e engajados. Cada colaborador é fundamental para que a transformação ocorra, seja liderando projetos de melhoria como um *Belt*, seja atuando como participante de uma equipe.

A visão dos autores citados reforça os benefícios oriundos da integração das duas metodologias por parte das organizações, destacando a importância de um processo estruturado de gestão, capacitação e envolvimento das partes interessadas, a começar pela liderança. Neste cenário fica também evidente a importância do processo de capacitação dos profissionais envolvidos com a implantação da metodologia que passou a ser denominada *Lean Six Sigma*.

1.9 Capacitação *Lean Six Sigma*

O *Six Sigma* incorpora vários métodos comprovados e capacita um pequeno quadro de líderes técnicos, conhecidos como *Belts*. Estes *Belts*, de acordo com sua graduação, são capacitados para liderar o processo de implantação e manutenção da metodologia, sendo conduzidos a um elevado nível de proficiência na aplicação de técnicas e ferramentas de qualidade e conceitos estatísticos (PYZDEK; KELLER, 2010).

Dentro da metodologia, todos os projetos executados por equipes multifuncionais lideradas pelos *Belts* (*Black, Green, Yellow, White*), especialistas em *Six Sigma*, com base no método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar, Controlar), criado pelo Dr. Mikel Harry da Motorola. Segundo Laureani e Antony (2012), ao longo do tempo, com o sucesso do *Six Sigma* e com a expansão de consultorias e empresas de treinamento, novos termos como *Yellow Belt* e *White Belt* foram inseridos no contexto da metodologia.

O autor cita que o perfil *Yellow Belt* e *White Belt* foi criado para preencher uma necessidade para as organizações que desejavam inserir seus colaboradores no contexto da implementação do *Six Sigma*, capacitando os mesmos, ao passo que eram transmitidas as metas que a empresa tentaria alcançar. Para os autores, os termos *Belt* estão sendo utilizados na indústria de forma discriminada, sem uma real compreensão das habilidades necessárias e das responsabilidades inerentes a cada um dos tipos de *Belts* (*White, Yellow, Green e Black*).

Além dos *Belts*, existem ainda mais alguns personagens importantes no processo *Six Sigma*. Estes personagens são o *Sponsor*, já citado anteriormente, e o *Champion*, conforme apresentado no quadro 8. Estes personagens são conhecidos como patrocinadores e foram definidos dentro do conceito da metodologia, sendo de suma importância para o bom andamento do processo *Six Sigma* dentro das organizações. Eles fazem parte do processo de sustentação da metodologia, devendo fazer parte da estrutura hierárquica, ter influência e total comprometimento com o processo. Os profissionais que realizam estes papéis devem ter conhecimento suficiente da metodologia de forma que possam não apenas cobrar resultados, mas principalmente, cobrar a sua aplicação.

Quadro 8: Personagens *Six Sigma*

Patrocinadores	Posição	Funções
<i>Sponsor</i> do Programa <i>Six Sigma</i>	Principal Executivo da Empresa	Promover e definir as diretrizes para a implantação e manutenção do <i>Six Sigma</i> dentro da organização
<i>Sponsor</i> Facilitador	Diretoria	Assessorar o <i>Sponsor</i> do <i>Six Sigma</i> na implantação da metodologia
<i>Sponsor</i> de Projeto	Gerência	Responsável por aprovar cada uma das fases do projeto. Geralmente é o responsável pela área onde está sendo executado o projeto
<i>Champion</i>	Gerência	Apoiar os projetos e remover possíveis barreiras para o seu desenvolvimento

Fonte: Adaptado de WERKEMA (2006)

A configuração dos patrocinadores citados no quadro 8 podem variar dependendo do porte da organização e da disponibilidade de recursos destinados à implementação da metodologia. Existem organizações onde um *Sponsor* de Projeto apoia e patrocina mais de um projeto ao mesmo tempo. Podem existir configurações onde a organização não tenha um *Sponsor* Facilitador, ou ainda casos onde o *Sponsor* Facilitador também seja *Sponsor* de Projetos específicos.

Dependendo do porte de um projeto e de sua importância estratégica para uma organização, pode haver casos onde o *Sponsor* do Programa decida ser também o *Sponsor* deste projeto estratégico. O quadro 9 ilustra como poderia estar configurada a estrutura de patrocinadores em uma pequena empresa fictícia.

Quadro 9: Exemplo da estrutura de patrocinadores. Empresa Fictícia

Presidente	<i>Sponsor</i> do Programa	Promover e definir as diretrizes do <i>Six Sigma</i>
Gerente de Qualidade	<i>Sponsor</i> Facilitador	Assessorar o <i>Sponsor</i> do <i>Six Sigma</i>
Coordenador de Produção	<i>Sponsor</i> de Projeto	Apoiar e patrocinar projetos específicos
Analista de Qualidade Sênior	<i>Champion</i>	Apoiar os projetos e remover barreiras

Fonte: Produzido pelo Autor (2015)

Na operacionalização da metodologia *Six Sigma* observa-se os *Belts* atuando na condução dos projetos de melhoria. O tipo de abordagem do *Belt* dependerá de sua graduação. O quadro 10 ilustra as graduações existentes para os *Belts*.

Quadro 10 - Especialistas *Six Sigma*

<i>Master Black Belt</i>	<i>Staff</i>	Assessora os <i>Sponsors</i> e <i>Champions</i> , atuando como mentor dos <i>Black Belts</i> e <i>Green Belts</i>
<i>Black Belt</i>	<i>Staff</i>	Lidera as equipes de projeto multifuncionais ou funcionais
<i>Green Belt</i>	<i>Staff</i>	Lidera equipes de projetos funcionais ou participa de equipes lideradas por <i>Black Belts</i>
<i>Yellow Belt</i>	Supervisão	Supervisiona a utilização da metodologia e suas ferramentas. Executa projetos focados de curto prazo
<i>White Belt</i>	Operacional	Realiza ações de rotina na operação que irão garantir a perpetuação dos resultados. Podem realizar melhorias rápidas em suas áreas de atuação

Fonte: Adaptado de WERKEMA (2006)

A necessidade da existência de cada personagem estará ligada ao porte da organização e à disponibilização de recursos. Um *Black Belt* poderia também desempenhar o papel de *Master Black Belt*, suportando o *Sponsor* do Programa e os *Sponsors* de Projeto. Em relação ao número de *Belts*, sejam eles *Black*, *Green*, *Yellow* ou *White*, observa-se que cada organização define o número adequado em função dos recursos disponíveis e da quantidade de projetos a serem executados ao mesmo tempo.

Em grandes organizações existe uma Gerência de Melhoria Contínua onde o responsável é um *Master Black Belt*, sendo alocados dois ou mais *Black Belts* responsáveis por liderar o processo *Six Sigma*. Nestes casos, os *Black Belts* capacitam os demais *Belts*, atuam como consultores dos *Green Belts* e, quando necessário, lideram grandes projetos de melhoria corporativos.

Cada *Black Belt* pode acompanhar um ou mais *Green Belts*, estando cada *Green* encarregado de liderar um projeto de melhoria, coordenando uma equipe funcional composta por outros *Greens*, *Yellows* e *White Belts*. Em pequenas organizações, onde não é possível criar toda esta estrutura, os *Green Belts* podem liderar equipes onde os participantes não são *Belts* e também não são conhecedores da metodologia. Nestes casos, é recomendado que o *Green Belt* transmita aos participantes alguns conceitos básicos da metodologia para que os trabalhos da equipe possam fluir com sucesso.

A dedicação do *Belt*, líder do projeto, dependerá da complexidade do projeto e de como está estruturado o programa *Six Sigma* na Organização. A dedicação poderá ser *full* (durante todo o tempo) ou *part-time* (*parte do tempo*). Nas grandes organizações, os *Black Belts* são destacados para atuar *full-time* em suas atividades, enquanto os *Green Belts* atuam *part-time*, conciliando suas atividades de *Belt* com suas atribuições normais.

A Capacitação dos *Belts* em grandes corporações é realizada *in company*. Geralmente, consultorias são contratadas para capacitar os colaboradores. Existem modelos onde alguns colaboradores são treinados internamente ou externamente, ficando responsáveis por replicar os conhecimentos para os demais colaboradores.

Dentro da graduação de *Belts* criada pela Motorola, geralmente o replicador de conhecimentos é um *Black Belt*. Os programas de capacitação são padronizados e seguem a metodologia criada pela Motorola. Os colaboradores envolvidos com a implantação e manutenção da metodologia são graduados, conforme discutido anteriormente (*Black, Green, Yellow, White*).

Atualmente, existem diversas opções de treinamento no mercado. Desde cursos de capacitação de curta duração, até cursos de extensão e pós-graduação. Também é comum encontrarmos cursos de graduação que oferecem disciplinas específicas abordando o tema *Six Sigma*. Em meados de 2010, as entidades de ensino superior começaram a adequar seus currículos para educar os alunos na metodologia *Six Sigma*. (LAUX; FRANZE 2010). Esta variedade de implementações e formas de capacitação *Lean Six Sigma*, pode apontar para a relevância que o mercado deu para esta formação.

Em relação aos níveis de formação, não existe uma regra clara. Observa-se que um profissional pode ser capacitado como *Black Belt*, sem antes ter desempenhado o papel de *Green*.

Observa-se também nas organizações, a prática de promover seus *Black Belts* a partir do quadro de *Green Belts* anteriormente treinados. As regras para selecionar um *Belt* dependem das demandas e particularidades de cada organização. Todavia, é desejável que os colaboradores selecionados tenham algumas competências específicas como liderança e comunicação.

Para melhor preparar os envolvidos com o processo, programas de certificação foram desenvolvidos incorporando as principais áreas de conhecimento da metodologia *Six Sigma*. O processo de certificação foi então criado para testificar a validade dos treinamentos, sendo um projeto aplicado aos participantes para validar os conhecimentos (LAUX; FRANZE, 2010).

O processo de certificação também tem variação dependendo da organização, sua cultura, experiência e nível de comprometimento com o processo. Existem casos onde, além do treinamento, é necessário que o candidato a *Belt* (*Black, Green, Yellow, White*) conclua um ou dois projetos com sucesso. Este tipo de exigência pode elevar o nível de competência e o comprometimento dos profissionais envolvidos, testificando a fluência dos mesmos na metodologia. A execução de um projeto também pode ser observada como um instrumento de capacitação, uma vez que, em muitas organizações, o primeiro projeto utilizado para certificação é acompanhado e monitorado de forma diferenciada pelos *Black Belts* das organizações no caso dos projetos *Green Belt*, e pelos *Master Black Belts*, para os projetos *Black Belt*.

A grande variação observada nas exigências para certificação pode sinalizar para a falta de padronização no mercado, sendo também provável a existência de uma falta de padrão no que tange aos conhecimentos ministrados por cada uma das organizações. Esta teoria reforça a importância deste trabalho de pesquisa, que poderá confirmar a veracidade deste cenário no tocante as empresas de treinamento e instituições de ensino situadas na região do Vale do Paraíba.

1.10 Processos de Certificação

Laureani e Antony (2012) citam que o *Lean Six Sigma* não tem um padrão de certificação aceito globalmente. Para os autores, a proliferação de escolas e instituições de treinamento que oferecem certificação levou a uma grande variação de critérios de avaliação, deixando muitos gestores, recrutadores e líderes de melhoria contínua, céticos quanto aos processos de certificação.

Discorrem os autores que algumas certificações existentes no mercado não necessitam da constatação das competências técnicas ou da execução de projeto. Indivíduos são certificados sem executar nenhum projeto. Como consequência da grande variação nos processos de certificação, muitas organizações criaram seus próprios processos de certificação interna, aumentando ainda mais a variedade de alternativas. Eles reportam que em muitos campos profissionais é exigida uma certificação derivada de um conjunto de padrões e requisitos de formação, testes e experiências, geralmente administrados por uma entidade certificadora e regulamentadora, sendo que no caso do *Lean Six Sigma* os requisitos específicos para a certificação variam e não há uma autoridade certificadora e regulamentadora.

Miller e Lawrence (2015) afirmam que uma busca na internet irá exibir centenas de entidades que oferecem programas de certificação *Lean Six Sigma*. Estes programas são fornecidos por uma multiplicidade de indústrias, universidades, consultores e organizações de formação profissional. Os autores citam ser difícil comparar os diversos programas ofertados no mercado, uma vez que alguns provedores de certificação apenas oferecem o serviço de exame de certificação, enquanto outros oferecem treinamento e exame.

De acordo com Marx (2008), por meio de uma entrevista realizada por uma revista especializada ISixSigma, abordando mais de 1.160 profissionais da área, foi observado que a maioria era certificado, sendo mais da metade certificado pela própria empresa onde atuavam.

A pesquisa demonstra também que organismos *Six Sigma*, como a *American Society for Quality*, *Quality Federation* e *British Quality Foundation*, representavam menos de 15% das certificações globais. A pesquisa também demonstrou uma variação nos processos de certificação das empresas e organismos de certificação, em relação à realização de exames e conclusão de projetos.

Miller e Lawrence (2015) afirmam que na maioria dos programas ofertados observa-se a utilização de um corpo padronizado de conhecimentos, não havendo no mercado um consenso quanto a este padrão. Eles citam ainda que alguns provedores exigem a conclusão de um projeto e um bom desempenho no exame de certificação, enquanto outros exigem apenas um bom desempenho no exame de qualificação.

Segundo a pesquisa Isixsigma, as empresas maiores são muito mais propensas a ter seu processo de certificação interna, em comparação com as pequenas empresas. Enquanto Motorola e Microsoft exigem a obtenção de uma certificação, a empresa Dupont exige seus *Belts* de qualquer tipo de exame.

Diferenças entre as empresas também foram observadas em relação às metas financeiras esperadas e em relação ao número de dias requeridos nos treinamentos de capacitação. Hoerl (2001) apresenta o caso da empresa GE como um exemplo de programa de certificação estudado e explorado na literatura. O autor afirma que os *Belts* na GE são certificados após a conclusão de certo número de projetos financeiramente bem-sucedidos.

Para Ingle e Roe (2001), a GE tem uma abordagem mais estruturada para a formação dos *Belts*, quando comparado com a Motorola, possuindo um escopo de treinamento mais intensivo, enquanto na Motorola o programa é mais flexível, porém com uma maior amplitude de conhecimento.

A maioria das grandes corporações contratou consultores para estabelecer programas de treinamento *Lean Six Sigma* em suas organizações; no entanto, as organizações de pequeno e médio porte contratam profissionais certificados ou incentivam seus profissionais na busca da certificação externa (MILLER; LAWRENCE, 2015).

Para os autores, em função dos benefícios comprovados na implantação de programas de qualidade *Lean Six Sigma*, a procura por indivíduos certificados é grande, sendo estes profissionais melhor remunerados.

Laureani e Antony (2012) citam a variedade nas práticas de certificação trazem consequências para o mercado. Os autores relatam as seguintes consequências:

- a) Dificuldade para comparar o nível de preparação dos profissionais;
- b) Dificuldade para avaliação dos profissionais a serem contratados;
- c) Falta de parâmetros para comparar a eficácia dos treinamentos;
- d) Falta de parâmetros para comparar parceiros de formação e consultoria,
- e) Necessidade de manter um processo de certificação interna.

Tendo em mãos as práticas utilizadas nas empresas que responderam à pesquisa Isixsigma, a American Society for Quality, a Quality International Federation e a British Quality Foundation propuseram um padrão baseado em um corpo mínimo de conhecimento, a partir do Centro de Excelência liderado pela Ohio State University - Fisher College of Negócios. (LAUREANI; ANTONY, 2012).

Os autores citam ainda os esforços da International Academy for Quality na divulgação deste padrão e recomendam a utilização do mesmo como padrão de certificação, fazendo a proposição de um modelo de certificação baseado em três aspectos:

- a) *Body of knowledge*: Exame de certificação baseado no corpo de conhecimento proposto pela American Society for Quality
- b) *Body of experience*: Avaliação da Experiência do profissional, incluindo a evidência de projetos realizados.
- c) *Maintaining of certification and re-certification*: Re-certificação dos profissionais em ciclos de tempo definidos.

Os autores comentam que os requisitos para formação dos *Black Belts* e *Green Belts* eram diferentes, de modo a refletir a diferença de experiência e domínio de ferramentas, necessários para desempenhar seus papéis. Reforçam ainda os autores a recomendação do uso do corpo de conhecimento criado pela American Society for Quality, citando que este corpo de conhecimento (*Body of Knowledge*) já é amplamente adotado e reconhecido no mercado.

Em relação ao corpo de experiência (*Body of Experience*), os autores citam que os profissionais *Lean Six Sigma* precisam mostrar domínio na execução dos projetos e processos de melhoria, demonstrando e comprovando ter liderado projetos.

Os autores comentam também a necessidade da comprovação da geração de resultados financeiros, melhoria de indicadores e o depoimento de executivos da organização. Com estes elementos, os autores sugerem ser capaz de testificar a experiência do profissional. Para a manutenção da certificação, os autores sugerem que os profissionais devem comprovar a habilitação para manter a certificação ao longo do tempo, por meio de um programa de requisitos de certificação, a partir da participação em atividades de melhoria em ciclos de cinco anos para *Black Belts* e três anos para *Green Belts*.

Outro corpo de conhecimento difundido no mercado é o *Body of Knowledge* do IASSC (International Association for *Six Sigma Certification*). Segundo o site da IASSC, os exames de certificação desta organização estão presentes em mais de 165 países, com mais de 8000 centros de exames (IASSC, 2016). Esse corpo de conhecimento poderia ser uma alternativa em relação ao oferecido pela American Quality Society. Todavia, observa-se que sua última revisão ocorreu em 2001 (IASSC, 2016). Em contrapartida, observa-se que a última revisão do corpo de conhecimento da American Quality Society ocorreu em 2014 (ASQ, 2016).

Laureani e Antony (2012) discorrem que pode haver discussão sobre as diferenças na aplicação das normas de certificação em relação ao setor aplicado, seja ele industrial ou comercial. Para os autores, as ferramentas utilizadas na manufatura podem ser diferentes daquelas aplicadas no setor de serviço. Afirmam os autores que o conjunto de ferramentas e teorias aplicadas na metodologia *Lean Six Sigma*, deriva, em última análise, das teorias da Gestão da Qualidade desenvolvidas por Deming e Juran.

Para os autores, a falta de normas de certificação pode colocar em jogo a credibilidade do *Six Sigma* na indústria. Eles citam a proliferação de novas certificações e treinamentos, e a fundamentação do corpo de conhecimento com base em décadas do progresso no campo da Gestão da Qualidade, sendo estes conhecimentos independentes da indústria.

Na opinião dos autores é irônico que a metodologia *Lean Six Sigma* não preze por uma norma para certificação, gerando confusão e uma indústria paralela para práticas de certificação. Os autores citam que ao longo da história do *Six Sigma*, e mais recentemente *Lean Six Sigma*, nenhum organismo internacional adiantou-se para assumir a responsabilidade do estabelecimento de um padrão de certificação global, como os existentes atualmente em muitas profissões.

Grandes corporações criaram a sua própria estrutura interna de certificação para fomentar a metodologia em seus domínios, tendo pouco, ou nenhum, interesse em compartilhar seus métodos com outras empresas (LAUREANI; ANTONY, 2012).

Embora ainda existam numerosos corpos de conhecimento (*Body of Knowledge*) referentes ao *Lean Six Sigma*, muitos programas de certificação mencionam em seus sites que seu currículo é derivado de uma das três organizações: ASQ, IASSC ou o The Council for *Six Sigma* Certification.

Mast e Lokkerbol (2012) afirmam que o American Quality Society é uma das maiores bases de certificação do mundo, sendo referenciada por várias outras organizações certificadora. Miller e Lawrence (2015) afirmam que com a inundação de prestadores de credenciamento que oferecem certificações *Lean Six Sigma*, pensava-se que um exame de certificação adequado estaria disponível para o mercado.

Citam os autores que depois de uma revisão minuciosa de mais de 50 certificações oferecidas na web, verificou-se que a maioria destes programas eram muito caros para estudantes universitários, ou exigiam conclusão de um projeto com ganhos monetários elevados, não sendo este cenário possível para os alunos.

Os autores relatam que em alguns casos eles não tiveram retorno de algumas certificadoras quando questionaram sobre seus programas para universitários. Por estes fatores, segundo os autores, um Conselho de Certificação foi criado pela *Association of Technology, Management and Applied Engineering* (ATMAE), para proposição de um novo modelo de certificação em novembro de 2010.

Segundo Miller e Lawrence (2015), a premissa principal para a ATMAE era fornecer uma certificação acessível para universitários seguindo as orientações de organizações de acreditação reconhecidas. Segundo os autores, a ATMAE utilizou como ponto de partida o corpo de conhecimento (*Body of Knowledge*) da American Society for Quality.

O processo de certificação na metodologia *Lean Six Sigma* é fundamental para testificar o nível de conhecimento dos profissionais envolvidos. Por meio das informações coletadas observa-se que não existe um consenso quanto ao padrão a ser adotado.

Conforme observado por Laureani e Antony (2012), é difícil compreender como uma metodologia como o *Lean Six Sigma*, que preza pela normatização, ainda não tenha um padrão claro e definido para certificar seus profissionais, gerando desconfiança no mercado e processos de certificação paralelos. As informações apontam que as iniciativas de algumas organizações como a IASSC e a ASQ tendem a diminuir esta lacuna, sendo uma alternativa e um guia para normatização dos processos de certificação.

Já podemos observar, no Brasil, empresas de treinamento que fazem menção ou recomendam a ASQ como seu padrão de certificação. O portal *Lean Six Sigma* Brasil, que engloba a comunidade brasileira de interessados na metodologia, contando com mais de 10800 associados, recomenda em sua página de certificação a ASQ (*Lean Six Sigma* Brasil; 2016).

A identificação e a adoção de um padrão por parte das empresas de treinamento e instituições de ensino darão maior segurança para o mercado, sendo possível avaliação da aderência dos treinamentos ao padrão. Por consequência também é esperado uma melhoria da qualidade na formação dos *Belts*, além da uniformidade dos conhecimentos destes profissionais.

As empresas que contratarem os profissionais certificados saberão previamente que tipos de conhecimentos poderão exigir. Assim como ocorreu com a formação de auditores nas normas ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001, é esperado que o mercado trabalhe cada vez mais na busca e na definição de um padrão global que atenda todas as necessidades de formação dos *Belts*.

1.11 Processos de Acreditação

Segundo Rooney e Ostenberg (1999), a acreditação é um processo formal pelo qual um órgão reconhecido, geralmente uma organização não governamental, avalia e reconhece que uma instituição atende a padrões aplicáveis, predeterminados e publicados. Os padrões de acreditação são normalmente considerados ótimos e possíveis e são elaborados para estimular esforços para a melhoria contínua das instituições acreditadas.

Os autores citam que a decisão de acreditação por parte de uma instituição é realizada após uma avaliação periódica *in loco* por uma equipe de avaliadores composta por pares, geralmente realizada em períodos de tempo regulares. Citam os autores que a acreditação é geralmente um processo voluntário no qual instituições decidem participar, em vez de ser decorrente de imposição legal ou regulamentar.

Segundo o Inmetro (2017), a acreditação é uma ferramenta estabelecida em escala internacional para gerar confiança na atuação de organizações que executam atividades de avaliação da conformidade. O órgão cita que a acreditação é o reconhecimento formal por um organismo de acreditação, atestando que uma organização atende a requisitos previamente definidos e demonstra ser competente para realizar suas atividades com confiança. Um sistema concebido para acreditar serviços de avaliação da conformidade deve transmitir confiança para o comprador e para a autoridade regulamentadora. Tal sistema deve facilitar o comércio através das fronteiras, como buscam as organizações e autoridades em comércio.

No mercado os processos de acreditação mais conhecidos dizem respeito às normas de Saúde e também as normas ISO, como por exemplo, a ISO 9001, ISO 14001, ISO 27001, ISO 22301, ISO 20000. Em relação às entidades certificadoras das normas ISO, a acreditação atesta as qualificações destas entidades e a qualidade dos serviços prestados por elas. O processo de acreditação nas normas de Saúde e normas ISO já este validado e consolidado, podendo ser uma referência para o desenvolvimento do processo de acreditação do mercado *Lean Six Sigma*.

Nas normas ISO os órgãos ditos acreditadores avaliam as competências das entidades certificadoras baseadas em critérios de conformidade da norma ISO/IEC 17021. Esta norma trata da avaliação de conformidade e requisitos para organismos que fornecem auditoria e certificação de sistemas de gestão.

Segundo a consultoria Templum (2017), existem inúmeros selos de acreditação para a certificação de sistemas de gestão, dos quais podemos destacar JAS-ANZ, ANAB, UKAS, CGCRE/INMETRO e RVA. A consultoria, cita que até o início dos anos 2000 era comum os organismos de certificação terem selos de acreditação para sistemas de gestão.

Ainda segundo a consultoria, desde 2004 a IAF (*International Accreditation Forum*), órgão máximo de acreditação de organismos de certificação mundial, regulamentou o reconhecimento mútuo de seus organismos de acreditação em todo o mundo. Passando as entidades de acreditação a serem reconhecidas em âmbito mundial. A consultoria cita como exemplos as acreditações JAS-ANZ e CGCRE/INMETRO que são reconhecidas mundialmente. Para a consultoria esta medida do IAF foi necessária para a quebra de barreiras comerciais, existindo uma tendência de que cada vez mais o mercado adote selos de acreditação, promovendo a globalização na certificação de sistemas de gestão.

Segundo a IAF (2017), a acreditação é “a avaliação independente de organismos de avaliação de conformidade contra normas reconhecidas a fim de assegurar sua imparcialidade e competência. Por meio da aplicação de normas nacionais e internacionais, o governo, compradores e consumidores, podem ter confiança nos resultados de calibrações e ensaios, nos relatórios de inspeção e nas certificações fornecidas”.

Kosutic (2016), em artigo postado no site da empresa Advisera Expert Solutions, cita as diferenças básicas entre Acreditação, Certificação e Registro. O autor explica que a Certificação é um processo onde um organismo certificador emite um certificado atestando que uma organização está em conformidade com uma norma. O registro ocorre quando este certificado é registrado com o organismo de certificação. A leitura correta deste processo segundo o autor deveria ser: “uma organização tem um certificado que é formalmente reconhecido”.

Para Kosutic (2016), ainda que tecnicamente certificação e registro possam ser enquadrados como sendo a mesma coisa, ele comenta que na América do Norte o termo registro é mais utilizado para expressar que uma organização está em conformidade, enquanto no resto do mundo ele é usualmente chamado de certificação.

O autor relata ainda que a ISO (*International Organization for Standardization*) recomenda o uso do termo certificação. Quanto a acreditação Kosutic (2016), relata que os organismos de certificação precisam obter uma licença, chamada acreditação, para que sejam capazes de realizar auditorias de certificação e emitir os certificados.

Desta forma, segundo o autor, os organismos de certificação são acreditados, enquanto que organizações são certificadas, devendo os organismos de certificação estarem em conformidade com a norma ISO 17021. O autor relata que existe geralmente apenas um organismo de acreditação para cada país, existindo em contrapartida, vários organismos de certificação dos mais variados portes em operação, como por exemplo as multinacionais SGS, BSI, DNV, BV, etc.

No mercado de certificações *Lean Six Sigma* podem ser observadas algumas iniciativas no tocante a implantação de processos de acreditação. Exemplos são a *IASSC (International Association for Six Sigma Certification)*, e o *The Council for Six Sigma Certification*, entidades americanas que atualmente oferecem um processo de acreditação para entidades que queiram fornecer a Certificação *Green Belt*.

Observa-se, no contexto apresentado, que o processo de acreditação no mercado *Lean Six Sigma* ainda não tem a mesma estrutura, maturidade, aceitação e organização que as normas ISO. Poucos artigos foram encontrados abordando o processo de acreditação no mercado *Lean Six Sigma*. Dentre esses artigos, podemos destacar Pepper e Spedding (2010) no artigo *The Evolution of Six Sigma* e Miller, e Lawrence (2015) no artigo *The ATMAE Lean Six Sigma Certification Exam: Why it Matters to You?*

Tendo como base os conceitos e definições do processo de acreditação apresentados, entendeu-se a relevância deste tema. Sendo assim, durante o processo de desenvolvimento deste projeto de pesquisa a questão da acreditação passou a ser considerada relevante no desenvolvimento do mercado de certificação *Green Belt*.

Em função do exposto, o processo de acreditação passou a ser um dos elementos a pesquisados junto às empresas de treinamento e instituições ensino, com o objetivo de constatar se alguma instituição pesquisada já tinha passado por um processo de acreditação. Uma questão específica será abordada junto às organizações, com o intuito de levantar se as empresas e instituições de ensino são acreditadas por entidade reconhecida e constituída para este fim.

Assim como observado na ISO, acredita-se que o processo de acreditação poderia gerar maior confiabilidade e credibilidade ao processo de Certificação *Green Belt*, dando aos clientes das empresas de treinamento e instituições de ensino, e ao mercado como um todo, a certeza de que estão contratando serviços e/ou profissionais que estão em conformidade com os conteúdos e padrões de qualidade previamente definidos e atestados como satisfatórios por parte de uma entidade acreditadora.

A falta de um processo maduro de acreditação em uma metodologia que prega utilização de processos estruturados pode lançar incertezas e questionamentos sobre o futuro da mesma. As iniciativas da *IASSC (International Association for Six Sigma Certification)*, e o *The Council for Six Sigma Certification*, podem trazer um alento e uma direção para o mercado. Todavia, observa-se que estas iniciativas são isoladas, não possuindo ainda uma ampla adesão por parte do mercado.

O fato de poucos artigos abordarem este tema pode sinalizar o quanto embrionárias estão as discussões e os avanços na direção da ampla utilização de processos de acreditação no mercado *Lean Six Sigma*. Este cenário também pode ser observado como uma grande oportunidade para futuras pesquisas e o aprofundamento no tema, principalmente junto às instituições que iniciaram este processo, cabendo também o envolvimento e discussões com as instituições que tem sugerido padrões de certificação. A certificação e a Acreditação são processos complementares e poderiam estar no mesmo estágio de maturação, assim como ocorreu com a ISO. O desenvolvimento e o avanço da metodologia nos próximos anos podem estar integralmente ligados à forma como serão geridos os processos de acreditação e certificação por parte do mercado.

2. METODOLOGIA

Quanto à sua natureza, a pesquisa é aplicada. Segundo Gerhardt (2009), a pesquisa aplicada tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicações práticas, dirigidas a solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais.

No que tange aos objetivos, a pesquisa é descritiva. Neste tipo de pesquisa, os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados sem que o pesquisador interfira neles (ANDRADE, 2010).

Em relação à abordagem, a pesquisa é quali-quantitativa, por meio de um estudo exploratório e comparativo realizado na região do Vale do Paraíba. As coletas de dados desta pesquisa foram realizadas por meio de um levantamento preliminar nos *sites* das empresas de treinamento e instituições de ensino da região, com posterior aplicação de questionários junto a estas organizações, além de contatos telefônicos e entrevistas para complemento das informações coletadas, quando necessário, sendo todos os dados coletados, computados e tabulados para análise.

As empresas e instituições de ensino foram identificadas e selecionadas por meio da ferramenta de pesquisa da *Google*, sendo selecionadas as empresas que ofertam cursos de atualização *Lean Six Sigma Green Belt*.

O questionário aplicado (Apêndice A) tem por objetivo identificar as características dos cursos e seus componentes curriculares, tendo como base os conteúdos propostos por entidade certificadora reconhecida internacionalmente. Os dados coletados foram tabulados e apresentados em forma de tabelas, visando suportar as análises e conclusões oriundas deste trabalho.

Os componentes curriculares pesquisados junto às instituições de ensino e empresas de treinamento foram comparados com os componentes curriculares originalmente definidos por uma entidade internacional que certifique os profissionais *Green Belt*.

3. PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Para execução do trabalho de pesquisa, foi realizado um planejamento que considerou a realização de seis fases:

- 1) Revisão Bibliográfica;
- 2) Identificação do Padrão Internacional de Certificação;
- 3) Criação do Questionário;
- 4) Identificação das Empresas de Treinamento e Instituições de Ensino;
- 5) Aplicação do Questionário;
- 6) Tabulação e Apresentação dos Resultados.

Durante a primeira fase do trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica qualitativa, por meio de um estudo exploratório e comparativo. A pesquisa foi realizada tendo como base um levantamento bibliográfico nas principais bases de periódicos disponíveis como *Elsevier*, *Scielo* e *Science Direct*, além de levantamento nos *Sites* de empresas de Treinamento, Acreditação e Certificação.

Para suportar a pesquisa bibliográfica foi utilizado o *software Harzing Publisher*, apresentado na figura 7. O referido software foi desenvolvido pela *Tarma Software Research* a partir dos conhecimentos da pesquisadora *Anne Wil Harzing*, professora de Gestão Internacional e Pesquisadora associada da Universidade de Melbourne, Austrália. Recomendações para utilização do software foram encontradas no “Portal da Escrita Científica” da Universidade de São Paulo, campus de São Carlos (USP São Carlos).

A utilização do *software* permitiu sistematizar, agilizar e melhorar a qualidade do processo de pesquisa. Por meio dos diversos filtros disponíveis no *software* foram realizadas buscas específicas que resultaram na seleção dos diversos artigos utilizados neste trabalho de pesquisa. Por intermédio do software é possível pesquisar a produção bibliográfica por meio de filtros como tema, autores e palavras chaves. Para este trabalho foram utilizados os filtros de periodicidade no período de 1990 a 2015 com o tema “*Six Sigma*”, periodicidade de 2000 a 2015 com tema “*Green Belt Certification*”, e periodicidade 2000 a 2015 com o tema “*Six Sigma Certification*”.

Figura 7: Tela Harzing Publisher

The screenshot displays the Harzing Publisher software interface. The main window is titled "Harzing's Publish or Perish" and shows an "Author impact analysis" for the author "a harzing". The interface includes a menu bar (File, Edit, Query, View, Tools, Help), a left sidebar with navigation options, and a main content area with search filters and results.

Search Filters:

- Authors ("AB Lastname"): "a harzing"
- Exclude these authors: (empty)
- Year of publication between: 0 and 0
- Data source: Google Scholar

Summary Statistics:

Papers:	301	Cites/paper:	32.45	h-index:	46	"a harzing"
Citations:	9766	Cites/author:	7235.02	g-index:	96	Query date: 2016-01-16
Years:	21	Papers/author:	216.21	h ₁ /norm:	37	Papers: 301
Cites/year:	465.05	Authors/paper:	1.79	h ₁ /annual:	1.76	Citations: 9766
						Years: 21

Results Table:

Check	Cites	Per year	Authors	Title	Year	Publication
<input checked="" type="checkbox"/>	454	32.43	AW Harzing	Acquisitions versus greenfield investments: Internatio...	2002	Strategic management journal
<input checked="" type="checkbox"/>	444	63.43	NJ Adler, AW Harzing	When knowledge wins: Transcending the sense and r...	2009	Academy of Management Learning & Education
<input checked="" type="checkbox"/>	437	27.31	AW Harzing	An empirical analysis and extension of the Bartlett an...	2000	Journal of international business stu...
<input checked="" type="checkbox"/>	384	22.59	AW Harzing	Managing the multinationals: An international study of...	1999	
<input checked="" type="checkbox"/>	376	41.78	AW Harzing, R Van ...	Google Scholar: the democratization of citation analysi...	2007	Ethics in science and environmental...
<input checked="" type="checkbox"/>	350	16.67	AWK Harzing	The persistent myth of high expatriate failure rates	1995	International Journal of Human Res...
<input checked="" type="checkbox"/>	347	57.83	AWK Harzing, A Pinni...	International human resource management	2010	
<input checked="" type="checkbox"/>	346	24.71	AW Harzing	Of bears, bumble-bees, and spiders: The role of expa...	2002	Journal of World Business
<input checked="" type="checkbox"/>	324	17.05	AW Harzing	Response rates in international mail surveys: Results ...	1997	International Business Review
<input checked="" type="checkbox"/>	314	34.89	AW Harzing	Publish or perish?	2007	
<input checked="" type="checkbox"/>	282	21.69	AW Harzing, A Sarge	The relative impact of country of origin and universa...	2003	Organization Studies
<input checked="" type="checkbox"/>	270	27.00	AW Harzing	Response Styles in Cross-national Survey Research A...	2006	International Journal of Cross Cultu...
<input checked="" type="checkbox"/>	263	17.53	AW Harzing	Who's in charge? An empirical study of executive staff...	2001	Human Resource Management
<input checked="" type="checkbox"/>	250	19.23	AJ Feely, AW Harzing	Language management in multinational companies	2003	Cross Cultural Management: An ...
<input checked="" type="checkbox"/>	199	28.43	N Noorderhaven, A...	Knowledge-sharing and social interaction within MNEs...	2009	Journal of International ...
<input checked="" type="checkbox"/>	188	26.86	AW Harzing, R Van ...	A Google Scholar h-index for journals: An alternative ...	2009	Journal of the American Society ...
<input checked="" type="checkbox"/>	185	20.56	M Pudelko, AW Harz...	Country-of-origin, localization, or dominance effect? ...	2007	Human Resource Management
<input checked="" type="checkbox"/>	184	23.00	AW Harzing, AJ Feely	The language barrier and its implications for HQ-subsi...	2008	Cross Cultural Management: An ...
<input checked="" type="checkbox"/>	181	11.31	AW Harzing	Cross-national industrial mail surveys: why do respons...	2000	Industrial Marketing Management
<input checked="" type="checkbox"/>	181	13.92	AW Harzing	The role of culture in entry mode studies: From neglec...	2003	Advances in international managem...
<input checked="" type="checkbox"/>	168	28.00	AW Harzing	The publish or perish book	2010	
<input checked="" type="checkbox"/>	155	11.07	AW Harzing	Are our referencing errors undermining our scholarshi...	2002	Journal of Organizational Behavior
<input checked="" type="checkbox"/>	151	30.07	AW Harzing	An analysis of the functions of international transfer o...	2001	Employee Relations
<input checked="" type="checkbox"/>	139	11.58	J Barry Hooding, MB...	A knowledge transfer perspective of strategic assign...	2004	The International Journal of ...
<input checked="" type="checkbox"/>	132	11.00	AW Harzing, C Chris...	Expatriate failure: time to abandon the concept?	2004	Career Development International
<input checked="" type="checkbox"/>	124	12.40	AW Harzing, N Now...	Knowledge flows in MNCs: An empirical test and exten...	2006	International Business Review
<input checked="" type="checkbox"/>	116	12.89	J Mingers, AW Harzing	Ranking journals in business and management: a stati...	2007	European Journal of Information...
<input checked="" type="checkbox"/>	99	4.95	AW Harzing, G Hofst...	Planned change in organizations: The influence of neti...	1996	Research in the Sociology of Organ...
<input checked="" type="checkbox"/>	99	8.25	B Myloni, AWK Harz...	Host country specific factors and the transfer of hum...	2004	International Journal of ...

Fonte: Site Harzing Publisher

Realizada a pesquisa e obtidos os dados, os mesmos foram transferidos para uma planilha de cálculo para confecção de gráficos e tabelas. Inicialmente, para embasamento da revisão bibliográfica, foram selecionados os artigos sobre os temas “Six Sigma” com maior número de citações, publicados em periódicos especializados e ligados ao tema estudado. Na sequência, foram selecionados outros artigos menos citados cujos títulos apresentavam ligação com o objeto de estudo da pesquisa, com foco nos temas “Six Sigma”, “Six Sigma Certificaton” e “Green Belt Certification”.

Para finalizar a primeira fase da pesquisa, realizou-se uma terceira seleção de artigos cujo foco de suas pesquisas foi o processo de certificação *Lean Six Sigma*, com ênfase na certificação *Green Belt*. Nestes artigos, procurou-se extrair o modo de operação do mercado de certificação, e os padrões atualmente utilizados, bem como as empresas consideradas referência nesse mercado.

Na segunda fase da pesquisa, buscou-se identificar a existência de padrões de certificação propostos por instituições citadas como referências internacionais não apenas na aplicação do *Lean Six Sigma*, mas também no mercado de certificações. Dentre os padrões encontrados selecionou-se aquele que apresentou o maior número de recomendações, tendo como base os artigos utilizados na revisão bibliográfica, sendo também identificados e mapeados os seus componentes curriculares. Detalhes sobre os padrões encontrados são apresentados nos resultados da pesquisa.

Identificado o padrão de certificação internacional, iniciou-se a terceira fase da pesquisa tendo como objetivo a construção de um questionário (Apêndice A), a partir dos componentes curriculares mapeados junto ao padrão selecionado. Na construção do questionário foram criados dois grupos de questões, sendo estas agrupadas em dimensões com o objetivo de criar um sistema de avaliação que viabilizasse a comparação por grupo de questões, de acordo com a especificidade de cada dimensão.

O primeiro grupo de perguntas tem como objetivo mapear a estrutura dos cursos e suas principais características no tocante ao seu funcionamento e modo de operação. Para este grupo foi criada apenas uma dimensão de perguntas, conforme apresentado na figura 8.

Figura 8: Imagem do Grupo de Perguntas 1 – Dimensão I

Dimensão I. Características do Curso
1. Tipo de Instituição (E)mpresa de Treinamento, (I)nstituição de Ensino
2. Carga Horária Presencial (Horas)
3. Exigência de Prova para Certificação (Sim/Não)
4. Exigência de Projeto para Certificação (Sim/Não)
5. Exigência de Re-Certificação Periódica (Sim/Não)
6. Entidade Acreditada por Alguma Instituição
7. Utiliza Software Estatístico

Fonte: Criado pelo Autor

A primeira questão foi inserida no questionário com o propósito de identificar o tipo de organização que oferece o curso. Se a mesma é uma empresa de treinamento, ou uma instituição de ensino. A segunda questão aborda a carga horária do curso, tendo como principal objetivo identificar se existem diferenças entre os cursos analisados.

As questões 3, 4 e 5, foram adotadas em função das práticas observadas no mercado, e principalmente em função das recomendações dos padrões estudados, que sugerem a realização de prova escrita para certificação, a conclusão de um projeto, e a realização de um processo de re-certificação periódico, assim como acontece nas normas ISO.

A questão 6 foi considerada em função da relevância dos processos de acreditação. Conforme discutido anteriormente no trabalho, o processo de acreditação ainda é embrionário no mercado *Lean Six Sigma*. Todavia, dada sua importância para melhoria da confiabilidade e credibilidade do mercado, considerou-se adotar esta questão.

Em relação à questão, sua inserção ocorreu em função da importância da estatística nos projetos conduzidos pelos *Green Belts*. Conforme discutido anteriormente neste trabalho de pesquisa, a estatística é ferramenta indispensável na aplicação do *Lean Six Sigma*, sendo pertinente que os cursos não apenas a abordem, mas que também apresentem ferramentas que auxiliem na sua aplicação.

O segundo grupo de questões, denominado “Padrão”, tem como objetivo delinear a aderência dos cursos em relação ao padrão selecionado. O padrão selecionado apresenta os componentes curriculares divididos em seis grupos: a) Visão Geral do *Six Sigma*; b) Fase Definir; c) Fase Medir, d) Fase Analisar; e) Fase Implementar; f) Fase Controlar. Visando buscar aderência entre o questionário e o padrão proposto, foram criadas seis dimensões com os mesmos nomes, tendo cada dimensão a lista de componentes curriculares propostos no padrão. Para responder o segundo grupo de questões do questionário o entrevistado deve apenas assinalar um “X” em cada um dos componentes curriculares que sua empresa ou instituição de ensino ministra no curso.

A primeira dimensão do segundo grupo de questões, denominada “Dimensão II Visão Geral: *Six Sigma*” tem como objetivo identificar se as empresas de treinamento e instituições de ensino abordam em seus programas, os conteúdos propostos pelo padrão. Estes conteúdos dizem respeito a conceitos sobre o *Lean e o Six Sigma*, questões relativas à implantação, gestão de indicadores, a ferramentas *Value Stream Map*, utilizada no mapeamento de processos, e a ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), utilizada na identificação dos modos de falha de equipamentos, processos, ou serviços. A figura 9 apresenta os tópicos propostos na primeira dimensão do segundo grupo de questões.

Figura 9: Imagem do Grupo de Perguntas 2 – Dimensão II

Dimensão II. Visão Geral: Six Sigma
1. Value of Six Sigma
2. Organization Goals and Six Sigma Projects
3. Organization Drivers and Metrics
4. Lean Concepts
5. Value Streaming Mapping
6. Road Maps for DFSS
7. Basic failure mode and effects analysis (FMEA)
8. Design Fmea and Process Fmea

Fonte: Criado pelo Autor

A segunda dimensão do segundo grupo de questões, denominada “Dimensão III Fase Definir”, apresenta 22 tópicos relativos aos componentes curriculares propostos pelo padrão para compreensão, domínio e fluência na aplicação da fase Definir do DMAIC. A seguir são apresentados na figura 10, os conteúdos abordados nesta dimensão.

Figura 10: Imagem do Grupo de Perguntas 2 – Dimensão III

Dimensão III. Define Phase
1. Project Selection
2. Process Elements
3. Benchmarking
4. Process Input and Outputs
5. Owners and Stakeholders
6. Customer Identification (VOC)
7. Customer Data (VOC)
8. Customer Requirements (VOC)
9. Project Charter
10. Project Scope
11. Project Metrics
12. Project Planning Tools
13. Project Documentation
14. Project Risk Analysis
15. Project Closure
16. Management and Planning Tools
17. Process Performance
18. Communication
19. Team Stages and Dynamics
20. Team roles and Responsibilities
21. Team Tools
22. Team Communication

Fonte: Criado pelo Autor

Na terceira dimensão, denominada “Dimensão IV Fase Medir”, são apresentados os tópicos relativos aos componentes curriculares propostos para a fase Medir. A figura 11 apresenta os conteúdos abordados nesta dimensão.

Figura 11: Imagem do Grupo de Perguntas 2 – Dimensão IV

Dimensão IV: Fase Medir
1. Process Analysis and Documentation
2. Basic Probability Concepts
3. Central Limit Theorem
4. Statistical Distributions
5. Types of data and Measurement Scales
6. Sampling and Data Collection Methods
7. Descriptive Statistics
8. Graphical Methods
9. Measurement System Analysis (M.S.A)
10. Process and Performance Capability
11. Process Performance vs. Process Specification
12. Process Capability Studies
13. Process Capability (Cp,Cpk) and Process Performance (Pp,Ppk) Indices
14. Short Term vs. Long Term Capability and Sigma Shift

Fonte: Criado pelo Autor

Observa-se na quarta dimensão, denominada “Dimensão V Fase Analisar”, a apresentação dos tópicos relativos aos componentes curriculares propostos para a fase Analisar. Na figura 12 são apresentados os conteúdos abordados nesta dimensão.

Figura 12: Imagem do Grupo de Perguntas 2 – Dimensão V

Dimensão V: Fase Analisar
1. Multi Vari Studies
2. Correlation and Linear Regression
3. Basic Hypothesis Testing
4. Tests for Means, Variances, and Proportions (Anova)

Fonte: Criado pelo Autor

Para a quinta dimensão, denominada “Dimensão VI Fase Implementar”, são apresentados os tópicos relativos aos componentes curriculares propostos para a fase Implementar. A figura 13 apresenta os conteúdos abordados nesta dimensão.

Figura 13: Imagem do Grupo de Perguntas 2 – Dimensão VI

Dimensão VI: Fase Implementar
1. DOE Basic Terms
2. DOE Graphs and Plots
3. Root Cause Analysis
4. Lean Tools
5. Waste Elimination
6. Cycle Time Reduction
7. Kaizen and Kaizen Blitz

Fonte: Criado pelo Autor

Na sexta e última dimensão denominada “Dimensão VII Fase Controlar”, são apresentados os tópicos relativos aos componentes propostos para a fase Implementar. São apresentados na figura 14, os conteúdos abordados nesta dimensão.

Figura 14: Imagem do Grupo de Perguntas 2 – Dimensão VII

Dimensão VII: Fase Controlar
1. Statistical Process Control Basics
2. Rational Subgrouping
3. Control Charts
4. Control Plan
5. Lean Tools For Process Control
6. Total Productive Maintenance (TPM)
7. Visual Factory

Fonte: Criado pelo Autor

Finalizada a construção do questionário, iniciou-se a fase quatro deste trabalho de pesquisa, dando-se início ao levantamento das empresas de treinamento e instituições de ensino da Região do Vale do Paraíba que ministram cursos de capacitação de curta duração *Lean Six Sigma Green Belt*, sendo considerados os cursos com carga horária entre 40 e 120 horas.

Durante a pesquisa realizada via ferramenta de busca *Google*, de novembro de 2016 a janeiro de 2017, foram encontradas onze empresas ofertantes deste tipo de curso, sendo 2 instituições de ensino e nove empresas de treinamento. Identificadas estas organizações, criou-se um banco de dados com as informações básicas das mesmas, incluindo-se o e-mail, o telefone e o nome do responsável pelo curso, informação essa obtida por meio de contato telefônico.

A partir da identificação das empresas, iniciou-se a fase cinco do projeto, sendo enviado para cada uma das organizações um e-mail com o questionário previamente preenchido por meio das informações coletadas no site das empresas e instituições de ensino.

O processo de preenchimento prévio do questionário teve por objetivo facilitar o trabalho das empresas e instituições de ensino participantes, sendo muito positivo o *feedback* recebido por parte das mesmas. A partir da devolução dos questionários iniciou-se a fase de consolidação e tabulação das informações, sendo criadas tabelas e gráficos para demonstração dos resultados e direcionamento do processo de análise para definição dos resultados e considerações finais.

A criação das diversas dimensões permitiu à pesquisa apontar não apenas a aderência geral das empresas de treinamento e instituições de ensino ao padrão selecionado, mas forneceu uma visão detalhada sobre quais conteúdos são menos, ou mais abordados nos cursos de capacitação *Lean Six Sigma* ofertados na região do Vale do Paraíba.

Destaca-se na pesquisa a profundidade da revisão bibliográfica que teve por objetivo contextualizar o cenário envolvido na implementação da metodologia *Lean Six Sigma*, tendo como elemento central o processo de capacitação dos profissionais *Green Belt*.

Espera-se que os resultados apresentados possam contribuir academicamente com o desenvolvimento do tema, suportando e fomentando a criação de novos projetos de pesquisa nas mais diversas áreas de conhecimento onde o *Lean Six Sigma* possa ser aplicado.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O levantamento bibliográfico realizado identificou a existência de 4 padrões de certificação sendo ofertados atualmente no mercado internacional, estando estes reportados no quadro 11.

Quadro 11 – Organizações Certificadoras

Certificadoras/Padrão	Sobre	Serviços	Fonte
American Society for Quality (AQS)	Comunidade global de pessoas dedicadas a qualidade que compartilham ideias e ferramentas de Qualidade	Treinamentos Certificação	http://asq.org/index.aspx
International Association for Six Sigma Certification (IASSC)	Associação profissional dedicada a ampliar e aprimorar os padrões <i>Lean Six Sigma</i>	Certificação Acreditação	http://www.iassc.org/
The Council for Six Sigma Certification	Organismo de acreditação profissional, que capacita profissionais para formação e Acreditação	Treinamento Certificação Acreditação	http://www.sixsigmacouncil.org/
Association of Technology, Management, and Applied Engineering (ATMAE)	Associação profissional com mais de 1.000 membros inovadores que compartilham tecnologia, gestão e ideias de engenharia aplicada, pesquisa e aplicações que impactam positivamente o futuro	Certificação	http://www.atmae.org/

Fonte: Sites das organizações

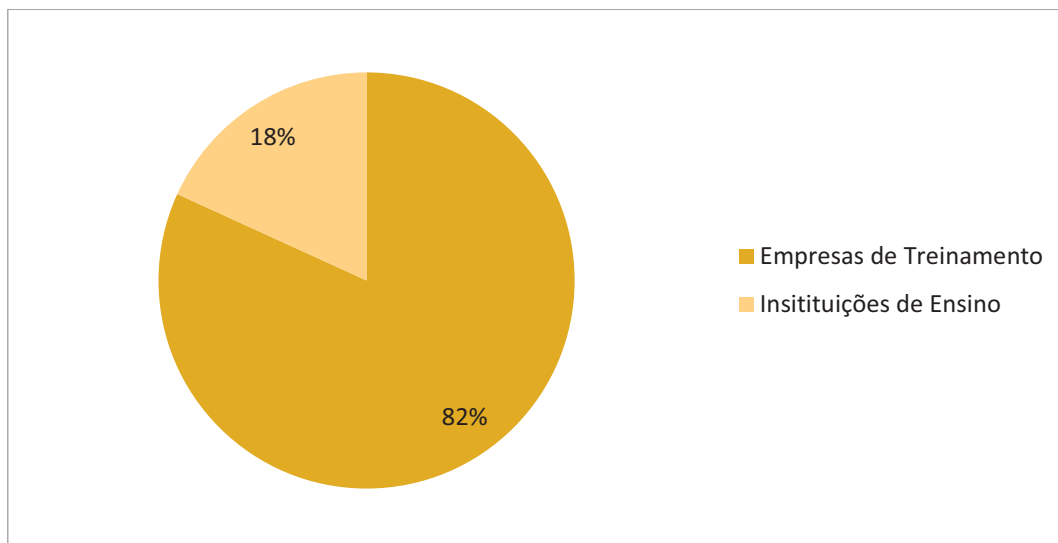
Observa-se, no quadro 11, que algumas instituições identificadas ofertam também serviços de Treinamento e Acreditação, além dos processos de Certificação. Dentre estas instituições, identificou-se na pesquisa bibliográfica, algumas recomendações para o padrão de certificação utilizado pela *ASQ*, conforme sugerido por Mast e Lokkerbol (2012). Os autores citam a instituição como uma das maiores bases de certificação do mundo, sendo referenciada por várias outras organizações certificadoras.

Seguindo a recomendação dos autores Mast e Lokkerbol (2012), e do Portal *Lean Six Sigma* Brasil, que engloba a comunidade brasileira de interessados na metodologia, adotou-se a *ASQ* como padrão de certificação internacional a ser utilizado para comparação com os conteúdos programáticos das empresas de treinamento e instituições de ensino da região do Vale do Paraíba.

Além das recomendações, uma segunda vantagem observada em relação ao padrão *ASQ* é o fato do mesmo ser compartilhado gratuitamente com o mercado por meio de um documento disponível no *site* da organização. A *ASQ* denomina o documento de *Body of Knowledge Green Belt*, ou *BOK Green Belt* (Corpo de Conhecimento Green Belt). Este “Corpo de Conhecimento” apresenta uma proposta de conteúdo programático que na visão da *ASQ*, deve fazer parte da formação dos *Green Belts*. Após a liberação da primeira versão do *BOK* em 2007, muitas organizações têm adotado o mesmo como padrão para certificação de seus *Green Belts*.

Em relação às empresas de treinamento e instituições de ensino foram identificadas 11 organizações no Vale do Paraíba ofertantes de cursos de capacitação *Lean Six Sigma Green Belt* de curta duração. Destas instituições, duas são instituições de ensino e nove empresas de treinamento, conforme ilustrado no gráfico 8.

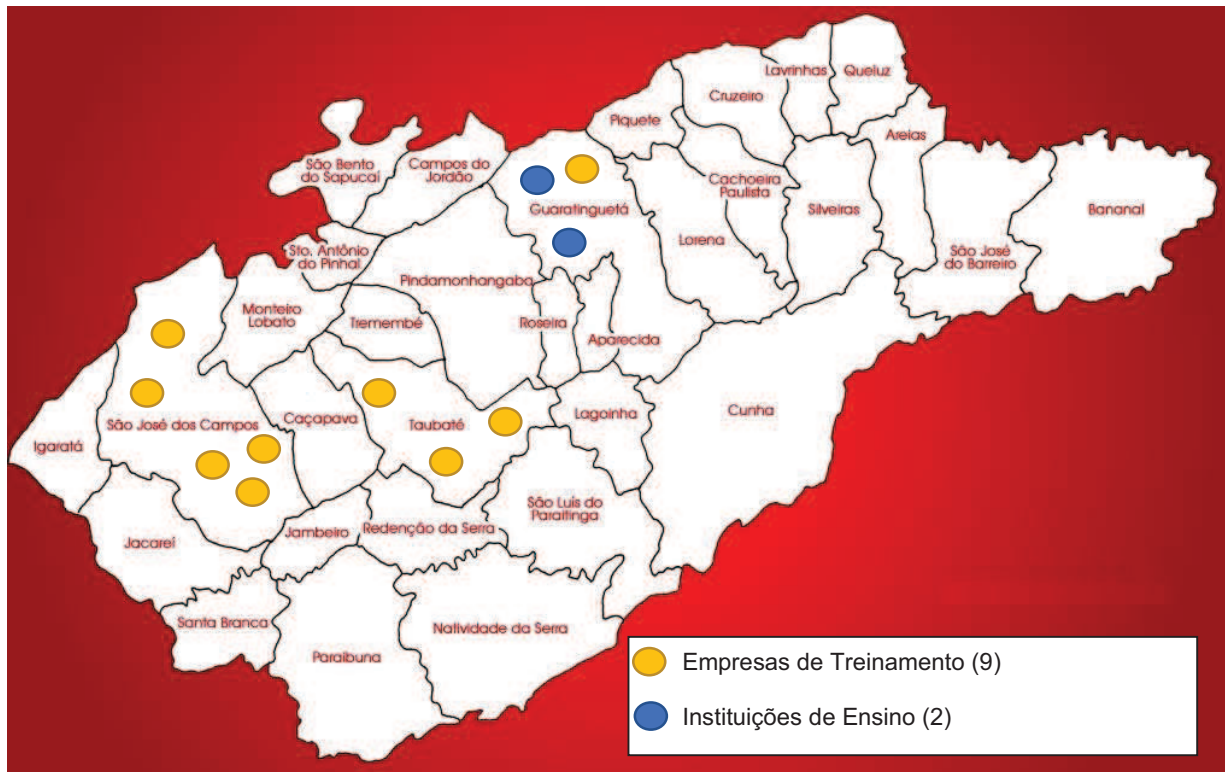
Gráfico 8 - Perfil das Empresas Seleccionadas para Pesquisa



Fonte: Criado pelo Autor

Em relação às cidades destas empresas, a localização das mesmas é apresentada graficamente na figura 15, observando-se uma maior concentração das empresas na cidade de São Jose dos Campos.

Figura 15 - Localização das Empresas de Treinamento e Instituição de Ensino



Fonte: Criado pelo Autor

Na tabela 1 são apresentados os dados consolidados do número de empresas de treinamento e instituições de ensino por cidade. Em relação às empresas de treinamento identificou-se que elas também ofertam serviços de consultoria em seu portfólio.

Tabela 1 – Localização das Empresas de Treinamento e Instituições de Ensino

Cidades	Empresas de Treinamento	Instituições de Ensino
Guaratinguetá	1	2
Taubaté	3	-
São José dos Campos	5	-
Totais	9	2

Fonte: Criado pelo Autor

Todos os cursos *Lean Six Sigma Green Belt* pesquisados junto às empresas de treinamento e instituições de ensino selecionadas são classificados pelas instituições, como cursos de curta duração, ou cursos de atualização.

Em virtude de as características dos cursos serem semelhantes, tanto para empresas de treinamento, como para as instituições de ensino, não adotou-se diferenciação entre os cursos durante o processo de análise, sendo todas tratadas como “empresas” ou “organizações” no decorrer desta pesquisa, recebendo estas uma classificação de “A” a “L”.

Quanto aos questionários, antes do envio para as organizações, todos foram previamente preenchidos com base nas informações constantes nos *sites* das mesmas. Alguns *sites* apresentaram maior riqueza de detalhes quanto as informações, sendo possível o preenchimento integral dos respectivos questionários. Em alguns casos os questionários foram preenchidos parcialmente em função da falta dos dados necessários.

Após o preenchimento prévio, em janeiro de 2017 os questionários foram enviados para validação das respectivas organizações via e-mail. Conforme apresentado na tabela 2, dez questionários foram respondidos e devolvidos.

Tabela 2 – Dada dos Questionários Respondidos

Perfil da Organização	Pré-Preenchidos (Base Site)	Enviados (Via e-mail)	Respondidos (Via e-mail)	Respondidos (Via Entrevista)
Empresas de Treinamento	9	9	8	1
Instituições de Ensino	2	2	2	-
Total	11	11	10	1

Fonte: Criado pelo Autor

Observa-se, na tabela 2, que um questionário não foi respondido, sendo necessário o agendamento de entrevista com o responsável pela organização em março de 2017, para validação dos dados que previamente haviam sido coletados via *site*.

4.1. Dimensão I

Em relação ao primeiro grupo de questões, na Dimensão I, foi constatada uma variação na carga horária oferecida pelas empresas de treinamento e instituições de ensino. Encontrou-se uma variação entre 40 e 90 horas de treinamento entre as organizações selecionadas, conforme apresentado no quadro 12.

Quadro 12 – Detalhamento das Respostas Obtidas no Grupo 1 de Questões

Grupo 1: Estrutura do Curso	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F	Empresa G	Empresa H	Empresa I	Empresa J	Empresa L
	Dimensão I. Características do Curso										
1. Tipo de Instituição (E)mpresa de Treinamento, (I)nstituição de Ensino	E	I	E	E	E	E	E	E	E	E	I
2. Carga Horária Presencial (Horas)	80	40	60	60	90	80	60	72	64	40	80
3. Exigência de Prova para Certificação (Sim/Não)	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
4. Exigência de Projeto para Certificação (Sim/Não)	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim
5. Exigência de Re-Certificação Periódica (Sim/Não)	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
6. Entidade Acreditada por Alguma Instituição	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
7. Utiliza Software Estatístico	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim

Fonte: Criado pelo Autor

Observa-se na consolidação dos dados, conforme demonstrado na tabela 3, uma diferença em relação à exigência de prova e projetos para certificação dos *Green Belts*, sendo constatado que 82% das organizações exige prova, e 45% solicita a realização de projeto. Quanto às re-certificações, constatou-se que 100% das organizações não adota este tipo de prática.

No tópico acreditação, duas organizações responderam ser acreditadas. Todavia observou-se que houve um erro conceitual quanto ao que seria acreditação. As mesmas informaram em comentários enviados junto aos questionários, que seus instrutores eram acreditados, ou que tinham vínculos com instituições de ensino superior. Visto que este não é o conceito de acreditação, nos dois casos considerou-se que não havia acreditação. Este evento demonstra que pode haver um desconhecimento na região sobre o que seja efetivamente um processo de acreditação. No geral, 100% das organizações não possuem processos de acreditação, conforme apresentado na tabela 3. Em relação à utilização de software estatístico, 91% das organizações confirmaram que fazem o uso desta ferramenta durante o curso.

Tabela 3 – Dada das Respostas Obtidas na Dimensão I

Dimensão I. Características do Curso	% Sim	% Não	% Total
1. Tipo de Instituição (T)mpresa de Treinamento, (E)nstituição de Ensino	-	-	-
2. Carga Horária Presencial (Horas)	-	-	-
3. Exigência de Prova para Certificação (Sim/Não)	82%	18%	100%
4. Exigência de Projeto para Certificação (Sim/Não)	45%	55%	100%
5. Exigência de Re-Certificação Periódica (Sim/Não)	0%	100%	100%
6. Entidade Acreditada por Alguma Instituição	0%	100%	100%
7. Utiliza Software Estatístico	91%	9%	100%

Fonte: Criado pelo Autor

4.2. Dimensões de II a VII

Para o segundo grupo de questões procedeu-se com a consolidação dos dados, por meio da contagem de tópicos aderentes ao padrão selecionado para cada uma das organizações participantes da pesquisa. A contagem foi realizada por meio da soma de itens assinalados com “X” para cada um dos tópicos apresentados no questionário. Após a consolidação, observou-se uma diferença na pontuação obtida para cada uma das organizações. Apenas as organizações F e I atingiram a pontuação máxima, cobrindo 100% dos tópicos propostos pelo padrão, conforme demonstrado na tabela 4. As demais organizações tiveram aderência variando entre 61% e 95%.

Tabela 4 – Dados Consolidados das Respostas Obtidas no Grupo 2 de Questões

Grupo 2: Padrão ASQ	Empresas										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
Dimensão II. Visão Geral: Six Sigma	7	7	7	6	7	8	4	6	8	5	7
Dimensão III. Define Phase	22	16	21	22	22	22	15	21	22	21	11
Dimensão IV: Fase Medir	14	9	14	14	14	14	13	14	14	10	14
Dimensão V: Fase Analisar	4	3	4	2	3	4	1	3	4	2	4
Dimensão VI: Fase Implementar	6	6	6	6	7	7	1	7	7	3	7
Dimensão VII: Fase Controlar	6	4	6	6	6	7	4	6	7	6	4
Totalização das Dimensões	59	45	58	56	59	62	38	57	62	47	47
% de Aderência	95%	73%	94%	90%	95%	100%	61%	92%	100%	76%	76%

Fonte: Criado pelo Autor

A média encontrada foi de 87% de aderência entre os cursos, demonstrando que para a maioria dos cursos existe alguma oportunidade de melhoria para uma total aderência ao padrão selecionado.

4.2.1. Dimensão II

Analisando o percentual de aderência por dimensão, conforme ilustrado na tabela 5, observa-se que na Dimensão II existe uma variação de 63% a 100% na aderência das organizações em relação ao padrão selecionado, com uma média 6,5 pontos em 8 possíveis, moda de 7 pontos (5 instituições), e desvio padrão de apenas 1,21, com a maior parte das instituições atingindo mais 88% de aderência (7 instituições), e 2 atingindo 100% da pontuação. Observa-se que o tópico menos abordado nesta dimensão foi o número 6 (*Road Map for DFSS*), conforme observado quadro 13.

Tabela 5 – Dados Detalhados das Respostas Obtidas na Dimensão II

Grupo 2: Padrão ASQ	Empresas										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
Dimensão II. Visão Geral: Six Sigma	7	7	7	6	7	8	4	6	8	5	7
% de Aderência na Dimensão	88%	88%	88%	75%	88%	100%	50%	75%	100%	63%	88%

Fonte: Criado pelo Autor

Quadro 13 – Detalhamento das Respostas Obtidas na Dimensão II

Dimensão II. Visão Geral: Six Sigma	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1. Value of Six Sigma	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Organization Goals and Six Sigma Projects	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3. Organization Drivers and Metrics	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4. Lean Concepts	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
5. Value Streaming Mapping	X	X	X	X	X	X		X	X		X
6. Road Maps for DFSS						X			X		
7. Basic failure mode and effects analysis (FMEA)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8. Design Fmea and Process Fmea	X	X	X		X	X			X		X

Fonte: Criado pelo Autor

Outros tópicos que deve ser destacado e o Design Fmea and Process Fmea. Este item não é abordado por 4 organizações.

4.2.2. Dimensão III

Para a Dimensão III, conforme tabela 6, observa-se que existe uma variação de 68% a 100% na aderência das organizações em relação ao padrão selecionado, com uma média 19,5 pontos em 22 possíveis, moda de 22 pontos (5 instituições), e desvio padrão elevado de 3,8 pontos. O elevado desvio padrão pode ser explicado em função de uma das instituições (L), ter atingido apenas 11 pontos. O ponto positivo nesta dimensão foi o fato de 73% das instituições atingirem aderência superior a 90%, com 45% atingindo a pontuação total.

Tabela 6 – Dados Detalhados das Respostas Obtidas na Dimensão III

Grupo 2: Padrão ASQ	Empresas										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
Dimensão III. Define Phase	22	16	21	22	22	22	15	21	22	21	11
% de Aderência na Dimensão	100%	73%	95%	100%	100%	100%	68%	95%	100%	95%	50%

Fonte: Criado pelo Autor

Project Selection e *Project Risk Analysis* foram os tópicos não abordados por um maior número de organizações, conforme observado no quadro 14. Em função da bibliografia pesquisada, observa-se que a ausência destes dois tópicos poderá trazer prejuízo à formação dos *Green Belts*.

Quadro 14 – Detalhamento das Respostas Obtidas na Dimensão III

Dimensão III. Define Phase	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1. Project Selection	x		x	x	x	x		x	x		x
2. Process Elements	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
3. Benchmarking	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Process Input and Outputs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5. Owners and Stakeholders	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6. Customer Identification (VOC)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7. Customer Data (VOC)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8. Customer Requirements (VOC)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9. Project Charter	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
10. Project Scope	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
11. Project Metrics	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
12. Project Planning Tools	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
13. Project Documentation	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
14. Project Risk Analysis	x			x	x	x	x		x	x	
15. Project Closure	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
16. Management and Planning Tools	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
17. Process Performance	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
18. Communication	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
19. Team Stages and Dynamics	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
20. Team roles and Responsibilities	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
21. Team Tools	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
22. Team Communication	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x

Fonte: Criado pelo Autor

A ausência do tópico *Project Selection* na formação dos *Green Belts* pode gerar uma deficiência na formação dos profissionais em relação à seleção adequada de projetos, levando suas organizações a selecionem e definirem projetos pouco aderentes à aplicação do *Lean Six Sigma*. Já a ausência do tópico *Project Risk Analysis* gerará uma lacuna no conhecimento dos profissionais em relação à análise e gestão dos riscos inerentes aos projetos. Conhecimentos relativos a este tópico podem aumentar as probabilidades de sucesso nos projetos por meio da mitigação dos riscos existentes.

4.2.3. Dimensão IV

Analisando a Dimensão IV, conforme ilustrado na tabela 7, observa-se que existe uma variação de 64% a 100% na aderência das organizações em relação ao padrão selecionado, com uma média 13 pontos em 14 possíveis, moda de 14 pontos (8 instituições), e desvio padrão de 1,8 pontos, com a maioria das instituições (73%) atingindo a pontuação máxima.

Observa-se que apenas duas instituições obtiveram pontuação inferior a 80% (B e J), com destaque para o número elevado de instituições (82%), atingindo aderência superior a 90%. Nesta dimensão os tópicos abordados por um número menor de organizações foram os itens *Process Performance vs. Process Specification*, *Process Capability Studies and (Cp, Cpk)*, *Short Term vs. Long Term Capability and Sigma Shift*, conforme apresentado no quadro 15

Tabela7 – Dados Detalhados das Respostas Obtidas na Dimensão IV

Grupo 2: Padrão ASQ	Empresas										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
Dimensão IV: Fase Medir	14	9	14	14	14	14	13	14	14	10	14
% de Aderência na Dimensão	100%	64%	100%	100%	100%	100%	93%	100%	100%	71%	100%

Fonte: Criado pelo Autor

Quadro 15 – Detalhamento das Respostas Obtidas na Dimensão IV

Dimensão IV: Fase Medir	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1. Process Analysis and Documentation	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2. Basic Probability Concepts	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3. Central Limit Theorem	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Statistical Distributions	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5. Types of data and Measurement Scales	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6. Sampling and Data Collection Methods	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7. Descriptive Statistics	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8. Graphical Methods	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9. Measurement System Analysis (M.S.A)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10. Process and Performance Capability	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
11. Process Performance vs. Process Specification	x		x	x	x	x	x	x	x		x
12. Process Capability Studies	x		x	x	x	x	x	x	x		x
13. Process Capability (Cp,Cpk) and Process Performance (Pp,Ppk) Indices	x		x	x	x	x	x	x	x		x
14. Short Term vs. Long Term Capability and Sigma Shift	x		x	x	x	x		x	x		x

Fonte: Criado pelo Autor

A ausência dos tópicos citados gerará deficiências na formação do *Green Belt* em relação ao dimensionamento e interpretação das capacidades dos processos onde os projetos de melhoria estarão sendo implantados. Por meio destes tópicos, o *Green Belt* é capacitado para identificar estatisticamente quanto à variabilidade dos processos é maior que os limites especificados, sendo esta informação fundamental para definição das metas de melhoria dos projetos.

4.2.4. Dimensão V

Na análise da Dimensão V, apresentada na tabela 8, identifica-se que existe uma variação de 25% a 100% na aderência das organizações, com uma média 3 pontos em 4 possíveis, moda de 4 pontos (5 instituições), e desvio padrão de 1,04 pontos, amenizado pelo fato da maioria das instituições (73%) ter atingindo uma pontuação acima de 70%. Observa-se que 45% das instituições obtiveram a pontuação máxima de 4 pontos, justamente a moda da distribuição de dados. Destaque para a instituição G que atingiu apenas 25% da pontuação total, sendo o menor índice dentre às demais organizações.

Tabela 8 – Dados Detalhados das Respostas Obtidas na Dimensão V

Grupo 2: Padrão ASQ	Empresas										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
Dimensão V: Fase Analisar	4	3	4	2	3	4	1	3	4	2	4
% de Aderência na Dimensão	100%	75%	100%	50%	75%	100%	25%	75%	100%	50%	100%

Fonte: Criado pelo Autor

Em relação aos conteúdos menos abordados, destacam-se os tópicos *Multi Vari Studies* e *Correlation and Linear Regression*, conforme apresentado no quadro 16.

Quadro 16 – Detalhamento das Respostas Obtidas na Dimensão IV

Dimensão V: Fase Analisar	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1. Multi Vari Studies	x		x			x			x		x
2. Correlation and Linear Regression	x	x	x		x	x		x	x		x
3. Basics Hypothesis Testing	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Tests for Means, Variances, and Proportions (Anova)	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x

Fonte: Criado pelo Autor

A capacitação dos *Green Belts* nestes tópicos aumenta a capacidade de análise destes profissionais, sendo conseqüentemente sua ausência prejudicial para o processo de formação. Por meio dos conhecimentos e habilidades desenvolvidas nestes tópicos, os *Green Belts* compreendem como relacionar o comportamento de variáveis específicas com os resultados obtidos nos processos. Aprendem a responder se uma ou mais variáveis tem relação com os resultados de um processo, e qual é o percentual dessa relação.

4.2.5. Dimensão VI

Para análise da Dimensão VI, apresentada na tabela 9, identifica-se que existe uma variação de 14% a 100% na aderência das organizações, com uma média 5,7 pontos em 7 possíveis, moda de 7 pontos (5 instituições), e desvio padrão de 1,95 pontos, com a maioria das instituições (82%) atingindo pontuação acima de 85%. Observa-se 45% das instituições obtiveram a pontuação máxima de 7 pontos, justamente a moda da distribuição de dados. Destaque para a instituição G que atingiu apenas 14% da pontuação total.

Tabela 9 – Dados Detalhados das Respostas Obtidas na Dimensão VI

Grupo 2: Padrão ASQ	Empresas										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
Dimensão VI: Fase Implementar	6	6	6	6	7	7	1	7	7	3	7
% de Aderência na Dimensão	86%	86%	86%	86%	100%	100%	14%	100%	100%	43%	100%

Fonte: Criado pelo Autor

Destaca-se nesta dimensão o tópico *Kaizen and Kaizen Blitz*, um dos menos abordados nos cursos dentre as organizações selecionadas, conforme apresentado no quadro 17.

Quadro 17 – Detalhamento das Respostas Obtidas na Dimensão VI

Dimensão VI: Fase Implementar	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1. DOE Basic Terms	x	x	x	x	x	x		x	x		x
2. DOE Graphs and Plots	x	x	x	x	x	x		x	x		x
3. Root Cause Analysis	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Lean Tools	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
5. Waste Elimination	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
6. Cycle Time Reduction	x	x	x	x	x	x		x	x		x
7. Kaizen and Kaizen Blitz					x	x		x	x		x

Fonte: Criado pelo Autor

Observa-se na revisão bibliográfica realizada neste trabalho de pesquisa, que o *Kaizen* é uma importante ferramenta do *Lean Six Sigma*. Sua ausência no conteúdo programático da formação *Green Belt* poderá gerar uma deficiência significativa na atuação destes profissionais. Conforme referenciado na revisão bibliográfica, o autor Alukal (2006) cita que o *Kaizen* é um evento de melhoria criado a partir do Sistema Toyota de Produção, reunindo equipes de diferentes funções, com o objetivo de melhorar um processo, ou resolver um problema.

4.2.6. Dimensão VII

Para análise da Dimensão VII, apresentada na tabela 10, identifica-se que existe uma variação de 57% a 100% na aderência das organizações, com uma média 5,7 pontos em 7 possíveis, moda de 6 pontos (6 instituições), e desvio padrão de 1,12 pontos, com 8 instituições (73%) atingindo pontuação acima de 85%. Observa-se que apenas 18% das instituições (F e I) obtiveram a pontuação máxima de 7 pontos. Destaque para as instituições B, G e L que atingiram apenas 57% da pontuação total.

Tabela 10 – Dados Detalhados das Respostas Obtidas na Dimensão VII

Grupo 2: Padrão ASQ	Empresas										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
Dimensão VII: Fase Controlar	6	4	6	6	6	7	4	6	7	6	4
% de Aderência na Dimensão	86%	57%	86%	86%	86%	100%	57%	86%	100%	86%	57%

Fonte: Criado pelo Autor

Destaca-se nesta dimensão o tópico *Total Productive Maintenance*. Apenas duas organizações, F e I, sinalizaram a abordagem deste tema em seus conteúdos programáticos, conforme quadro 18.

Quadro 18 – Detalhamento das Respostas Obtidas na Dimensão VII

Dimensão VII: Fase Controlar	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1. Statistical Process Control Basics	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2. Rational Subgrouping	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3. Control Charts	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Control Plan	x		x	x	x	x		x	x	x	
5. Lean Tools For Process Control	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
6. Total Productive Maintenance (TPM)						x			x		
7. Visual Factory	x		x	x	x	x	x	x	x	x	

Fonte: Criado pelo Autor

Observa-se, na revisão bibliográfica, um destaque especial para a metodologia TPM. Este destaque é justificado por sua importância para inserção das áreas de manutenção dentro dos processos *Lean*. Entende-se que este é o motivo do padrão selecionado recomendar a inserção deste tema na formação dos *Green Belts*. A falta do mesmo no processo de capacitação dos *Green Belts* poderá gerar uma deficiência na implantação da metodologia no que tange ao envolvimento das áreas de manutenção das organizações.

4.3. Análise das Cargas Horárias dos Cursos

No gráfico 9 é apresentado um diagrama de dispersão visando determinar se existe alguma relação entre o número de horas ofertadas e a pontuação obtida pelos cursos. Em um gráfico de dispersão pode ser observada a relação existente entre as variáveis dos eixos vertical e horizontal, demonstrando se uma variável afeta, ou tem relação com a outra.

Segundo Moore et al. (2006), o gráfico de dispersão mostra a relação entre duas variáveis quantitativas medidas nos mesmos indivíduos. No gráfico apresentado foram inseridos a linha de tendência, utilizando uma regressão linear, a equação da reta (y), e o valor de R^2 . A regressão linear é uma ferramenta estatística utilizada para prever futuros valores tendo como base o processo existente, ou valores já obtidos.

De acordo com Levine et al. (2012), o modelo estatístico utilizado para determinar regressão linear é $Y_i = \beta + \alpha x_i + \varepsilon$, onde:

Y_i =variável dependente ou variável resposta;

β =parâmetro do modelo, que representa o intercepto da reta com o eixo dos valores Y;

α =parâmetro do modelo, representa a variação de Y em função da variação de uma unidade da variável X;

X_i =variável independente ou variável explanatória;

ε_i =é o erro aleatório que está associado à distância entre o valor observado Y_i e o correspondente ponto da curva do modelo proposto, para o mesmo nível i de X;

Segundo Levine et al. (2012), o valor de R^2 é um coeficiente de determinação que mede a proporção da variação Y, variável dependente, que é explicada pela variação de X, variável independente. No gráfico 9 observa-se o valor da equação da reta y (0,256x + 36,74), e o valor de R^2 (0,2726), sinalizando que 27,26% da variação da pontuação obtida em cada um dos cursos pode ser explicado pela carga horária dos mesmos. Esta constatação sinaliza que 66,14% da variação na pontuação não pode ser justificado com a variação da carga horária, havendo, neste caso, outros fatores motivadores para esta variação.

Gráfico 9: Relação entre Carga Horária e Pontuação



Fonte: Criado pelo autor

A tabela 11 detalha as cargas horárias e as pontuações totais obtidas em cada uma das organizações, demonstrando por exemplo, que para cursos de mesma carga horária, como as empresas C, D e G, existem pontuações com diferenças superior a dez pontos. Também pode ser destacado o exemplo das empresas C e H, que apresentam pontuações muito próximas, mas com cargas horárias apresentando diferença superior a 10 horas.

Tabela 11 – Detalhamento das Pontuações e Cargas Horárias

Relação Carga Horária x Pontuação	Empresas										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
Carga Horária	80	40	60	60	90	80	60	72	64	40	80
Pontuação	59	45	58	56	59	62	38	57	62	47	47

Fonte: Criado pelo autor

Observa-se, também na tabela 11, que a organização E, ofertante da maior carga horária (90 horas), obteve uma pontuação elevada, mas não a mais significativa. As empresas F e I, que ofertam respectivamente 80 e 64 horas de curso, obtiveram a maior pontuação (62), apresentando total aderência ao padrão ASQ.

4.4. Consolidação das Respostas nas Dimensões

No quadro 19 é apresentada a consolidação dos dados da pesquisa. Neste quadro observa-se como estão distribuídos os conteúdos programáticos em cada uma das organizações pesquisadas, bem como suas respectivas pontuações.

Quadro 19 – Consolidação das Respostas das Dimensões de II a VII (Padrão ASQ)

Grupo 2: Padrão ASQ												
Dimensão II. Visão Geral: Six Sigma		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1. Value of Six Sigma		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2. Organization Goals and Six Sigma Projects		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3. Organization Drivers and Metrics		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Lean Concepts		x	x	x	x	x			x	x	x	x
5. Value Streaming Mapping		x	x	x	x	x			x	x		x
6. Road Maps for DFSS							x			x		
7. Basic failure mode and effects analysis (FMEA)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8. Design Fmea and Process Fmea		x	x	x		x	x			x		x
Dimensão III. Define Phase		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1. Project Selection		x		x	x	x	x		x	x		x
2. Process Elements		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
3. Benchmarking		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Process Input and Outputs		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5. Owners and Stakeholders		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6. Customer Identification (VOC)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7. Customer Data (VOC)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8. Customer Requirements (VOC)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9. Project Charter		x	x	x	x	x	x		x	x	x	
10. Project Scope		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
11. Project Metrics		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
12. Project Planning Tools		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
13. Project Documentation		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
14. Project Risk Analysis		x			x	x	x	x		x	x	
15. Project Closure		x		x	x	x	x	x	x	x	x	
16. Management and Planning Tools		x		x	x	x	x	x	x	x	x	
17. Process Performance		x		x	x	x	x	x	x	x	x	
18. Communication		x	x	x	x	x	x		x	x	x	
19. Team Stages and Dynamics		x	x	x	x	x	x		x	x	x	
20. Team roles and Responsibilities		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
21. Team Tools		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
22. Team Communication		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Dimensão IV: Fase Medir		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1. Process Analysis and Documentation		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2. Basic Probability Concepts		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3. Central Limit Theorem		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Statistical Distributions		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5. Types of data and Measurement Scales		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6. Sampling and Data Collection Methods		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7. Descriptive Statistics		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8. Graphical Methods		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9. Measurement System Analysis (M.S.A)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10. Process and Performance Capability		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
11. Process Performance vs. Process Specification		x		x	x	x	x	x	x	x		x
12. Process Capability Studies		x		x	x	x	x	x	x	x		x
13. Process Capability (Cp,Cpk) and Process Performance (Pp,Ppk) Indices		x		x	x	x	x	x	x	x		x
14. Short Term vs. Long Term Capability and Sigma Shift		x		x	x	x	x	x	x	x		x
Dimensão V: Fase Analisar		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1. Multi Vari Studies		x		x			x			x		x
2. Correlation and Linear Regression		x	x	x		x	x		x	x		x
3. Basics Hypothesis Testing		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Tests for Means, Variances, and Proportions (Anova)		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Dimensão VI: Fase Implementar		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1. DOE Basic Terms		x	x	x	x	x	x		x	x		x
2. DOE Graphs and Plots		x	x	x	x	x	x		x	x		x
3. Root Cause Analysis		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Lean Tools		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
5. Waste Elimination		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
6. Cycle Time Reduction		x	x	x	x	x	x		x	x		x
7. Kaizen and Kaizen Blitz						x	x		x	x		x
Dimensão VII: Fase Controlar		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1. Statistical Process Control Basics		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2. Rational Subgrouping		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3. Control Charts		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Control Plan		x		x	x	x	x		x	x	x	
5. Lean Tools For Process Control		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
6. Total Productive Maintenance (TPM)							x			x		
7. Visual Factory		x		x	x	x	x	x	x	x	x	
Pontuação Total		59	45	58	56	59	62	38	57	62	47	47

Fonte: Criado pelo autor

Observa-se no quadro 19 uma série de lacunas entre os cursos selecionados, destacando-se a não abordagem de conteúdos como *Road Map For DFSS, Design Fmea e Process Fmea, Project Selection, Project Risk Analysis, Short Term and Long Term Capability, Correlation and Linear Regression, Kaizen e Total Productive Maintenance*.

A pesquisa é concluída com o término das análises dos dados coletados junto as empresas de treinamento e instituições de ensino, sendo possível constatar que a maior parte das organizações está muito próxima do padrão internacional proposto, mas que existe uma disparidade entre as cargas horárias ofertadas, e uma relação pequena, 27,26%, entre a carga horária ofertada e o conteúdo programático oferecido pelas empresas de treinamento e instituições de ensino pesquisadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se na pesquisa que não existe uma norma que regulamente o setor de certificações *Lean Six Sigma*. Miller e Lawrence (2015) afirmam que não há no mercado um consenso quanto ao padrão para certificação.

Laureani e Antony (2012) citam ser difícil compreender como a metodologia *Lean Six Sigma* ainda não tem um padrão para certificar seus profissionais. Segundo os autores, neste cenário de falta de padronização e normas claras quanto à certificação, observam-se algumas iniciativas de sucesso como da *American Society for Quality*, a *Quality International Federation* e a *British Quality Foundation*, que propuseram um padrão baseado em um corpo mínimo de conhecimento, a partir do Centro de Excelência liderado pela Ohio State University (LAUREANI; ANTONY, 2012).

Outras iniciativas também devem ser destacadas, como da *IASSC (International Association for Six Sigma Certification)*, organização que tem atuado no mercado de certificação e acreditação, tendo, segundo seu *Site*, exames de certificação em mais de 165 países, com mais de 8000 centros de exames disponíveis para o mercado. (IASSC; 2016).

Dentre as iniciativas de padronização de certificação pesquisadas, observaram-se algumas recomendações para o processo de certificação da *ASQ*, conforme reportado nos resultados deste trabalho. Observa-se, na pesquisa, que existem dois grupos de organizações ofertando cursos *Lean Six Sigma* na região: a) empresas de treinamento e consultoria b) instituições de ensino.

Estes dois grupos no geral ofertam cursos *Lean Six Sigma Green Belt* com características técnicas semelhantes, não havendo a princípio um diferencial entre um grupo e outro, sendo pertinente um estudo mais aprofundado, em outro trabalho de pesquisa, para determinar as características dos cursos quanto aos materiais didáticos, materiais de apoio, qualidade das dinâmicas, estruturas físicas oferecidas, qualificação dos instrutores, apoio dos instrutores fora dos horários de aula, entre outros elementos, que poderiam ser pesquisados, estudados e utilizados para determinar se existe um diferencial entre os dois grupos.

Durante o trabalho de pesquisa identificou-se que uma importante instituição de ensino da região oferece cursos de capacitação de curta duração *Black Belt*, mas não o curso *Green Belt*. Em entrevista com um coordenador de cursos, realizada em março de 2017, identificou-se que a instituição de ensino decidiu oferecer a certificação *Green Belt* dentro de um curso de Especialização na área de Qualidade, com carga horária total de 360 horas presenciais. Por esta razão, esta instituição não foi considerada como uma das organizações selecionadas para a pesquisa.

Observou-se no curso citado que, dentro das 360 horas, 108 horas são dedicadas para a formação *Green Belt*, por meio das disciplinas de Estatística Aplicada, Produtividade na Organização e Projetos de Melhoria. Esta modalidade de certificação pode ser uma nova tendência, merecendo também um estudo mais aprofundado de suas vantagens e aceitação do mercado.

Em relação aos itens avaliados na Dimensão I, observa-se a diferença entre as cargas horárias, exigência de avaliação e exigência de projetos para certificação, demonstrando que não existe um modelo único de curso no mercado estudado.

Constatou-se também que não existe padrão, e em alguns casos conhecimento claro, quanto ao processo de acreditação, havendo evidência de casos onde as organizações não conheciam claramente o que é um processo de acreditação.

Quanto às dimensões dos conteúdos programáticos, Dimensões de II a VII, constatou-se que a maioria das organizações apresenta conteúdos muito próximos ao padrão de certificação internacional selecionado, porém com oportunidades de melhoria. Em relação às organizações com potencial de melhoria quanto à aderência a este padrão, seria pertinente um estudo mais aprofundado para compreensão e determinação das causas da falta de aderência, uma vez que foi demonstrado neste trabalho, que apenas 27,26% da falta de aderência poderia ser explicada pela variação de carga horária entre as instituições. A falta de aderência sinaliza que alguns tópicos importantes no processo de formação dos *Green Belt* não estão sendo abordados pelas organizações. Conforme citado nos resultados deste trabalho, a ausência destes tópicos pode gerar lacunas de conhecimento que prejudicarão os processos de melhoria nas organizações. Um exemplo é o tópico *Total Productive Maintenance* (TPM).

Observou-se que apenas duas organizações sinalizaram a abordagem do tema TPM em seus conteúdos programáticos, podendo a ausência do mesmo, gerar uma deficiência quanto ao processo de implantação da metodologia no que tange as áreas de manutenção das organizações.

Quanto à continuidade deste trabalho, outro estudo também pode ser encaminhado visando detalhar os processos de acreditação existentes, avaliando junto ao mercado sua aceitação e barreiras existentes.

O fato de existir um processo consistente de acreditação para as normas ISO denota que existe potencial para um processo semelhante dentro do mercado *Lean Six Sigma*. Não é possível determinar se o desconhecimento regional sobre o processo de acreditação pode ser considerado também em outras regiões do país, sendo a realização de um estudo neste sentido também relevante.

Destaca-se no trabalho o método criado para avaliar a aderência dos cursos pesquisados em relação ao padrão internacional. Entende-se que este método, criado a partir da construção de um questionário baseado nos conteúdos propostos pela *American Society for Quality*, poderia ser a base para a definição de um padrão para medição da aderência de cursos *Lean Six Sigma*. Observa-se que um padrão para este fim, utilizando o método desenvolvido neste trabalho de pesquisa, poderia passar por ajustes como, por exemplo, a definição de pesos diferenciados para cada um dos conteúdos propostos pelo padrão internacional. Constata-se que seria pertinente pesquisar qual o peso de cada um dos componentes curriculares, avaliando-se se um tópico como *Total Productive Maintenance* é mais ou menos relevante que um tópico como Kaizen, levando-se ainda em consideração a área e o foco de atuação do *Green Belt* que participa de um curso de capacitação *Lean Six Sigma*.

Entende-se, finalmente, que a pesquisa cumpriu seu propósito de demonstrar como as estruturas dos cursos de atualização *Lean Six Sigma* para capacitação de *Green Belts*, nas empresas de treinamento e instituições de ensino da região do Vale do Paraíba, estão em relação aos componentes curriculares propostos por uma reconhecida entidade certificadora internacional.

REFERÊNCIAS

- ABOELMAGED, M. G. (2010). **Six Sigma quality: a structured review and implications for future research**. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 27 Iss: 3, pp.268 – 317
- AKBULUT-BAILEY, A.Y.; MOTWANI, J.; SMEDLEY, E.M. (2012). **When Lean and Six Sigma Converge: a case study of a successful implementation of Lean Six Sigma at an Aerospace Company**. International Journal Technology Management, v.57, pp.18-32
- AMERICAN QUALITY SOCIETY (2016) .**Green Belt BOK**. Disponível em: <<http://asq.org/cert/six-sigma-Green-belt/bok>>. Acessado em: 20/05/2016.
- AMORIN, G.R.N. (2011). **LEAN NA MANUTENÇÃO, OTIMIZAÇÃO DO TPM. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tese de Mestrado.
- ANAND, G.; WARD, P. T.; TATIKONDA, M. V. (2010). **Role of explicit and tacit knowledge in Six Sigma projects: An empirical examination of differential project success**. Journal of Operations Management, 28(4), 303-315.
- ANDRADE, M.M. (2010). **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico**. 10. ed. Atlas, São Paulo.
- ANTONY, J. (2005a). **Assessing the status of Six Sigma in the UK service organizations**. Proceedings of the Second National Conference on Six Sigma, Wroclaw, pp. 1-12.
- _____ (2005b). **Six Sigma for service processes**. Business Process Management Journal, Vol. 12 No. 2, pp. 234-48.
- ANTONY, J.; KUMAR, M.; CHO, B.R. (2007), **Six Sigma in services organizations: benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors**, International Journal of Quality Reliability Management, Vol. 24 No. 3, pp. 294-311.
- ANTONY, J., (2010). **Reflective Proactive Six Sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners**. International Journal of Productivity and Performance Management, v.60, n.2, pp.185-190
- ARNHEITER, E.D.; MALEYEFF, J.M. (2005). **The integration of Lean management and Six Sigma**. The TQM Magazine. V. 17, pp. 5-18.
- ASQ. (2014). **SIX SIGMA GREEN BELT BODY OF KNOWLEDGE**. AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY, MILWAUKEE.

BANKAR, S.; KAKADE, M. D.; KASHILKA, S. (2014). **Skill and Competency Mapping: a Tool for Training Need Identification through Six Sigma**. International Journal for Research in Emerging Science and Technology, v.1, Iss: 5

BRADY, J.E.; ALLEN, T.T. (2006). **Six Sigma literature: a review and agenda for future research**. Quality and Reliability Engineering International, Vol. 22, pp. 335-67.

DALAL, A.F. (2010). **KEEP IT SIMPLE: FOR LEAN SUCCESS, FOCUS ON THE FUNDAMENTALS**. Quality Progress.

FELD, W.M. (2000). **Lean Manufacturing, Tools, Techniques, and How to Use Them**. CRC PRESS. Print ISBN: 978-1-57444-297-7, eBook ISBN: 978-1-4200-2553-8, DOI: 10.1201/9781420025538

GERHARDT, T. E. (2009). **Métodos de Pesquisa. Série Educação a Distância**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>.

GEORGE, M. L. (2002). **Lean Six Sigma – Combining Six Sigma Quality with Lean Speed**. McGraw-Hill, New York, NY.

_____ (2003). **Lean Six Sigma for Service – How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions**. McGraw-Hill, New York, NY.

GOLDEN, P. (2012). **Taking lean off the manufacturing floor**. Journal of Industrial Management, v.5, pp 12-15;

HOERL, R. (2001). **Six Sigma Black Belts: what do they need to know**. Journal of Quality Management, Vol. 33 No. 4, pp. 391-406.

HOLWEG, M., (2007). **The Genealogy of Lean Production**. Journal of Operation Management. v.25, pp 420-437.

IAF. **International Accreditation Forum**.

http://www.iaf.nu//articles/Portugese_Landing_Page/140>. Acessado em: 10/3/2017.

IASSC (2016). Green Belt BOK. Disponível em: <<http://www.iassc.org/six-sigma-certification/Green-belt-certification/Green-belt-body-of-knowledge/>>. Acesso: 20 mai. 2016.

INMETRO. **Instituto Nacional de Metrologia**.

<<http://www.inmetro.gov.br/credenciamento/comissoesDiois.asp>>. Acessado em 10/1/2017.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**.

<<Http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2972>>. Acessado em: 20/12/2016.

INGLE, S.; ROE, W. (2001). **Six Sigma Black Belt implementation**. The TQM Magazine, Vol. 13 No. 4, pp. 273-80.

KAPUR, A.; POTTERS, L. (2012). **Six Sigma tools for a patient safety-oriented, quality-checklist driven radiation medicine department**. Practical Radiation Oncology, v.2, pp. 86-96

KARTHI, S.; DEVADASAN, S.R.; MURUGESH, R.; SREENIVASA, C.G.; SIVARAM, N.M. (2012). **Global Views on Integrating Six Sigma and ISO 9001 Certification**. Total Quality Management & business Excellence, v.23, pp. 237-262

LAUREANI, A.; ANTONY, J. (2012). **Standards for Lean Six Sigma certification**. International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 61 Iss: 1, pp.110 - 120

LAUX, C., FRANZE, D. (2010). **Six Sigma Higher Education Certification for Work Employability**. 4th International Technology, Education and Development Conference, Valencia, Spain, pp. 242-249

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Léxico Lean – Glossário Ilustrado para Praticantes do Pensamento Lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2011.

LEAN SIX SIGMA BRASIL (2016). **Certificações**. Disponível em: <<http://www.Leansixsigma.com.br>>. Acessado em: 20/05/2016.

LEVINE, D. M.; STEPHAN, D. F.; KREHBIEL, TIMOTHY, C.; BERENSON, MARK, L. (2012). **Estatística Teoria e Aplicações: Usando o Microsoft Excel em Português**. 6 Ed. LTC

KOSUTIC, D. (2016). **Acreditação vs. certificação vs. registro no mundo ISO**. <<https://advisera.com/27001academy/pt-br/blog/2016/03/02/acreditacao-vs-certificacao-vs-registro-no-mundo-iso/>>. Acessado em 10/2/2017.

MAST, J.; LOKKERBOL, J. (2012). **AN ANALYSIS OF THE SIX SIGMA DMAIC METHOD FROM THE PERSPECTIVE OF PROBLEM SOLVING**. INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS 139(2) 604–614.

MARX, M. (2008). **iSixSigma Certification Survey**. iSixSigma Magazine, May/June

MILLER, M.R.; LAWRENCE, H. (2015). **The ATMAE Lean Six Sigma Certification Exam: Why it Matters to You?** The Journal of Technology, Management, and Applied Engineering. v.31, n.3.

MOORE, D.S.; MCCABE, G.P.; DUCKWORTH, W.M.; SCLOVE, S.L. (2006). **“Estatística Empresarial: Como Usar Dados Para Tomar Decisões”**. Rio de Janeiro: LTC.

PANDE, S.P.; NEUMAN R.P.; CAVANAGH, R.R. (2007). **Estratégia Seis Sigma. Como a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho.** 3 Ed. Qualitymark.

PARAST, M. M. (2011). **The Effect of Six Sigma Projects on Innovation and Firm Performance.** International Journal of Project Management, v.29, pp. 45-55

PEPPER, M.; SPEDDING, T. (2010). **The Evolution of Lean Six Sigma.** International Journal of Quality & Reliability Management, v.27, n.2, pp.138-155

PILLET, M; MARTIN, B.C.;NONNEFOUS, P.;COURTOIS, A.(2014).**GESTION DE PRODUCTION. LES FONDAMENTAUX ET LES BONNES PRATIQUES.** 5 Ed. Paris: Eyrolles. pp.356.

PRABHAKAR, K. (2015). **Six Sigma Players: Improving Quality of Education System.** International Journal of R&D in Engineering, Science and Management, v.2, pp.59-66

PRABHAKAR, K.; DINESH, K.; KAPIL, M.; PAWAN, J. (2012). **A case study: Application of Six Sigma methodology in a small and medium-sized manufacturing enterprise.** The TQM Journal, v.24 Iss: 1, pp.4 - 16

PYZDEK, T.; KELLER, P. (2010). **Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels.** 3 Ed. New York: McGraw-Hill.

QUALITY DIGEST LIVE. (2011): **The Future of Six Sigma with Mikel Harry and Tom Pyzdek.** FREE Live Video Webcast: Quality Digest Magazine. Disponível em :< <http://www.qualitydigest.com/content/quality-digest-live-mikel-harry-and-tom-pyzdek>>. Acesso em: 04 jun. 2015.

QUERIDO, O. E.; QUINTAIROS, P. C. R. (2011). **Estudo das Disparidades Econômicas e Tecnológicas no Desenvolvimento Regional Desequilibrado do Vale do Paraíba.** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. v.7, n.2, p.256-281.

RANTESHWAR, S.; ASHISH, M. G.; DHAVAL B. S.; SANJAY, D.(2013). **Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: a case study.** Chemical, Civil and Mechanical Engineering Tracks of 3rd. Nirma University International Conference on Engineering.

ROONEY, A. L.; OSTENBERG, P. R. V. (1999). **Licenciamento, acreditação e certificação: abordagens à qualidade de serviços de saúde.** Série de Aperfeiçoamento Sobre a Metodologia de Garantia de Qualidade - Projeto de Garantia de Qualidade. Bethesda: Center for Human Services (CHS), USAID. Abril, 1999. Disponível em: <<<http://www.qaproject.org>>>. Acesso em: 04 jan. 2017

ROTONDARO, R. et al. (2006). **SEIS SIGMA – Estratégia para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. Atlas. São Paulo.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. (2008). **Modelo de Referência para Estruturar o Six Sigma nas Organizações**. Gestão Produção, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 43-56.

SANTOS, A. B. (2006). **Modelo de Referência para estruturar o programa de qualidade Six Sigma: proposta e avaliação**. São Carlos, v.1. Tese - (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos.

SHAFER, S. M.; MOELLER, S. B. (2012). **The Effects of Six Sigma on Corporate Performance: An Empirical Investigation**. Journal of Operations Management, v.30, pp. 521-532

SHARMA, A. (2011). **Research for ANSI accredited “Lean Six Sigma Green Belt Certificate Program in Packaging Science for Undergraduate Students**. Thesis, Rochester Institute of Technology

SHEN, C.C. (2015). **Discussion on key successful factors of TPM in enterprises**. Journal of Applied Research and Technology. v.13, Issue 3, June 2015, pp. 425–427

SNEE, R. D. (2010). **Lean Six Sigma – getting better all the time**. International Journal of *Lean Six Sigma*, Vol. 1 Iss: 1, pp.9 – 29

SULLIVAN, M.; DAVIDSON, K. (2010). **Lean Six Sigma belt certification goals and standings for TACOM Life Cycle Management Command**. Monterey, Califórnia: Naval Postgraduate School.

TEMPLUM CONSULTORIA. **Acreditação para Certificação de Sistemas de Gestão**. <[Http://certificacaoiso.com.br/acreditacao-para-certificacao-de-sistemas-de-gestao/](http://certificacaoiso.com.br/acreditacao-para-certificacao-de-sistemas-de-gestao/)>. Acessado em: 12/02/2017,

VIJAYA, S.M. (2013). **Synergies of Lean Six Sigma**. Journal of Operations Management. v.12. nº1

WERKEMA, C. (2006). **Six Sigma, Introdução as Ferramentas do Lean Manufacturing**. Vol, 4, ed. Werkema

WILSON, L. (2010). **How to Implement Lean Manufacturing**. New York: McGraw-Hill Education

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. (2003). **Lean Thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**, ed. Free Press

YIN, R. K. (2005). **Estudo de Casos: Planejamento e Métodos**. 3. ed. Bookman, Porto Alegre

ZU, X.; ROBBINS, T.L.; FREDENDALL, L.D. (2008). **Mapping the critical links between organizational culture and TQM/Six Sigma practices**. International Journal Production Economics, 123, pp. 86-106.

APÊNDICE A. Questionário para Coleta de Dados e Medição da Aderência

Grupo 1: Estrutura do Curso	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F	Empresa G	Empresa H	Empresa I	Empresa J	Empresa L
	Dimensão I. Características do Curso										
1. Tipo de Instituição (E)mpresa de Treinamento, (I)nstituição de Ensino											
2. Carga Horária Presencial (Horas)											
3. Exigência de Prova para Certificação (Sim/Não)											
4. Exigência de Projeto para Certificação (Sim/Não)											
5. Exigência de Re-Certificação Periódica (Sim/Não)											
6. Entidade Acreditada por Alguma Instituição											
7. Utiliza Software Estatístico											
Grupo 2: Padrão ASQ											
Dimensão II. Visão Geral: Six Sigma											
1. Value of Six Sigma	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
2. Organization Goals and Six Sigma Projects											
3. Organization Drivers and Metrics											
4. Lean Concepts											
5. Value Streaming Mapping											
6. Road Maps for DFSS											
7. Basic failure mode and effects analysis (FMEA)											
8. Design Fmea and Process Fmea											
Dimensão III. Define Phase											
1. Project Selection	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
2. Process Elements											
3. Benchmarking											
4. Process Input and Outputs											
5. Owners and Stakeholders											
6. Customer Identification (VOC)											
7. Customer Data (VOC)											
8. Customer Requirements (VOC)											
9. Project Charter											
10. Project Scope											
11. Project Metrics											
12. Project Planning Tools											
13. Project Documentation											
14. Project Risk Analysis											
15. Project Closure											
16. Management and Planning Tools											
17. Process Performance											
18. Communication											
19. Team Stages and Dynamics											
20. Team roles and Responsibilities											
21. Team Tools											
22. Team Communication											
Dimensão IV: Fase Medir											
1. Process Analysis and Documentation	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
2. Basic Probability Concepts											
3. Central Limit Theorem											
4. Statistical Distributions											
5. Types of data and Measurement Scales											
6. Sampling and Data Collection Methods											
7. Descriptive Statistics											
8. Graphical Methods											
9. Measurement System Analysis (M.S.A)											
10. Process and Performance Capability											
11. Process Performance vs. Process Specification											
12. Process Capability Studies											
13. Process Capability (Cp,Cpk) and Process Performance (Pp,Ppk) Indices											
14. Short Term vs. Long Term Capability and Sigma Shift											
Dimensão V: Fase Analisar											
1. Multi Vari Studies	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
2. Correlation and Linear Regression											
3. Basic Hypothesis Testing											
4. Tests for Means, Variances, and Proportions (Anova)											
Dimensão VI: Fase Implementar											
1. DOE Basic Terms	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
2. DOE Graphs and Plots											
3. Root Cause Analysis											
4. Lean Tools											
5. Waste Elimination											
6. Cycle Time Reduction											
7. Kaizen and Kaizen Blitz											
Dimensão VII: Fase Controlar											
1. Statistical Process Control Basics	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
2. Rational Subgrouping											
3. Control Charts											
4. Control Plan											
5. Lean Tools For Process Control											
6. Total Productive Maintenance (TPM)											
7. Visual Factory											
Pontuação Total											

Fonte: Criado pelo autor