



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Mecânica

PAULA DE SANTI LOUZADA

**Análise Crítica dos cursos de certificação
Lean Seis Sigma Black Belt ofertados no
Brasil**

CAMPINAS
2023

PAULA DE SANTI LOUZADA

Análise Crítica dos cursos de certificação *Lean Seis Sigma Black Belt* ofertados no Brasil

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestra em Engenharia Mecânica, na Área de Materiais e Processos de Fabricação.

Orientador: Prof. Dr. Rosley Anholon

Coorientador: Prof. Dr. Tiago Fonseca Albuquerque Cavalcanti Sigahi

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO
FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA
ALUNA PAULA DE SANTI LOUZADA E
ORIENTADA PELO PROF. DR. ROSLEY ANHOLON

**CAMPINAS
2023**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Elizangela Aparecida dos Santos Souza - CRB 8/8098

L939a Louzada, Paula de Santi, 1988-
Análise crítica dos cursos de certificação Lean Seis Sigma Black Belt ofertados no Brasil / Paula de Santi Louzada. – Campinas, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Rosley Anholon.
Coorientador: Tiago Fonseca Albuquerque Cavalcanti Sigahi.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Seis sigma (Padrão de controle da qualidade). 2. Certificação. 3. Treinamento. 4. Formação profissional. I. Anholon, Rosley, 1979-. II. Sigahi, Tiago Fonseca Albuquerque Cavalcanti. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. IV. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Critical Analysis of Lean Six Sigma Black Belt certification courses offered in Brazil

Palavras-chave em inglês:

Six Sigma (Quality control standard)

Certification

Training

Job training

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestra em Engenharia Mecânica

Banca examinadora:

Rosley Anholon [Orientador]

Gustavo Herminio Salati Marcondes de Moraes

Jefferson de Souza Pinto

Data de defesa: 06-02-2023

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Mecânica

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-4637-3024>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/0924766723693387>

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

**Análise Crítica dos cursos de certificação
Lean Seis Sigma Black Belt ofertados no
Brasil**

Autora Paula de Santi Louzada

Orientador: Prof. Dr. Rosley Anholon

Coorientador: Prof. Dr. Tiago Fonseca Albuquerque Cavalcanti Sigahi

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:

Prof. Dr. Gustavo Hermínio Salati Marcondes de Moraes

FCA/ UNICAMP

Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto

Instituto Federal de São Paulo - Campus Bragança Paulista /Bragança Paulista

A Ata de Defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Campinas, 06 de fevereiro de 2023.

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha família, especialmente para a vó Hilda (*in memoriam*), aos meus pais Paulo e Miriam e a minha irmã preferida Camila.

Agradecimentos

A vida é uma grande jornada de encontros e desencontros e, que em muitos momentos, é necessário parar, respirar e reconhecer o caminho. Agradeço então, primeiramente a Deus e ao nosso irmão maior que me permitiu estar nesta jornada e ter em quem sempre tentar me espelhar, com esperança e fé.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente me deram apoio neste caminhar.

Ao Prof. Rosley, pela oportunidade e por toda a paciência e suporte ao longo desses anos, por ser um profissional sempre disposto em compartilhar seus conhecimentos, a buscar novas oportunidades e construir pontes.

Ao Prof. Tiago pelo cuidado e disponibilidade em compartilhar seu conhecimento que engrandeceu este trabalho.

À minha família, especialmente para a vó Hilda (*in memoriam*), que ainda hoje consigo imaginar o quealaria em certas ocasiões e que com certeza estaria muito orgulhosa neste momento.

Aos meus pais Paulo e Miriam por estarem sempre presentes me apoiando, suportando e puxando minha orelha, quando necessário, e por acreditarem na educação como bem maior em todos os sentidos e transmitirem isso, pelo exemplo, para mim. Agradeço pelo carinho, por todos os ensinamentos e amor sempre. À minha irmã preferida Camila, pelo cuidado, incentivo, amor e carinho. A motivação para seguir veio de vocês! Amo muito vocês!

Às minhas tias Marilda, Meg e Mércia que além de serem grandes incentivadoras são grandes exemplos de mulheres que lutam pelo que querem com todas as forças, sem deixarem de ser doces e terem sempre uma palavra de carinho.

Ao Virgílio e ao Murilo por me permitirem trabalhar com aquilo que acredito, além de serem grandes exemplos para mim.

A Vivian e a Raquel, pelo incentivo, pelo carinho e pelo caminhar.

Aos amigos de perto e de longe que fazem parte da minha evolução pessoal e profissional ao longo do tempo.

A UNICAMP e a FEM pelo suporte e todas as oportunidades que contribuíram para a minha formação.

*"Valeu a pena? Tudo vale a pena
Se a alma não é pequena.
Quem quer passar além do Bojador
Tem que passar além da dor.
Deus ao mar o perigo e o abismo deu,
Mas nele é que espelhou o céu."*

Fernando Pessoa

Resumo

O objetivo principal desta dissertação é apresentar um panorama e analisar as certificações *Lean Six Sigma Black Belt* (LSSBB) oferecidas por instituições que atuam no Brasil. Para alcançar o objetivo mencionado esta pesquisa analisou os cursos de certificação LSSBB oferecidos por 48 instituições no Brasil, comparando os programas de estudo com o modelo de referência proposto pela *American Society for Quality* (ASQ) no *Six Sigma Black Belt Body of Knowledge*. Este estudo, com característica mista e exploratória, empregou uma análise técnica do conteúdo com o auxílio da análise hierárquica de cluster. Os resultados revelaram uma falta de padronização no conteúdo do treinamento *Lean Six Sigma* (LSS) no Brasil. 100% dos cursos LSSBB analisados cobriram quatro das 108 técnicas recomendadas pelo ASQ *Body of Knowledge* (ou seja, tipos de dados, escalas de medição, amostragem e planos e métodos de coleta de dados). Por outro lado, mais de 75% dos cursos cobriram todas as técnicas relacionadas às macroáreas de planejamento e implantação em toda a organização, gerenciamento e medição de processos organizacionais, medição e melhoria. A principal deficiência do treinamento LSS está relacionada à macroárea *Design for Six Sigma framework* e metodologias. O treinamento LSS é oferecido em uma área altamente concentrada no Brasil, a região mais rica, onde as universidades desempenham um papel crucial na disseminação do LSS. Os resultados presentes nesta pesquisa contribuem para a necessidade de maiores debates sobre os aspectos que deve ser lecionado aos profissionais que buscam a certificação *Lean Six Sigma* no Brasil.

Palavras Chave: Seis Sigma (Padrão de controle da qualidade), Certificação, Treinamento, Formação profissional.

Abstract

This master thesis aims to present an overview and analyze the Lean Six Sigma Black Belt (LSSBB) certifications offered by institutions operating in Brazil. This research analyzed LSSBB certification courses offered by 48 institutions in Brazil by comparing the syllabi of the classes to the reference model proposed by the American Society for Quality (ASQ) in the Six Sigma Black Belt Body of Knowledge. This mixed-method and exploratory study employed the content analysis technique and hierarchical cluster analysis to analyze the data. The results revealed a lack of standardization in the content of Lean Six Sigma (LSS) training in Brazil. 100% of the LSSBB courses analyzed covered four of the 108 techniques recommended by the ASQ Body of Knowledge (i.e., data types, measurement scales, sampling, and Coleta de Dados plans and methods). In contrast, more than 75% of the courses covered all techniques related to the macro areas of organization-wide planning and deployment, organizational process management and measures, measure, and improve. The major shortcoming of LSS training is related to the macro area Design for Six Sigma framework and methodologies. LSS training is offered in a highly concentrated area in Brazil, the wealthiest region, where universities play a crucial role in disseminating LSS. The results of this research contribute to the need for further debates on the aspects that should be taught to professionals seeking Lean Six Sigma certification in Brazil.

Key Word: *Six Sigma (Quality control standard), Certification, Training, Job training.*

Lista de Ilustrações

Figura 3.1 - Etapas desenvolvidas na pesquisa	41
Figura 4.1 - Dendograma decorrente da AHC.....	48

Lista de Tabelas

Quadro 2.1 - 108 técnicas utilizadas como referenciais do ASQ (2015).	28
Quadro 4.1 - Porcentagens de aplicação para cada técnica.	45
Quadro 4.2 - Aplicação das técnicas de 1 a 9 pelas instituições.	49
Quadro 4.3 - Aplicação das técnicas de 10 a 24 pelas instituições	50
Quadro 4.4 - Aplicação das técnicas de 25 a 50 pelas instituições.	51
Quadro 4.5 - Aplicação das técnicas de 51 a 64 pelas instituições.	52
Quadro 4.6 - Aplicação das técnicas de 65 a 87 pelas instituições.	53
Quadro 4.7 - Aplicação das técnicas de 88 a 108 pelas instituições.	54

Lista de Abreviaturas e Siglas

AHC: Análise Hierárquica de Cluster

ASQ: *American Society for Quality*

BoK: *Body of Knowledge*

DFSS: *Design for Six Sigma*

GE: *General Eletric*

IES: *Instituição de Ensino Superior*

IMVP: *International Motor Vehicle Program*

LSS: *Lean Six Sigma*

LSSBB: *Lean Six Sigma Black Belt*

MIT: *Massachusetts Institute of Technology*

SPSS: *Statistical Package for the Social Science*

TPS: *Toyota Production System*

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Contexto	14
1.2 Objetivo Geral	16
1.3 Objetivos específicos.....	16
1.4 Justificativa.....	17
1.5 Estrutura do Trabalho	17
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 <i>Lean Production</i>	19
2.2 <i>Six Sigma</i>	20
2.3 <i>Lean Six Sigma</i> e as vantagens do uso híbrido	22
2.4 O uso do <i>Lean Six Sigma</i> em diferentes setores da economia.....	25
2.5 <i>Body of Knowledge ASQ</i>	26
2.6 Outros modelos.....	36
3 MÉTODO E PROCEDIMENTO DE PESQUISA	39
3.1 Caracterização da Pesquisa.....	39
3.2 Método.....	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1 Caracterização das organizações estudadas.....	44
4.2 Apresentação dos resultados e discussões	45
5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
6 ARTIGO.....	58
REFERÊNCIAS	82
ANEXO A – Autorização de Publicação de Artigo.....	94

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

A busca pela melhoria contínua caracteriza como um grande diferencial na busca pela competitividade e sobrevivência das empresas, independente do seu tamanho ou segmento de atuação; sejam as organizações indústrias, empresas de serviços, organizações ligadas à saúde, do setor público ou terceiro setor, é por meio da evolução contínua dos processos administrativos e práticas modernas de gestão que se alcança o sucesso (ANTONY, SNEE e HOERL, 2017; MURALIRAJ *et al.*, 2018; MURMURA *et al.*, 2021). Cada vez mais é preciso gerar valor ao cliente entregando qualidade, diferenciação perante os concorrentes e baixo custo (GHOBAKHLOO e FATHI, 2020; PORFÍRIO *et al.*, 2022; SINGH e RATHI, 2019).

Haerizadeh e Sunder (2019) corroboram o ponto de vista supracitado, reforçando que a adaptabilidade de uma organização em relação às condições de mercado e a entrega de altos níveis de atendimento ao cliente com qualidade irretocável e baixo custo se tornaram requisitos essenciais para a sobrevivência no ambiente global. Desta forma, a qualidade dos processos e produtos é uma das mais importantes estratégias empresariais atuais e as técnicas do *Lean Production* se fazem muito importantes nesse sentido. Aliás, nas últimas décadas, diversos estudos mostram que técnicas de *Lean Production* se tornaram cada vez mais essenciais para aprimorar a competitividade das empresas (ANTONY, HOERL e SNEE, 2020; TRAKULSUNTI, ANTONY e DOUGLAS, 2021; WICKRAMASINGHE e WICKRAMASINGHE, 2017).

O pensamento enxuto relacionado a cultura *Lean*, considerado uma extrapolação do Sistema Toyota de Produção (WOMACK e JONES, 1997), tem por objetivo eliminar as atividades que não agregam valor para o cliente; para tanto é necessário ouvir e compreender a voz do cliente e entregar o maior valor possível, com o menor custo, maior qualidade e o mais rápido possível (ANTONY, SNEE e HOERL, 2017; SISSON, 2019).

Outra filosofia muito importante na busca pela melhoria contínua e competitividade é o *Six Sigma*. Desenvolvido na Motorola, tal filosofia foca na minimização da variação de desempenho de processos que se dá de maneira estruturada e orientada a dados, garantindo que as tomadas de decisão sejam realizadas somente após a especificação objetiva das causas raízes

subjacentes (MURALIRAJ *et al.*, 2018). O *Lean* e o *Six Sigma* são duas filosofias que podem funcionar separadamente, entretanto, em conjunto, potencializam a possibilidade de bons resultados em função de aspectos sinérgicos (MUSTAPHA, ABU HASAN e MUDA, 2019). Ao se trabalhar as duas filosofias em conjunto, une-se velocidade, eficiência e eliminação de desperdícios - que são os objetivos do *Lean* - com o aumento da eficácia e a remoção de erros - foco do *Six Sigma*; conquista-se melhorias mensuráveis, reais, operacionais e financeiras (MUSTAPHA, ABU HASAN e MUDA, 2019).

Sunder et al (2018) corroboram o ponto de vista mencionado acerca da sinergia, destacando que o *Lean Six Sigma* não se trata apenas da combinação de dois métodos, mas sim uma abordagem híbrida sinérgica que permite mudanças efetivas nas organizações, reduzindo custos, gerenciando riscos, melhorando a satisfação de clientes e funcionários. Permite assim melhor tomada de decisões por parte da alta gestão (ALBLIWI *et al.*, 2017; ALBLIWI, ANTONY e LIM, 2015; LAUREANI, ANTONY e DOUGLAS, 2010; SUNDER, GANESH e MARATHE, 2018). É importante mencionar que a “institucionalização” do *Lean Seis Sigma* é essencial para a sua sustentabilidade a longo prazo (ANTONY *et al.*, 2018).

Cabe destacar que atualmente, o uso híbrido do *Lean* e do *Seis Sigma* está presente em diversos segmentos, indo além do ambiente industrial no qual ocorrem as aplicações iniciais (ADIKORLEY, ROTHENBERG e GUILLORY, 2017; AINUL AZYAN, PULAKANAM e; PONS, 2017; COSTA *et al.*, 2018; SINGH; RATHI, 2019; YADAV *et al.*, 2019).

Observando os benefícios e diferenciações em relação a competitividade que a adoção da filosofia *Lean Six Sigma* proporciona às empresas de diferentes setores, torna-se cada vez mais crescente pelos profissionais a busca por certificações *Lean Six Sigma*. Diversas pesquisas demonstram a importância das certificações para a viabilidade do processo de melhoria nas empresas (ANTONY; KARAMINAS, 2016; KODWANI; PRASHAR, 2021; MUELLER; CROSS, 2020; SISSON, 2019).

Entretanto, para que possam proporcionar verdadeira base aos profissionais e estes conduzirem mudanças verdadeiras nas empresas onde atuam, tais cursos certificadores devem proporcionar base de conhecimento de qualidade (SREEDHARAN *et al.*, 2018).

Cabe destacar que destacar que um dos principais fatores de falha na implementação do *Lean Six Sigma* é a ineficácia dos programas de treinamento, que leva ao conhecimento não total das ferramentas e técnicas *Lean Six Sigma*, como destaca Sreedharan *et al.* (2018) e, conseqüentemente, da não aplicação correta e satisfatória da metodologia. Também foi

observado em MUELLER e CROSS (2020) que além da adoção do *Lean Six Sigma* pelas empresas é importante que esta seja adotada pelos profissionais que serão responsáveis pela implementação e disseminação da metodologia nas organizações e, mais uma vez, o treinamento é visto como um dos principais fatores de sucesso para a adoção do *Lean Six Sigma*.

Muitas empresas investem de maneira efetiva em treinamentos, mas para que seja possível um bom retorno deste investimento é fundamental ter o planejamento claro de todos os aspectos dos treinamentos, ou seja, do conteúdo, de como será a entrega, a estrutura de suporte, os mecanismos de transferência de conhecimento, os mecanismos de avaliação (SISSON, 2019). Em suma, é possível afirmar que o treinamento bem executado tem um papel fundamental na implementação bem-sucedida do *Lean Six Sigma* (PATEL; PATEL, 2020) e que falta dele e certificação deficiente em relação às principais ferramentas podem ser consideradas barreiras graves ao sucesso (SINGH; KUMAR; RATHI, 2019).

1.2 Objetivo Geral

Mediante o contexto apresentado e percebendo a não existência de pesquisas que analisem criticamente os treinamentos voltados a certificação *Lean Six Sigma* disponíveis no território nacional, o trabalho tem como objetivo apresentar um panorama e analisar as certificações *Lean Six Sigma Black Belt* (LSSBB) oferecidas por instituições que atuam no Brasil.

1.3 Objetivos específicos

Como objetivos específicos o trabalho pretende:

- a. revisar a literatura que norteiam a técnica *Lean Seis Sigma*, pesquisas padrões para certificações *Lean Seis Sigma Black Belt* e detalhamento do *Body of Knowledge ASQ* (ASQ, 2015);
- b. realizar a coleta dos programas de estudo dos cursos ofertados por organizações que atuam em território brasileiro e visam a certificação *Lean Six Sigma Black Belt*;

- c. analisar o conteúdo dos referidos programas de estudo por meio de metodologias existentes à luz do *Body of Knowledge ASQ* (ASQ, 2015);
- d. realizar a análise de conteúdo com o auxílio da Análise Hierárquica de Cluster (AHC).

1.4 Justificativa

Como mencionado, não há um padrão universal sobre o que deve ser apresentado em cursos *Lean Seis Sigma* visando a certificação. Houveram muitas tentativas em padronizar os referidos cursos para certificações, como mencionado por (A study into the pros and cons of ISO 18404: viewpoints from leading academics and practitioners ANTONY *et al.*, 2021), mas apesar dos esforços ainda não se tem um padrão para tal (ANTONY *et al.*, 2019; AMORIM *et al.*, 2018; SREEDHARAN V *et al.*, 2020).

De certa forma, isso justifica os diferentes níveis de conteúdo existentes entre os cursos ofertados pelas diferentes instituições. Tal característica dificulta, por exemplo, a comparação quando um profissional deseja selecionar uma instituição para sua formação (LAUREANI e ANTONY, 2011).

É nesse contexto que a pesquisa apresentada ganha muito valor. Permite entender, a luz de uma referência internacional bem aceita (*o Body of Knowledge da ASQ*), as principais deficiências dos cursos ofertados por instituições no Brasil visando a certificação *Lean Six Sigma Black Belt*.

1.5 Estrutura do Trabalho

Além deste Capítulo 1, que apresenta o contexto do estudo, o problema, os objetivos, a justificativa e descreve a estrutura o trabalho, a dissertação está estruturada em 5 capítulos. No Capítulo 2 busca-se estabelecer a fundamentação teórica; e, justificar o uso do framework escolhido como referência para análise comparativa na realização deste trabalho. No Capítulo 3 descrevem-se os procedimentos metodológicos utilizados. O Capítulo 4 dedica-se a apresentar os resultados e discuti-los à luz do modelo escolhido. No Capítulo 5 retoma-se o principal objetivo proposto na pesquisa, sintetiza-se os resultados encontrados e reflete-se sobre

as limitações e perspectivas futuras de trabalho. O Capítulo 6 apresenta o artigo publicado em revista internacional especializada da área, decorrente desta pesquisa. Por fim, listam-se as referências utilizadas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Lean Production*

O termo *Lean Production* surgiu formalmente no artigo de KRAFICK (1988) pesquisador do *International Motor Vehicle Program* (IMVP) do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) numa publicação na qual designou o *Toyota Production System* (TPS) por este utilizar menos de tudo na produção comparado com o sistema de produção em massa, ou seja, menos esforço humano, menos espaço, fabril, menos investimento em ferramentas, menos horas de desenvolvimento para um novo modelo e menos estoques reduzindo desta forma os custos associados (MAIA, ALVES e LEÃO, 2011). A designação de *Lean Production* se popularizou com o livro “*The machine that changed the world*” utilizado para contrastar com o sistema ocidental de produção em massa (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Com a introdução, após a Segunda Guerra Mundial, na indústria automobilística japonesa do Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System* -TPS) liderado por Taiichi Ohno da *Toyota Motor Company* (KRAFICK, 1988; OHNO, 1988) em um momento em que mercado que exigia novas estratégias competitivas e maior flexibilidade junto aos concorrentes, com a necessidade do aumento da eficiência operacional da indústria japonesa, com os já conhecidas técnicas de gestão e melhoria de processos americanas desenhadas por Henry Ford (WOMACK; JONES, 1997) como o Controle da Qualidade, a Engenharia Industrial e o Controle Total da Qualidade (KRAFICK, 1988; OHNO, 1988).

O Sistema Toyota de Produção originou-se na filosofia de alcançar melhorias de forma mais econômica com grande enfoque na redução de muda que significa “desperdício” ou qualquer atividade humana que absorve recursos contudo não cria valor (WOMACK, J P; JONES, 1997). A Toyota, sob a liderança de Taiichi Ohno, que após uma visita às instalações da Ford em Detroit concluiu que não tinha mercado para a produção em massa e, por isso, não poderia apenas adaptar o modelo para a produção no mercado japonês. Definiu este novo modelo de produção industrial com o foco na redução dos desperdícios, na melhoria contínua e na importância do envolvimento de todos da empresa com a produção de itens que ninguém deseja, erros que retrabalho e acúmulo de produtos em estoques (CANONICO *et al.*, 2022;

COSTA *et al.*, 2018; WICKRAMASINGHE e WICKRAMASINGHE, 2017). HAERIZADEH; SUNDER (2019) argumentam que a adaptabilidade de uma organização às condições de mercado e entrega de altos níveis de atendimento ao cliente com alta qualidade e baixo custo tornaram-se requisitos essenciais para a sobrevivência no ambiente global. A qualidade de processos e produtos é uma das estratégias de negócios atuais mais crítica, portanto, as técnicas *Lean* são essenciais.

O *Toyota Production System* (TPS) evoluiu continuamente após a Segunda Guerra Mundial, a partir da “oficina mecânica” de Ohno e gradualmente foi se expandindo para as demais áreas da Toyota e, a partir de 1965, para seus fornecedores. O seu desenvolvimento se deu sem alarde e de forma gradual até o “*Toyota Way*” e não recebeu documentação formal de forma concisa (HOLWEG, 2007). Segundo (OHNO, 1988) somente após a crise do Petróleo houve maior interesse externo no que a Toyota estava desenvolvendo.

De acordo com Ohno (1988) o TPS tem como base a eliminação de desperdícios e objetivo a redução de custos, além da preocupação em produzir produtos com qualidade e produzir somente o necessário. Segundo Pettersen (2009) o *Lean Production* é um conceito que inclui práticas de *just in time*, estratégias de melhoria, controle de defeitos, padronização, redução de recursos e técnicas de gestão. Além poder ser associado a quatro diferentes abordagens sugeridas por (HINES, HOLWE e RICH, 2004; PETTERSEN, 2009; SHAH e WARD, 2007) são: prático (performático), filosófico (ostensivo), operacional (discreto) e estratégico (contínuo). O termo ostensivo significa uma mudança de foco da filosofia geral para questões que só podem ser definidas por exemplos, enquanto foco performativo e prático nas coisas que são feitas. O termo discreto significa um foco em eventos isolados, como projetos de melhoria individual utilizando a “caixa de ferramentas *Lean*” (BICHENO; HOLWEG, 2008), ou o estado final de “*Leanness*” (KRAFICK, 1988). Em contraste, o termo contínuo significa uma perspectiva orientada para o processo, com foco nos esforços contínuos; a filosofia do “*Lean Thinking*” ou “*Toyota Way*” que pode ser visto em (LIKER, 2004-; WOMACK e JONES, 2003) ou o processo de “implementar o *Lean*” (OSBORNE *et al.*, 2003).

2.2 Six Sigma

O *Six Sigma* possui diferentes definições, que variam de acordo com autores, livros e artigos. De acordo com Patel e Patel, (2020) e Kaushik *et al.* (2012) o *Six Sigma* é uma metodologia de melhoria de processos baseada em dados utilizada para garantir resultados de processos previsíveis e estáveis, com a redução de variação e defeitos dos mesmos. Sendo uma poderosa estratégia de melhoria de negócios, permite às empresas usar métodos estatísticos simples e poderosos para alcançar e sustentar a excelência operacional (CHENG, 2013; JENICKE, KUMAR e HOLMES, 2008; MUELLER e CROSS, 2020).

Segundo (ANTONY, SNEE e HOERL, 2017) o *Six Sigma* é uma forma de melhoria de negócios que busca encontrar e eliminar causas de defeitos ou erros nos processos de negócios, concentrando-se na melhoria das saídas dos processos que são mais importantes para os clientes, definição que demonstra a busca contínua pela perfeição em atender o cliente.

O desenvolvimento do *Six Sigma* é atribuído a diversos profissionais da Motorola no decorrer da década de 1980 dentre eles Bill Smith, Mikel J. Harry, Jack Germaine e Bob Galvin, engenheiros, estatísticos e executivos da organização (G. ECKES, 2002-; MONTGOMERY e WOODALL, 2008; PANDE e NEUMAN, 2000). Com o *Six Sigma* estabelecido na Motorola como o ponto focal de esforços de melhoria da qualidade dos processos e desenvolvimento de produtos ele foi muito bem sucedido, com a redução expressiva de defeitos em dispositivos semicondutores atendendo às necessidades de redução de defeitos e variabilidade e melhoria da qualidade nos processos (G. ECKES, 2002). Com os primeiros resultados satisfatórios Bob Galvin, então CEO da Motorola, liderou a aplicação da metodologia em toda a organização, principalmente nos processos e sistemas de fabricação.

Com os resultados expressivos alcançados pela Motorola outras empresas como a *General Electric* (GE) decidiram aplicar o *Six Sigma* com foco nos processos de Manufatura, com Jack Welch, então Presidente da *General Electric* (GE) como um dos maiores defensores do programa, principalmente após o impacto positivo com aumento significativo das margens operacionais, com a geração de retorno de investimento acelerado, resultado da aplicação do Programa, mitigando defeitos, reduzindo a variabilidade dos processos tanto na produção e engenharia quanto dos processos de diferentes áreas como o marketing, serviços, recursos humanos e comercial. “O *Six Sigma* mudou para sempre a GE. Todos, desde os fanáticos pelo Seis Sigma, os engenheiros, os auditores e cientistas, à alta gerência que levará esta empresa ao novo milênio, acreditam realmente no Seis Sigma que é a maneira pela qual a empresa funciona agora” é uma frase de John Welch que demonstra a diferença entre a aplicação do programa na

Motorola e na *General Electric*, com a mudança cultural desta última, com os conceitos do Seis Sigma enraizados na mesma (MONTGOMERY e WOODALL, 2008; PANDE e NEUMAN, 2000).

Assim como na interpretação do *Lean Production* no qual os desperdícios são inerentes dos processos e o foco é reduzi-los. Outra característica dos processos é a variação e o foco do Seis Sigma para a melhoria de processos é a redução de tal variação (ESCRIG-OLMEDO *et al.*, 2017; GUPTA *et al.*, 2018; MURALIRAJ *et al.*, 2018)

Segundo Antony (2007) houve três gerações reconhecíveis de *Six Sigma* a primeira com a Motorola como grande exemplo, com o foco na redução de defeitos no período 1987-1994. A segunda geração que abrangeu o período de 1994 a 2000, com o foco na redução de custos na qual *General Electric* é um bom exemplo. E, a terceira geração com foco na criação de valor para os clientes e para a própria empresa e a Samsung é citada como exemplo. Nesta última geração o *Six Sigma* atua fortemente em serviços e processos comerciais e na qualidade de sistemas transacionais, como tempos de entrega, tempo de espera do cliente para receber produtos ou níveis de serviço, além de uma maior aplicação em logística e também para evitar efeitos ou falhas no estágio de projeto, desdobrando no *Design For Six Sigma* (DFSS) que trata de projetar produtos e processos de forma a permitir uma maior variação sem afetar o desempenho, prevendo assim a qualidade do processo antecipadamente (FRANCISCO, CANGIOLIERI JUNIOR e SANT'ANNA, 2020; GIJO *et al.*, 2021; GREMYR e FOUQUET, 2012).

2.3 *Lean Six Sigma* e as vantagens do uso híbrido

Mesmo com a origem diversa do *Lean* e do *Six Sigma* muitas organizações adotaram ambas as abordagens para alcançar a melhoria contínua em diferentes ambientes de negócios (HILTON e SOHAL, 2012; MCDERMOTT, ANTONY e DOUGLAS, 2021; RAVAL, KANT e HANKAR, 2019). Apesar de ambas as abordagens tenham origem na manufatura as aplicações em outros setores como serviços (HAERIZADEH e SUNDER, 2019), setores público (ANTONY, RODGERS e CUDNEY, 2017; SREEDHARAN e RAJU, 2016) e de saúde

(AHMED, MANAF e ISLAM, 2019; RAMIRES e SAMPAIO, 2021) são cada vez mais recorrentes.

Lean e Six Sigma são duas metodologias que podem funcionar separadamente e em conjunto para a entrega de melhorias reais, mensuráveis, operacionais e financeiras (MCDERMOTT, ANTONY e DOUGLAS, 2021; MUSTAPHA; HASAN e MUDA, 2019; RODGERS e ANTONY, 2019; SUNDER e ANTONY, 2018). A alegação de que ambas são complementares é notavelmente aceita atualmente, principalmente após a comprovação da eficácia das metodologias em grandes empresas como a General Eletric e Toyota. Assim, cada vez mais empresas estão estabelecendo os programas *Lean Six Sigma*. Algumas empresas se uniram para treinar umas às outras como a *Boeing* e a *General Eletric*, sendo a primeira líder em *Lean* e a última em *Six Sigma*. *The George Group*, em 1986, foi o primeiro a integrar ambas as metodologias (SALAH, RAHIM e CARRETERO, 2010)

No início do século XXI, a metodologia *Lean Six Sigma* surgiu como uma metodologia de melhoria contínua, chamou a atenção de pesquisadores e profissionais na área da qualidade e melhoria para obter maior vantagem competitiva, obter sucesso operacional e comercial, melhorar a satisfação do cliente, aumentar a produtividade, reduzir defeitos e taxas de refugo, reduzir dos prazos de entrega, aumentar a satisfação dos funcionários e retenção de clientes e garantir uma melhoria sustentável e foi amplamente adotada nas organizações (MUSTAPHA, HASAN; MUDA, 2019; PATEL e PATEL, 2020)

O uso híbrido das metodologias *Lean e Six Sigma* se concentra em medir o desempenho do processo para eliminar desperdícios operacionais, removendo as causas de defeitos de produtos e serviços e criando valor para os clientes (SILVA *et al.*, 2018). Para a implementação do *Lean Seis Sigma* os funcionários das organizações são treinados como especialistas na metodologia (SHARMA e CHETIYA, 2012; SISSON, 2019) e utiliza-se o ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) como método para resolução problemas (FRANCISCO, CANGIOLIERI JUNIOR e SANT'ANNA, 2020; KANE, 2021; SOKOVIĆ *et al.*, 2009).

O DMAIC é o framework amplamente utilizado na metodologia *Lean Six Sigma*, sendo ele dividido em cinco fases. KUMAR, SINGH e BHAMU (2021) define as fases do ciclo da seguinte forma: a primeira fase é a definição e elaboração do problema e definir uma visão clara para o projeto para resolvê-lo. Esta fase inclui a determinação do termo de abertura do projeto (declaração do problema, declaração do objetivo, escopo do projeto e outras informações sobre

o problema do caso). Além de um plano de atividades para compreender os detalhes do problema real, a combinação de ferramentas *lean* e estatísticas necessárias (carta do projeto, diagrama de fluxo do processo, outros). Na fase de medição os dados são coletados para registrar o estado atual do processo e encontrar a capacidade do mesmo por meio de um gráfico de capacidade de processo, a próxima fase tem como objetivo analisar os dados coletados relacionados ao problema identificado e resulta na determinação das possíveis causas raízes do problema. A seguir planos de melhorias são desenvolvidos para gerar soluções para as causas raízes com a finalidade de melhorar os processos, após o impacto de cada melhoria ser avaliado uma melhoria é selecionada para implementação e possíveis resistências à implementação devem ser definidas nesta fase. A penúltima fase é a implementação das ações de melhorias planejadas de forma controlada visando a melhoria de processo e a redução de rejeição e planos de ação e planilhas de monitoramento devem ser incorporados para a verificação. A última fase é a verificação de todos os resultados para acompanhar o andamento das melhorias e possíveis economias geradas, além da verificação do nível de satisfação dos clientes e dos benefícios das melhorias de processo.

Dentre os benefícios do *Lean Six Sigma* têm sido amplamente destacados incluem (ANTONY, 2006):

- a. Garantir que os serviços/produtos estejam em conformidade com o que o cliente precisa (“voz do cliente”);
- b. Remoção de etapas que não agregam valor (desperdício) em processos críticos de negócios;
- c. Redução do custo da má qualidade;
- d. Reduzir a incidência de produtos/transações defeituosas;
- e. Reduzir o tempo do ciclo;
- f. Entregar o produto/serviço correto, na hora certa, no lugar certo.

Uma das principais diferenças entre o *Lean Six Sigma* e as iniciativas de qualidade anteriores é a organização e a estrutura das funções para a implementação de melhorias, que se espelha a sua terminologia nas artes marciais para a definição de hierarquia e planos de carreira (ANTONY *et al.*, 2021; HARRY e SCHROEDER, 2000).

À medida que o *Lean Six Sigma* se tornou mais reconhecido e difundido com a proliferação de empresas de treinamento e consultoria, novos termos como “*White Belt*” e “*Yellow Belt*” foram cunhados. A hierarquia do grupo de implementação LSS envolve os *White*

Belts, Yellow Belts; Green Belts, Black Belts, Master Black Belts e Champions, termos que estão sendo usados de forma indiscriminada, muitas vezes sem uma compreensão das habilidades e responsabilidades, como o treinamento e os requisitos são em sua maioria adaptados para diferentes setores e/ou empresas (LAUREANI e ANTONY, 2011; MUSTAPHA, HASAN e MUDA, 2019).

Não há uma definição unânime, mas as comumente aceitas são:

- a. *White Belt*: (MUSTAPHA; ABU HASAN; MUDA, 2019) foco nas necessidades primárias de treinamento de gerenciamento e ferramentas estatísticas. Isso ajudaria a reduzir os custos envolvidos, além de minimizar as deficiências de recursos;
- b. *Yellow Belt*: semelhante ao *White Belt*, o *Yellow Belt* é frequentemente usado na indústria para indicar funcionários que assumem funções em projetos Seis Sigma, juntamente com suas outras responsabilidades de trabalho;
- c. *Green Belts*: são funcionários que, após receberem aproximadamente 80 horas de treinamento, assumem funções em projetos Seis Sigma, juntamente com as demais responsabilidades de seu cargo. De acordo com Miguel e Carvalho (2014) eles usariam muitas das mesmas ferramentas que os *Black Belts*, mas se concentrariam em projetos dentro de sua própria área;
- d. *Black Belt*: indivíduos que tiveram pelo menos 160 horas de treinamento em Seis Sigma e que dominaram ferramentas e técnicas estatísticas relativamente sofisticadas. *Black Belts* normalmente trabalham em projetos de múltiplas áreas com uma equipe totalmente dedicada a elas (ANDERSSON e PARDILLO-BAEZ, 2020).
- e. *Master Black Belts*: *Black Belts* experientes, que se destacaram na execução do projeto e praticaram por alguns anos, podem avançar para o papel de *Master Black Belt*: um praticante em tempo integral na ferramenta Seis Sigma e um mentor para o sucesso dos *Green* e *Black Belts* (MOTIANI e KULKARNI, 2021).

2.4 O uso do *Lean Six Sigma* em diferentes setores da economia

O uso do *Lean Six Sigma* transcende o setor industrial e na atualidade é aplicado em muitos setores. Nos próximos parágrafos são apresentadas aplicações em diferentes segmentos.

É cada vez recorrente a aplicação da metodologia *Lean Six Sigma* no setor de serviços, com a finalidade de melhoria do atendimento, melhoria da entrega aos clientes. Em especial, pode-se destacar os serviços logísticos, nos quais existem grande potencial de ganhos em função da implementação da filosofia. Cabe destacar que o setor logístico tem uma baixa margem de lucro devido à forte concorrência e que é possível melhorar a performance das operações eliminando desperdícios, como evidenciam casos de sucesso apresentados na literatura (GUTIERREZ-GUTIERREZ e LEEUW, 2016; ZHANG, 2016, PRAHARSI *et al.*, 2021;). A implementação em serviços bancários e financeiros também se mostrou prodigiosa (SUNDER, GANESH e MARATHE, 2019; PORFÍRIO *et al.*, 2022;) assim como nas áreas de TI, corroborando para a diminuição do tempo de resolução de reclamações, bem como redução do tempo de retorno dos processos prioritários da organização (E.V, ANTONY e SUNDER, 2019). Em serviços relacionados à saúde, como hospitais e clínicas, estudos de casos mostram impactos significativos no desempenho organizacional e na melhora da qualidade com a implementação da metodologia *Lean Six Sigma*; benefícios como a redução de erros de processos, desperdícios, maior satisfação dos pacientes foram alcançados (AHMED, ABD MANAF e ISLAM, 2018; AJMERA e JAIN, 2019; ANTONY, RODGERS e CUDNEY, 2017; BHAT *et al.*, 2020; NORONHA *et al.*, 2021; TRAKULSUNTI, ANTONY e DOUGLAS, 2021; VAISHNAVI; SURESH, 2020). Os benefícios do *Lean Six Sigma* em instituições educacionais também são evidenciados na literatura por diferentes autores (HAERIZADEH e SUNDER, 2019; SUNDER e ANTONY, 2018; THOMAS *et al.*, 2017; WALTER e PALADINI, 2019) destacando melhora na eficiência e no desempenho operacional dos departamentos nas instituições de ensino. Não podemos deixar de mencionar também a crescente implementação da *Lean Six Sigma* nos setores públicos de diversos países, mesmo que muitas vezes a implementação ainda seja realizada com amplas possibilidades de melhorias (ANTONY, RODGERS e CUDNEY, 2017; RODGERS e ANTONY, 2019).

2.5 Body of Knowledge ASQ

O modelo *ASQ Six Sigma Black Belt Body of Knowledge (BoK)* é amplamente utilizado como base para a documentação e pesquisas sobre tal certificação (MALEYEFF, ARNHEITER

e VENKATESWARAN, 2012). Tais certificações ASQ são estabelecidas há muito tempo e vistas em todo o mundo como um excelente padrão de qualificação e certificação (HILTON e SOHAL, 2012). Uma pesquisa global, realizada por Antony *et al.* (2021b), na qual os entrevistados eram perguntados sobre qual frameworks prefeririam utilizar em certificações *Lean Six Sigma*, teve como primeiro resultado o padrão da ASQ como preponderante (observa-se que a porcentagem de preferência foi de 40% para a ASQ, 12% para IASCC, 12% para o LSS Institute e 10% para a norma ISO 18404).

O modelo da ASQ, visa a padronização dos treinamentos por meio da enumeração de 108 técnicas relacionadas e necessárias para a formação de um profissional *Lean Seis Sigma Black Belt* (ASQ, 2015). Tais técnicas perpassam o conhecimento existente na metodologia LSS, como todo o uso da metodologia DMAIC, mas também explicita a necessidade do treinamento prover conhecimento sobre gestão, formação e motivação de equipe, liderança, *benchmarking*, gestão de mudanças, além de aprofundamento em estatística (TRAKULSUNTI, ANTONY e DOUGLAS, 2021).

O BoK está dividido em 9 principais microáreas, que determinam o mínimo conhecimento esperado de um profissional Black Belt. Tais macroáreas estão relacionados não somente com as *hard skills*, mas também com o conhecimento necessário para gestão de equipes e liderança, conhecimento histórico da metodologia e sobre como definir um plano estratégico. São elas: “Planejamento e Implementação em toda a Organização (1)”, “Gerenciamento e Medição de Processos Organizacionais(2)”, “Gerenciamento de Equipe (3)”, “Definir (4)”, “Medir (5)”, “Analisar (6)”, “Melhorar (7)”, “Controlar (8)” e “Framework e Metodologia *Design for Six Sigma* (DFSS) (9)”. Estes tópicos são desdobrados mais duas vezes até as 108 técnicas finais descritas no documento (ASQ, 2015) (vide Quadro 2.1). É importante mencionar que o BoK também cita o nível cognitivo que é esperado que o Black Belt conheça de cada técnica, sendo eles “Analisar”, “Aplicar”, “Avaliar” e “Compreender”. Das 108 técnicas citadas em (34%) é esperado que o profissional saiba aplicar a técnica, (33%) que saiba avaliar a técnica, (20%) que compreenda a técnica e (12%) que saiba analisa-las.

O BoK da ASQ, não cita a parte prática, como o número de projetos necessários para a efetiva formação de Black Belts, que também não há padronização, variando de acordo com as definições da empresa que o profissional atua. Enquanto algumas priorizam a quantidade de projetos outras visam a redução de gastos após a conclusão dos projetos de melhoria (ANTONY e KARAMINAS, 2016; LAUREANI e ANTONY, 2011; PATEL e PATEL, 2020).

Quadro 2.1 - 108 técnicas utilizadas como referenciais do ASQ (2015).

Macroárea	#	Área	Técnica	Descrição	Nível cognitivo
1	T1	Considerações em Toda a Organização	Fundamentos das Metodologias <i>Six Sigma</i> e Lean	"Defina e descreva o valor, as fundações, a filosofia, a história e os objetivos dessas abordagens e descreva a integração e o relacionamento complementar entre eles". (ASQ, 2015, p. 6)	Compreender
1	T2	Considerações em Toda a Organização	Metodologias de <i>Six Sigma</i> , <i>Lean</i> e Melhoria Contínua	"Descreva quando usar o <i>Six Sigma</i> em vez de outras abordagens de solução de problemas e descreva a importância de alinhar os objetivos da <i>Six Sigma</i> com os objetivos organizacionais. Descreva os critérios de triagem e como esses critérios podem ser usados para a seleção de projetos <i>Six Sigma</i> , iniciativas enxutas e outros métodos de melhoria contínua." (ASQ, 2015, p. 6)	Aplicar
1	T3	Considerações em Toda a Organização	Relação entre sistemas e processos empresariais	"Descreva as relações interativas entre sistemas de negócios, processos e partes interessadas internas e externas, e o impacto que esses relacionamentos têm nos sistemas de negócios". (ASQ, 2015, p. 6)	Compreender
1	T4	Considerações em Toda a Organização	Planejamento e implantação estratégica de iniciativas	"Defina a importância do planejamento estratégico para projetos <i>Six Sigma</i> e iniciativas enxutas. Demonstre como Hoshin Kanri (matriz X), análise de portfólio e outras ferramentas podem ser usadas para apoiar a implantação estratégica desses projetos. Use estudos de viabilidade, análise SWOT (pontos fortes, fraquezas, oportunidades e ameaças), análise de pragas (política política, econômica, social e tecnológica) e planejamento de contingência e planejamento de continuidade de negócios para melhorar o planejamento e implantação estratégica." (ASQ, 2015, P. 6)	Aplicar
1	T5	Liderança	Funções e responsabilidades	"Descreva os papéis e responsabilidades da liderança executiva, campeões, patrocinadores, proprietários de processos, mestre de cintos negros, cintos pretos e cintos verdes ao dirigir <i>Six Sigma</i> e Lean Initiatives. Descreva como cada grupo influencia a implantação do projeto em termos de fornecimento ou gerenciamento de recursos, permitindo mudanças na estrutura organizacional e apoiando as comunicações sobre o objetivo e a implantação das iniciativas." (ASQ, 2015, p. 7)	Compreender
1	T6	Liderança	Obstáculos organizacionais e gerenciamento de mudanças"	"Descreva como a estrutura e a cultura de uma organização podem impactar os projetos de seis sigma. Identifique as causas comuns de falhas de seis sigma, incluindo falta de suporte da gerência e falta de recursos. Técnicas de Gerenciamento de Mudanças Aplicar, incluindo análise de partes interessadas, avaliações de prontidão e planos de comunicação para superar barreiras e impulsionar mudanças em toda a organização." (ASQ, 2015, p. 7)	Aplicar
2	T7	Impacto nos Stakeholders	Impacto nos Stakeholders	"Descreva o impacto <i>Six Sigma</i> Projects pode ter sobre clientes, fornecedores e outras partes interessadas." (ASQ, 2015, p. 7)	Compreender

2	T8	Benchmarking	Benchmarking	"Defina e distingue entre vários tipos de benchmarking, por exemplo, práticas recomendadas, competitivas, colaborativas e inovadoras. Selecione medidas e metas de desempenho para projetos resultantes de atividades de benchmarking." (ASQ, 2015, p. 7)	Aplicar
2	T9	Indicadores de Desempenho Empresarial	Indicadores de desempenho	"Defina e descreva o Balanced Scorecard, os principais indicadores de desempenho (KPIs), métricas de fidelidade do cliente e indicadores de liderança e atraso. Explique como criar uma linha de visão das medidas de desempenho às estratégias organizacionais." (ASQ, 2015, p. 7)	Aplicar
2	T10	Indicadores de Desempenho Empresarial	Indicadores financeiros	"Defina e use o crescimento da receita, participação de mercado, margem, valor presente líquido (VPL), retorno do investimento (ROI) e análise de custo-benefício (CBA). Explique a diferença entre medidas de custo rígido (desde declarações de lucro e perda) e benefícios de custo suave da prevenção e redução de custos." (ASQ, 2015, p. 7)	Aplicar
3	T11	Formação de Equipe	Tipos e restrições de equipes	"Defina e descreva várias equipes, incluindo virtual, cruzado e auto-dirigido. Determine qual tipo de equipe funcionará melhor para um determinado conjunto de restrições, por exemplo, geografia, disponibilidade de tecnologia, horários da equipe, fusos horários." (ASQ, 2015, p. 7)	Aplicar
3	T12	Formação de Equipe	Funções e responsabilidades das equipes	"Defina e descreva vários papéis e responsabilidades da equipe para líder, facilitador, treinador e membro individual". (ASQ, 2015, p. 7)	Compreender
3	T13	Formação de Equipe	Critérios de seleção de membros da equipe	"Descreva vários fatores que influenciam a seleção dos membros da equipe, incluindo a capacidade de influenciar, a abertura à mudança, os conjuntos de habilidades necessários, a experiência no assunto e a disponibilidade". (ASQ, 2015, p. 7) •	Aplicar
3	T14	Formação de Equipe	Fatores de sucesso da equipe	"Identifique e descreva os elementos necessários para equipes de sucesso, por exemplo, suporte gerencial, metas claras, regras básicas, cronogramas." (ASQ, 2015, p. 7)	Aplicar
3	T15	Facilitação de Equipe	Técnicas de motivação	"Descreva e as técnicas do APLICAR para motivar os membros da equipe. Identifique fatores que podem desmotivar os membros da equipe e descrever técnicas para superá-los." (ASQ, 2015, p. 8)	Aplicar
3	T16	Facilitação de Equipe	Estágios de desenvolvimento da equipe	"Identifique e descreva os estágios clássicos do desenvolvimento da equipe: formando, invadindo, normando, apresentando e adjorando." (ASQ, 2015, p. 8)	Aplicar
3	T17	Facilitação de Equipe	Comunicação da equipe	"Descreva e explique os elementos de um plano de comunicação eficaz, por exemplo, identificação de público, tipo de mensagem, média, frequência." (ASQ, 2015, p. 8)	Aplicar
3	T18	Facilitação de Equipe	Modelos de liderança de equipe	"Descreva e selecione abordagens de liderança apropriadas (por exemplo, direto, treinador, apoio, delegado) para garantir o sucesso da equipe". (ASQ, 2015, p. 8)	Aplicar
3	T19	Dinâmica de Equipe	Comportamentos de grupo	"Identifique e use várias técnicas de resolução de conflitos (por exemplo, treinamento, orientação, intervenção) para superar a dinâmica negativa de grupos,	Avaliar

				incluindo participantes dominantes e relutantes, pensamento de grupo, correndo para terminar e digressões". (ASQ, 2015, p. 8)	
3	T20	Dinâmica de Equipe	Gerenciamento de reuniões	"Selecione e use várias técnicas de gerenciamento de reuniões, incluindo o uso de agendas, a partir do prazo, exigindo pré-trabalho pelos participantes e garantindo que as pessoas e os recursos certos estejam disponíveis." (ASQ, 2015, p. 8)	Aplicar
3	T21	Dinâmica de Equipe	Métodos de tomada de decisão em equipe	"Defina, selecione e use várias ferramentas (por exemplo, consenso, técnica de grupo nominal, votação múltipla) para a tomada de decisão". (ASQ, 2015, p. 8)	Aplicar
3	T22	Treinamento de Equipe	Avaliação de necessidades	"Identifique as etapas envolvidas para implementar um currículo de treinamento eficaz: identificar lacunas de habilidades, desenvolver objetivos de aprendizado, preparar um plano de treinamento e desenvolver materiais de treinamento". (ASQ, 2015, p. 8)	Compreender
3	T23	Treinamento de Equipe	Entrega	"Descreva várias técnicas usadas para fornecer treinamento eficaz, incluindo teoria da aprendizagem de adultos, habilidades sociais e modos de aprendizado". (ASQ, 2015, p. 9)	Compreender
3	T24	Treinamento de Equipe	Avaliação	"Descreva várias técnicas para o treinamento de avaliar, incluindo planejamento de avaliação, pesquisas de feedback, testes de pré-treinamento e pós-treinamento". (ASQ, 2015, p. 9)	Compreender
4	T25	<i>Voz do Cliente</i>	Identificação do Cliente	"Identifique e segmente clientes e mostre como um projeto afetará clientes internos e externos". (ASQ, 2015, p. 9)	Aplicar
4	T26	<i>Voz do Cliente</i>	Coleta de dados do cliente	"Identifique e selecione os métodos apropriados da Coleta de Dadas (por exemplo, pesquisas, grupos focais, entrevistas, observações) para reunir dados de Voz do Cliente. Garanta que os métodos coleta de Dadas utilizados sejam revisados quanto à validade e confiabilidade." (ASQ, 2015, p. 9)	Analisar
4	T27	<i>Voz do Cliente</i>	Requisitos do cliente	"Defina, selecione e aplicar Ferramentas apropriadas para determinar as necessidades e requisitos do cliente, incluindo crítico para X (CTX quando "X" pode ser qualidade, custo, segurança etc.), árvore CTQ, implantação da função de qualidade (QFD), Fornecedor, entrada, processo, saída, cliente (SIPOC) e modelo Kano." (ASQ, 2015, p. 9)	Analisar
4	T28	<i>Business Case e Project Charter</i>	<i>Business case</i>	"Descreva a justificação de casos de negócios usada para apoiar projetos." (ASQ, 2015, p. 9)	Compreender
4	T29	<i>Business Case e Project Charter</i>	Declaração do problema	"Desenvolva uma declaração do problema do projeto e avalie em relação às metas de desempenho e melhoria da linha de base". (ASQ, 2015, p. 9)	Avaliar
4	T30	<i>Business Case e Project Charter</i>	Escopo do projeto	"Desenvolva e revise os limites do projeto para garantir que o projeto tenha valor para o cliente". (ASQ, 2015, p. 9)	Analisar
4	T31	<i>Business Case e Project Charter</i>	Metas e objetivos	"Identifique metas e objetivos medidas, mensuráveis, acionáveis, relevantes e vinculadas ao tempo (inteligentes) com base na declaração e escopo do Projeto do projeto." (ASQ, 2015, p. 9)	Analisar

4	T32	<i>Business Case e Project Charter</i>	Medições de desempenho do projeto	"Identificar e avaliar medições de desempenho (por exemplo, custo, receita, entrega, cronograma, satisfação do cliente) que conectam elementos críticos do processo às principais saídas." (ASQ, 2015, p. 9)	Analisar
4	T33	<i>Business Case e Project Charter</i>	Revisão do <i>Project Charter</i>	"Explique a importância de ter revisões periódicas de fretamento de projetos com as partes interessadas". (ASQ, 2015, p. 9)	Compreender
4	T34	<i>Ferramentas de Gerenciamento de Projetos</i>	Gráficos de Gantt	"Identifique e use as seguintes ferramentas de PM para rastrear projetos e documentar seu progresso". (ASQ, 2015, p. 9)	Avaliar
4	T35	<i>Ferramentas de Gerenciamento de Projetos</i>	Toll-gate reviews	"Identifique e use as seguintes ferramentas de PM para rastrear projetos e documentar seu progresso". (ASQ, 2015, p. 9)	Avaliar
4	T36	<i>Ferramentas de Gerenciamento de Projetos</i>	Estrutura analítica do trabalho (WBS)	"Identifique e use as seguintes ferramentas de PM para rastrear projetos e documentar seu progresso". (ASQ, 2015, p. 9)	Avaliar
4	T37	<i>Ferramentas de Gerenciamento de Projetos</i>	Modelo RACI (Responsável, Aprovador /Autoridade, Consultado e Informado)	"Identifique e use as seguintes ferramentas de PM para rastrear projetos e documentar seu progresso". (ASQ, 2015, p. 9)	Avaliar
4	T38	<i>Ferramentas Analíticas</i>	Diagramas de afinidade	"Identifique e use as seguintes Ferramentas analíticas ao longo do ciclo DMAIC." (ASQ, 2015, p. 9)	Aplicar
4	T39	<i>Ferramentas Analíticas</i>	Diagramas de árvore	"Identifique e use as seguintes Ferramentas analíticas ao longo do ciclo DMAIC." (ASQ, 2015, p. 9)	Aplicar
4	T40	<i>Ferramentas Analíticas</i>	Diagramas de matriz	"Identifique e use as seguintes Ferramentas analíticas ao longo do ciclo DMAIC." (ASQ, 2015, p. 9)	Aplicar
4	T41	<i>Ferramentas Analíticas</i>	Matrizes de priorização	"Identifique e use as seguintes Ferramentas analíticas ao longo do ciclo DMAIC." (ASQ, 2015, p. 9)	Aplicar
4	T42	<i>Ferramentas Analíticas</i>	Diagramas de rede de atividades	"Identifique e use as seguintes Ferramentas analíticas ao longo do ciclo DMAIC." (ASQ, 2015, p. 9)	Aplicar
5	T43	<i>Características do Processo</i>	Métricas de fluxo de processo	"Identifique e use métricas de fluxo de processo (por exemplo, trabalho em andamento (WIP), trabalho na fila (Wiq), tempo de toque, tempo de tomada, tempo de ciclo, taxa de transferência) para determinar as restrições. Descreva o impacto que "fábricas ocultas" podem ter nas métricas de fluxo de processo". (ASQ, 2015, p. 9)	Analisar
5	T44	<i>Características do Processo</i>	Ferramentas de análise de processo	"Selecione, use e Avaliar várias ferramentas, por exemplo, mapas de fluxo de valor, mapas de processo, instruções de trabalho, fluxogramas, diagramas de espaguete, diagramas de círculo, Gemba Walk." (ASQ, 2015, p. 10)	Avaliar
5	T45	<i>Coleta de Dados</i>	Tipos de Dados	"Defina, classifique e distinguir entre dados qualitativos e quantitativos e dados contínuos e discretos". (ASQ, 2015, p. 10)	Avaliar
5	T46	<i>Coleta de Dados</i>	Escalas de Medição	"Defina e use escalas de medição nominal, ordinal, de intervalo e proporção." (ASQ, 2015, p. 10)	Aplicar
5	T47	<i>Coleta de Dados</i>	Amostragem	"Defina e descreva conceitos de amostragem, incluindo seleção representativa, homogeneidade, viés, precisão e precisão. Determine o método de amostragem apropriado	Avaliar

				(por exemplo, aleatório, estratificado, sistemático, subgrupo, bloco) para obter representação válida em várias situações. " (ASQ, 2015, p. 10)	
5	T48	<i>Coleta de Dados</i>	<i>Planos e Meétodos de Coleta de Dados</i>	"Desenvolva e implemente os planos da Coleta de Dadas que incluem ferramentas de captura e processamento de dados, por exemplo, folhas de verificação, codificação de dados, limpeza de dados (técnicas de imputação). Evite as armadilhas de Coleta de Dadas, definindo as métricas a serem usadas ou coletadas, garantindo que os colecionadores sejam treinados nas ferramentas e adquiram como os dados serão usados e verificando os efeitos da sazonalidade. " (ASQ, 2015, p. 10)	Analisar
5	T49	<i>Sistemas de Medição</i>	Análise de sistema de medição (MSA)	"Use estudos de repetibilidade e reprodutibilidade de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R) e outras ferramentas de MSA (por exemplo, viés, correlação, linearidade, precisão à tolerância, porcentagem de concordância) para analisar a capacidade do sistema de medição." (ASQ, 2015, p. 10)	Avaliar
5	T50	<i>Sistemas de Medição</i>	<i>Sistemas de Medição em toda organização</i>	"Identifique como as Sistemas de Medição podem ser aplicadas a dados de marketing, vendas, engenharia, pesquisa e desenvolvimento (P&D), gerenciamento da cadeia de suprimentos e satisfação do cliente". (ASQ, 2015, p. 10)	Compreender
5	T51	<i>Sistemas de Medição</i>	Metrologia	"Defina e descreva elementos da metrologia, incluindo sistemas de calibração, rastreabilidade para referência aos padrões e controle e integridade dos dispositivos e padrões de medição". (ASQ, 2015, p. 10)	Compreender
5	T52	<i>Estatística Básica</i>	Termos estatísticos básicos	"Definir e distinguir entre os parâmetros populacionais e as estatísticas da amostra, por exemplo, proporção, média, desvio padrão. " (ASQ, 2015, p. 10)	Aplicar
5	T53	<i>Estatística Básica</i>	Teorema do limite central	"Explique o teorema do limite central e seu significado na aplicação de estatísticas inferenciais para intervalos de confiança, testes de hipóteses e gráficos de controle". (ASQ, 2015, p. 10)	Compreender
5	T54	<i>Estatística Básica</i>	Estatísticas descritivas	"Calcule e interprete medidas de dispersão e tendência central". (ASQ, 2015, p. 10)	Avaliar
5	T55	<i>Estatística Básica</i>	Métodos gráficos	"Identifique vários elementos do fechamento da auditoria e quaisquer critérios que não tenham sido atendidos e impediriam que uma auditoria fosse fechada". (ASQ, 2015, p. 10)	Avaliar
5	T56	<i>Estatística Básica</i>	Conclusões estatísticas válidas	"Distinguir entre estudos estatísticos descritivos e inferenciais. Avaliar como os resultados dos estudos estatísticos são usados para tirar conclusões válidas. " (ASQ, 2015, p. 10)	Avaliar
5	T57	<i>Probabilidade</i>	Conceitos básicos	"Descreva e habilidade aplicar conceitos, por exemplo, independência, eventos mutuamente exclusivos, regras de adição e multiplicação, probabilidade condicional, probabilidade complementar, ocorrência conjunta de eventos." (ASQ, 2015, p. 11)	Aplicar
5	T58	<i>Probabilidade</i>	Distribuições	"Descreva, interprete e use várias distribuições, por exemplo, normal, Poisson, binomial, quadrado chi, T, F, F, F, Hipergeométrico, Bivariado, Exponencial, Lognormal, Weibull". (ASQ, 2015, p. 11)	Avaliar

5	T59	Capacidade do Processo	Índices de capacidade de processo	"Defina, selecione e calcule CP e CPK." (ASQ, 2015, p. 11)	Avaliar
5	T60	Capacidade do Processo	Índices de desempenho do processo	"Defina, selecione e calcule PP, PPK, CPM e Process Sigma." (ASQ, 2015, p. 11)	Avaliar
5	T61	Capacidade do Processo	Estudos de capacidade de processo geral	"Descreva e aplicar elementos para projetar e conduzir os estudos de capacidade do processo em relação a características, especificações, planos de amostragem, estabilidade e normalidade". (ASQ, 2015, p. 11)	Avaliar
5	T62	Capacidade do Processo	Capacidade de processo para atributos dados	"Calcule o capacidade do processo e processe o nível de sigma para obter dados de atributos." (ASQ, 2015, p. 11)	Aplicar
5	T63	Capacidade do Processo	Capacidade de processo para dados não normais	"Identifique dados não normais e determine quando é apropriado usar o caixa-cox ou outras técnicas de transformação". (ASQ, 2015, p. 11)	Aplicar
5	T64	Capacidade do Processo	Desempenho do processo vs. especificação	"Distinguir entre limites naturais de processo e limites de especificação. Calcule métricas de desempenho do processo, por exemplo, porcentagem de defeitos, peças por milhão (ppm), defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), defeitos por unidade (DPU), rendimento da taxa de transferência, rendimento da taxa de transferência (Rty)". (ASQ, 2015, p. 11)	Avaliar
5	T65	Capacidade do Processo	Capacidade de curto e longo prazo	"Descreva e use suposições e convenções apropriadas quando apenas dados de curto prazo ou apenas dados de longo prazo estiverem disponíveis. Interprete a relação entre capacidade de curto e longo prazo." (ASQ, 2015, p. 11)	Avaliar
6	T66	Medição e Modelagem de Relação entre Variáveis	Coefficiente de correlação	"Calcule e interprete o coeficiente de correlação e seu intervalo de confiança e descreva a diferença entre correlação e causa". (ASQ, 2015, p. 11)	Avaliar
6	T67	Medição e Modelagem de Relação entre Variáveis	Regressão linear	"Calcule e interprete a análise de regressão, e o plicar e interprete os testes de hipótese para estatísticas de regressão. Use o modelo de regressão para estimativa e previsão, analise a incerteza na estimativa e faça uma análise de resíduos para validar o modelo." (ASQ, 2015, p. 11)	Avaliar
6	T68	Medição e Modelagem de Relação entre Variáveis	Ferramentas multivariadas	"Use e interprete ferramentas multivariadas (por exemplo, análise fatorial, análise discriminante, análise de variância múltipla (MANOVA)) para investigar fontes de variação. (ASQ, 2015, p. 11)	Avaliar
6	T69	Teste de Hipótese	Terminologia	"Defina e interprete o nível de significância, poder, tipo I e erros do tipo II dos testes estatísticos". (ASQ, 2015, p. 11)	Avaliar
6	T70	Teste de Hipótese	Significância estatística versus prática	"Defina, compare e interprete o significado estatístico e prático". (ASQ, 2015, p. 11)	Avaliar
6	T71	Teste de Hipótese	Tamanho da amostra	"Calcule o tamanho da amostra para testes de hipóteses comuns: igualdade de meios e igualdade de proporções." (ASQ, 2015, p. 12)	Aplicar

6	T72	<i>Teste de Hipótese</i>	Estimativas de ponto e intervalo	"Defina e distingue entre intervalos de confiança e previsão. Defina e interprete a eficiência e o viés dos estimadores. Calcule os intervalos de tolerância e confiança." (ASQ, 2015, p. 12)	Avaliar
6	T73	<i>Teste de Hipótese</i>	Testes para meios, variações e proporções	"Use e interprete os resultados de testes de hipóteses para meios, variações e proporções". (ASQ, 2015, p. 12)	Avaliar
6	T74	<i>Teste de Hipótese</i>	Análise de variância (ANOVA)	"Selecione, calcule e interprete os resultados das ANOVAs." (ASQ, 2015, p. 12)	Avaliar
6	T75	<i>Teste de Hipótese</i>	Testes de bondade de ajuste (quadrado chi)	"Defina, selecione e interprete os resultados desses testes." (ASQ, 2015, p. 12)	Avaliar
6	T76	<i>Teste de Hipótese</i>	Tabelas de contingência	"Selecione, desenvolva e use tabelas de contingência para determinar a significância estatística." (ASQ, 2015, p. 12)	Avaliar
6	T77	<i>Teste de Hipótese</i>	Testes não paramétricos	"Compreender a importância dos testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney e quando eles devem ser usados." (ASQ, 2015, p. 12)	Compreender
6	T78	<i>Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA)</i>	Modo de falha e análise de efeitos (FMEA)	"Descreva o objetivo e os elementos da FMEA, incluindo o número de prioridade de risco (RPN) e os resultados da Avaliar FMEA para processos, produtos e serviços. Distinguir entre o design FMEA (DFMEA) e o processo FMEA (PFMEA) e interprete seus resultados." (ASQ, 2015, p. 12)	Avaliar
6	T79	<i>Métodos Adicionais de Análise</i>	Análise de lacunas	"Análise os cenários para identificar lacunas de desempenho e comparar estados atuais e futuros usando métricas predefinidas". (ASQ, 2015, p. 12)	Analisar
6	T80	<i>Métodos Adicionais de Análise</i>	Análise de causa raiz	"Defina e descreva o objetivo da análise de causa raiz, reconhecer os problemas envolvidos na identificação de uma causa raiz e use várias ferramentas (por exemplo, 5 porquês, paradas de pareto, análise de árvores de falha, diagramas de causa e efeito) para resolver problemas crônicos." (ASQ, 2015, p. 12)	Analisar
6	T81	<i>Métodos Adicionais de Análise</i>	Análise de resíduos	"Identifique e interprete os sete resíduos clássicos (superprodução, inventário, defeitos, excesso de processamento, espera, movimento, transporte) e subutilização de recursos". (ASQ, 2015, p. 12)	Analisar
7	T82	<i>Design de Experimentos (DOE)</i>	Terminologia	"Defina os termos básicos do DOE, por exemplo, variáveis, fatores e níveis independentes e dependentes, resposta, tratamento, erro, aninhados." (ASQ, 2015, p. 12)	Compreender
7	T83	<i>Design de Experimentos (DOE)</i>	Princípios de design	"Defina e APLICAR Princípios doe, por exemplo, poder, tamanho da amostra, equilíbrio, repetição, replicação, ordem, eficiência, randomização, bloqueio, interação, confusão, resolução." (ASQ, 2015, p. 12)	Aplicar
7	T84	<i>Design de Experimentos (DOE)</i>	Experimentos de planejamento	"Plano e Avaliar determinam o objetivo, selecionando fatores, respostas e métodos de medição apropriados e escolhendo o design apropriado." (ASQ, 2015, p. 12)	Avaliar
7	T85	<i>Design de Experimentos (DOE)</i>	Experimentos de um fator	"Projete e conduza projetos completamente randomizados, randomizados e quadrados latinos, e avalie seus resultados". (ASQ, 2015, p. 12)	Avaliar

7	T86	<i>Design de Experimentos (DOE)</i>	Experimentos fatoriais fracionários de dois níveis	"Projete, analise e interprete esses tipos de experimentos e descreva como a confusão pode afetar seu uso". (ASQ, 2015, p. 12)	Avaliar
7	T87	<i>Design de Experimentos (DOE)</i>	Experiências fatoriais completas	"Projete, conduza e analise esses tipos de experimentos." (ASQ, 2015, p. 13)	Avaliar
7	T88	<i>Métodos Lean</i>	Eliminação de resíduos	"Selecione e as ferramentas e técnicas selecionadas para eliminar ou prevenir desperdícios, por exemplo, sistemas de tração, Kanban, 5s, trabalho padrão, Poka-Yoke". (ASQ, 2015, p. 13)	Analisar
7	T89	<i>Métodos Lean</i>	Redução de tempo de ciclo	"Use várias ferramentas e técnicas para reduzir o tempo de ciclo, por exemplo, fluxo contínuo, troca de minuto de minuto (smed), Heijunka (nivelamento de produção)." (ASQ, 2015, p. 13)	Analisar
7	T90	<i>Métodos Lean</i> s	Kaizen	"Defina e distingue entre Kaizen e Kaizen Blitz e descreva quando usar cada método." (ASQ, 2015, p. 13)	Aplicar
7	T91	<i>Métodos Lean</i>	Outras ferramentas e técnicas de melhoria	"Identifique e descreva como outras metodologias de melhoria do processo são usadas, por exemplo, teoria das restrições (TOC), eficácia geral do equipamento (OEE)." (ASQ, 2015, p. 13)	Compreender
7	T92	Implementação	Implementação	"Desenvolva planos para implementar melhorias propostas, incluindo a realização de testes piloto ou simulações e resultados de avaliar para selecionar a solução ideal". (ASQ, 2015, p. 13)	Avaliar
8	T93	<i>Controle Estatístico de Processo (SPC)</i>	Objetivos	"Explique os objetivos do SPC, incluindo monitoramento e controle do desempenho do processo, rastrear tendências, execuções e reduzir a variação dentro de um processo". (ASQ, 2015, p. 13)	Compreender
8	T94	<i>Controle Estatístico de Processo (SPC)</i>	Seleção de variáveis	"Identifique e selecione Características críticas do Processo para o monitoramento de gráficos de controle." (ASQ, 2015, p. 13)	Aplicar
8	T95	<i>Controle Estatístico de Processo (SPC)</i>	Subgrupo racional	"Defina e aplicar o princípio da subgrupo racional." (ASQ, 2015, p. 13)	Aplicar
8	T96	<i>Controle Estatístico de Processo (SPC)</i>	Seleção de gráficos de controle	"Selecione e use gráficos de controle em várias situações: X-R, X-S, Faixa Individual e de Motivo (IMR), P, NP, C, U, SPC de curto prazo e média móvel." (ASQ, 2015, p. 14)	Aplicar
8	T97	<i>Controle Estatístico de Processo (SPC)</i>	Análise do gráfico de controle	"Interprete os gráficos de controle e distingue entre causas comuns e especiais usando regras para determinar o controle estatístico." (ASQ, 2015, p. 14)	Analisar
8	T98	<i>Outros Controles</i>	Manutenção produtiva total (TPM)	"Defina os elementos do TPM e descreva como ele pode ser usado para controlar consistentemente o processo aprimorado." (ASQ, 2015, p. 14)	Compreender
8	T99	<i>Outros Controles</i>	Controles visuais	"Defina os elementos dos controles visuais (por exemplo, imagens de procedimentos corretos, componentes codificados por cores, luzes indicadoras) e descreva	Compreender

				como elas podem ajudar a controlar o processo aprimorado. "(ASQ, 2015, p. 14)	
8	T100	<i>Manter Controles</i>	Reanálise do sistema de medição	"A capacidade do sistema de revisão e medição de medição à medida que a capacidade do Processo melhora e garante que a capacidade de medição seja suficiente para o uso pretendido." (ASQ, 2015, p. 14)	Avaliar
8	T101	<i>Manter Controles</i>	Plano de controle	"Desenvolva um plano de controle para manter o desempenho aprimorado do processo, ativar a melhoria contínua e transferir a responsabilidade da equipe do projeto para o proprietário do processo." (ASQ, 2015, p. 14)	Aplicar
8	T102	<i>Sustentar Melhorias</i>	Lições aprendidas	"Documente as lições aprendidas de todas as fases de um projeto e identifique como as melhorias podem ser replicadas e aplicadas a outros processos da organização". (ASQ, 2015, p. 14)	Aplicar
8	T103	<i>Sustentar Melhorias</i>	Documentação	"Desenvolva ou modifique documentos, incluindo procedimentos operacionais padrão (POPs), instruções de trabalho e planos de controle para garantir que as melhorias sejam sustentadas ao longo do tempo." (ASQ, 2015, p. 14)	Aplicar
8	T104	<i>Sustentar Melhorias</i>	Treinamento para proprietários de processos e funcionários	"Desenvolva e implemente planos de treinamento para garantir a execução consistente de métodos e padrões de processo revisados para manter as melhorias do processo". (ASQ, 2015, p. 14)	Aplicar
8	T105	<i>Sustentar Melhorias</i>	Avaliação em andamento	Identifique e as ferramentas aplicáveis (por exemplo, gráficos de controle, planos de controle) para a avaliação contínua do processo aprimorado, incluindo o monitoramento dos indicadores principais, os indicadores de atraso e as oportunidades adicionais de melhoria. ". (ASQ, 2015, p. 14)	Aplicar
9	T106	<i>Metodologias Comuns de DFSS</i>	Metodologias comuns do DFSS	Identifique e descreva definir, medir, analisar, projetar e validar (DMADV) e definir, medir, analisar, projetar, otimizar e validar (dmadv). ". (ASQ, 2015, p. 14)	Compreender
9	T107	<i>Design for X (DFX)</i>	<i>Design for X (DFX)</i>	Descreva as restrições de design, incluindo o design de custo, design para fabricação (produção), design para teste e design para manutenção. ". (ASQ, 2015, p. 14)	Compreender
9	T108	<i>Design Robusto</i>	<i>Design Robusto</i>	Descreva os elementos do design robusto do produto, design de tolerância e tolerância estatística. ". (ASQ, 2015, p. 14)	Compreender

Fonte: ASQ (2015).

2.6 Outros modelos

A ISO 18404 trata-se de uma norma internacional, publicada em novembro de 2015, revisada e confirmada pela última vez em 2021. Portanto, esta versão permanece atual, com a finalidade de esclarecer as competências necessárias para certificação de pessoas e

organizações em *Six Sigma*, *Lean* e “*Lean & Six Sigma*”, sendo este último termo uma denominação do Padrão Internacional para evitar ambiguidade com o termo *Lean Six Sigma* comumente utilizado.

A ISO 18404:2015 estabelece os requisitos de competência separados para implementação de *Seis Sigma e Lean*; também estabelece uma estrutura de competências combinada para “*Lean & Six Sigma*”. Concentrando-se nas competências (conhecimentos e habilidades) para fornecer benefícios a uma organização, ao invés de definir o nível educacional específico necessário para cada função.

Assim, de acordo com o Padrão Internacional espera-se que os candidatos demonstrem que possuem um nível adequado de competência, uma relação entre educação, treinamento, habilidades e experiência necessários para cumprir suas funções. E, para tanto a Norma foi preparada com a separação clara entre o que se é esperado de conhecimento e habilidade em *Seis Sigma*, implementação *Lean* e “*Lean & Seis Sigma*” separadamente.

O padrão ISO 18404 visa certificar organizações e indivíduos em *Six Sigma* ou *Lean*, e as certificações *Lean* e *Six Sigma* vêm em três níveis: *Lean Practitioner*, *Leader e Expert*; e *Six Sigma Green*, *Black e Master Black Belt*. O nível *Yellow Belt* não é mencionado. Os níveis *Lean* e *Six Sigma* combinam as competências dos níveis *Lean* e *Six Sigma* equivalentes e seguem a mesma estrutura dos *Belts do Six Sigma* (INTERNATIONAL STANDARDS ORGANISATION, 2015).

Segundo Antony *et al.* (2021) há poucos estudos de caso de implantação prática do Padrão encontrado na literatura, o que corrobora com os dados de que ele é utilizado em apenas 10% das certificações *Belts* (ANTONY *et al.*, 2021).

A *International Association for Six Sigma Certification* (IASSC) é uma associação profissional dedicada ao crescimento e aprimoramento dos padrões dentro da comunidade *Lean Six Sigma*. Sendo uma organização de certificação independente, o IASSC não fornece serviços de treinamento, orientação, coaching ou consultoria relacionados ao *Lean Six Sigma*. Contudo o IASSC facilita e fornece exclusivamente testes de padrões de certificação *Lean Six Sigma* e creditações *Lean Six Sigma*. Estes são baseados em um *Black Belt Body of Knowledge* (BoK) próprio.

O IASSC *Lean Six Sigma Body of Knowledge* em seus exames de certificação visam a incorporação do modelo *Bloom's Taxonomy* – Revisado em 2001 (RATHS *et al.*, 2000) para definir benchmarks de nível cognitivo do menos complexo para o mais complexo: 1) Lembrar-

se (lembre-se ou reconheça termos, definições, fatos, ideias, materiais, padrões, sequências, métodos, princípios, entre outros; 2) Compreender (ler e compreender descrições, comunicações, relatórios, tabelas, diagramas, instruções, regulamentos, etc); 3) Aplicar (saber quando e como usar ideias, procedimentos, métodos, fórmulas, princípios, teorias, etc). 4) Analisar (decompor a informação em suas partes constituintes e reconhecer sua relação entre si e como elas são organizadas; identificar fatores de subnível ou dados salientes de um cenário complexo); 5) Avaliar (fazer julgamentos sobre o valor das ideias propostas, soluções, etc., comparando a proposta com critérios ou padrões específicos); 6) Criar (juntar partes ou elementos de forma a revelar um padrão ou estrutura que não existia claramente antes; identificar quais dados ou informações de um conjunto complexo são apropriados para examinar mais detalhadamente ou de quais conclusões fundamentadas podem ser tiradas)

Enquanto o *Lean Six Sigma Institute* é um centro de treinamento, fundado em 1998 e com atuação em mais de 15 países (Estados Unido, Canadá, México, Guatemala, Bolívia, Colômbia, Peru, Chile, Equador, Espanha, Suíça, Alemanha, Reino Unido, China, Malásia) oferecendo treinamentos em todos os níveis de *Lean Six Sigma* a profissionais e organizações além da certificação referenciada pelo *Council For Six Sigma Certification* (LSS INSTITUTE, 2022).

A empresa possui programas de estudos próprios, assim como o exame de certificação. As certificações se dão em diferentes níveis, a saber: Nível 1: Gestão *Lean* - Ferramentas Estratégicas *Lean*; Nível 2: *Lean Six Sigma White Belt* - Ferramentas Essenciais *Lean*; Nível 3: *Lean Six Sigma Yellow Belt* - Ferramentas de Melhoria Contínua; Nível 4: *Lean Six Sigma Green Belt* - Ferramentas Estatísticas *Six Sigma*; Nível 5 - *Lean Six Sigma Black Belt* - Ferramentas *Lean Six Sigma* Avançadas.

3 MÉTODO E PROCEDIMENTO DE PESQUISA

3.1 Caracterização da Pesquisa

Segundo (COOPER e SCHINDLER, 2016), a pesquisa é um conjunto de ações propostas para encontrar a solução de um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos. A pesquisa se dá quando se tem um problema e não se tem informações para solucioná-lo.

Do ponto de vista de sua natureza uma pesquisa pode ser básica, que objetiva a geração de conhecimento novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática, enquanto a pesquisa Aplicada, que objetiva gerar conhecimento para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos (GIL, 2019; SILVA e MUSZKAT, 2005). Com relação ao ponto de vista de abordagem do problema a pesquisa pode ser quantitativa, considera que tudo pode ser quantificável e requer o uso de recursos e técnicas estatísticas ou a abordagem do problema pode ser qualitativa, na qual a interpretação dos fenômenos e as atribuições são o cerne e não requer o uso de métodos estatísticos, os pesquisadores tendem a realizar a análise de forma indutiva.

Neste contexto, pesquisa desenvolvida nesta dissertação apresenta características de pesquisa Aplicada, pois tem como intuito oferecer conhecimentos sobre os cursos de certificações LSSBB oferecidos no Brasil, com base no modelo da ASQ BoK e da análise extensiva dos programas dos cursos, em relação a tal modelo. Com relação a abordagem do problema de pesquisa é mista: tanto qualitativa, pois há um problema específico a ser analisado, quanto quantitativa, uma vez que se utilizará de escalas de pontuações das técnicas do ASQ BoK e dos programas de cursos para realizar a análise do conteúdo dos mesmos com o auxílio da Análise Hierárquica de Cluster (HAC).

Do ponto de vista de seus objetivos (COOPER e SCHINDLER, 2016; GIL, 2019; SILVA; MUSZKAT, 2005; COOPER e SCHINDLER, 2016; GIL, 2019; SILVA; MUSZKAT, 2005) trata-se de uma pesquisa exploratória pois envolve extensivo levantamento bibliográfico e também descritiva que faz uso de observação e comparação sistemática para descrever as

características dos programas de cursos de LSSBB no Brasil comparado ao modelo pré-existente.

Em relação aos procedimentos técnicos, de acordo com (GIL, 2019), podem ser pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, levantamento, estudo de caso, pesquisa Expost-Facto, pesquisa-ação e pesquisa participante.

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas por meios escritos e eletrônicos, enquanto na pesquisa documental, não há tratamento analítico dos materiais analisados, sendo cartas, documentos, jornais, revistas e afins (FONSECA, 2002; SILVA; MUSZKAT, 2005)

De acordo com (GIL, 2019), na pesquisa experimental há um procedimento metodológico no qual as variáveis são controláveis, de forma a influenciar o objeto de estudo e no levantamento a pesquisa envolve diretamente a interrogação das pessoas que se deseja conhecer o comportamento. Já o estudo de caso reflete o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de forma a permitir seu amplo e detalhado conhecimento, enquanto a pesquisa *expost-facto* se dá quando o “experimento” se realiza depois dos fatos. As duas últimas pesquisas, ação e participante, se dão respectivamente quando há uma associação de uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e a última quando se desenvolve a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas.

Baseado no contexto exposto é possível afirmar que a pesquisa apresentada por esta dissertação se classifica como pesquisa bibliográfica e documental, devido ao levantamento e análise de trabalhos científicos e programas de aula com o intuito de gerar conhecimento associado aos cursos de certificação LSSBB no Brasil.

De forma resumida, a pesquisa apresentada por esta dissertação será classificada como abordagem mista, aplicada e exploratória.

3.2 Método

Para o desenvolvimento deste estudo, foram realizadas as seguintes etapas: (i) pesquisa bibliográfica acerca dos principais conceitos que norteiam a técnica *Lean Seis Sigma*, pesquisas padrões para certificações *Lean Seis Sigma Black Belt* e detalhamento do ASQ BoK (ASQ,

2015); (ii) busca e coleta dos programas de estudo dos cursos ofertados por organizações que atuam em território brasileiro e visam a referida certificação; (iii) análise do conteúdo dos programas de estudo disponibilizados pelas instituições, seguindo as recomendações propostas por Elo and Kyngäs (ELO e KYNGÄS, 2008) com a estrutura base de análise de acordo com o *Body of Knowledge* da ASQ, mais amplamente utilizado de acordo com Antony *et al.* (2021b); e análise de conteúdo com o auxílio de AHC foi utilizada para melhor visualização das informações; (iv) discussões baseadas no ASQ BoK como modelo de referência e conclusões baseadas nos resultados. A Figura 3.1 sintetiza as etapas descritas.

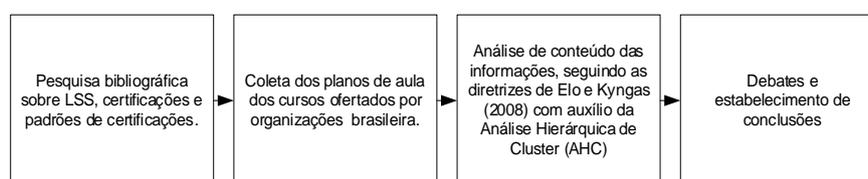


Figura 3.1 - Etapas desenvolvidas na pesquisa
Fonte: Elaborado pela autora (2023)

A pesquisa bibliográfica foi realizada nas seguintes bases científicas: *Science Direct*, *Taylor e Francis*, *Springer*, *Emerald Insight* e *Wiley*. Inicialmente, para compreender os conceitos associados à certificação LSSBB, foram utilizados os seguintes termos: “*Black Belt Certification*”, “*Lean Six Sigma Training*”, “*Black Belt Training*”. Posteriormente, para aprimorar a busca e buscando por órgão de certificação e treinamentos respeitados mundialmente foram utilizados os seguintes termos: “*Body of knowlegment Lean Six Sigma*”, “*ASQ Body of knowlegment Black Belt*”. Vários artigos e materiais foram analisados em detalhes. Uma síntese dos artigos mais associados a esta pesquisa foi apresentada na fundamentação teórica deste documento.

A coleta dos programas de estudo dos treinamentos oferecidos no Brasil foi realizada por meio dos sites das organizações que ofertam os cursos para certificação e os possuem de forma aberta e sem restrições (acesso público). Chegou-se aos sites das organizações por meio de busca utilizando os seguintes termos “*Certificação Lean Seis Sigma Black Belt*”, “*Treinamento Lean Seis Sigma Black Belt*”, *Treinamento Black Belt*”, “*Curso Black Belt*”.

Entende-se que os documentos disponíveis nos sites das organizações correspondem a aqueles que mais atualizados e recentes. Algumas empresas não apresentam informações acerca do conteúdo que ministram em seus cursos para certificação e estas não foram consideradas no estudo (8 organizações no total). Isso posto, foram coletados 48 programas de estudo de diferentes organizações que ofertam cursos para certificações, sendo estes planos a amostra de estudo. Por questão de sigilo, as organizações foram tornadas anônimas.

Para a análise de dados, primeiramente foi realizada uma caracterização das organizações estudadas que ofertam os cursos de certificação. Na sequência, foi realizada uma análise de conteúdo seguindo as diretrizes propostas por Elo e Kyngäs (2008). Elo e; Kyngäs (2008) apontam que não existe uma única forma correta de analisar o conteúdo e que tal análise é caracterizada como um grande desafio e que deve ser realizada de forma flexível. Desta forma é muito importante descrever todas as etapas realizadas e destacar as limitações da pesquisa. Segundo os referidos autores uma análise de conteúdo pode ser realizada em três fases: (1) fase de preparação; (2) fase de organização; e (3) relatar o processo de análise e os resultados.

Na fase de preparação, os pesquisadores devem definir a unidade de análise e verificar se o tamanho da amostra é representativo. Para este estudo, selecionamos 48 programas de estudo de diferentes organizações que ofertam treinamento visando certificação *Lean Seis Sigma* e que possuíam seus programas de estudos disponíveis online em 2021. Polit e Beck (2004) destacam que nenhuma análise detalhada deve ser realizada sem que os pesquisadores se familiarizem com as informações e esse cuidado foi tomado nesse estudo. Todos os programas de estudo foram previamente lidos antes da análise começar.

Posteriormente à finalização da fase de preparação, temos a fase de organização dos dados. Todos os programas de estudos foram lidos confrontando-se as informações apresentadas com aquelas existentes no corpo de conhecimento *ASQ Six Sigma Black Belt Body of Knowledge* (ASQ, 2015). Uma grande matriz foi criada para melhor visualização dos conhecimentos contemplados nos cursos ofertados por cada instituição analisada. Esta matriz possuía 48 linhas (representando as 48 organizações estudadas) e 108 colunas (representando as 108 técnicas recomendadas pelo *ASQ Six Sigma Black Belt Body of Knowledge*). Quando a técnica estava presente, inseria-se 1, quando não, inseria-se 0. Formatação condicional das células também foi ativada, permitindo assim maior facilidade na identificação dos pontos deficientes.

A terceira fase da análise é a qual o pesquisador tenta criar uma formulação geral (ELO; KYNGÄS, 2008). Nesta pesquisa, nesta fase, objetiva-se estabelecer um panorama acerca do conteúdo dos treinamentos ofertados por organizações brasileiras visando a certificação *Lean Six Sigma Black Belt*. Visando auxiliar nesta fase de abstração, foi realizada uma Análise de Frequência por faixas e análise Hierárquica de Cluster (AHC). A análise Hierárquica Cluster é uma abordagem geral para a análise de cluster, utilizada em diversos tipos de pesquisa (MARTINS *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2021; TORRES FILHO *et al.*, 2018), na qual o objetivo é a classificação de objetos em grupos homogêneos de acordo com o conjunto de variáveis considerados. O resultado é representado graficamente como um dendrograma, ou um gráfico em árvore, que apresenta os resultados de aglomeração (MALHOTRA, 2019).

A etapa final desta pesquisa caracterizou-se pela comparação entre os resultados obtidos nesta pesquisa e informações apresentadas na literatura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização das Organizações Estudadas

Esta pesquisa coletou dados sobre as organizações brasileiras que ofertam cursos visando certificação *Lean Seis Sigma Black Belt*. As instituições selecionadas para este estudo limitaram-se àquelas que possuíam informações sobre os programas de estudo disponibilizados em suas páginas virtuais, de maneira pública. Os dados foram coletados por meio de pesquisa intensiva na internet.

No total, 56 instituições foram identificadas, mas somente 48 destas cumpriam os requisitos supracitados e foram incluídas neste estudo. Considerando os estados brasileiros, São Paulo tem o maior número de instituições (60%), seguido do Paraná (12%), Minas Gerais (6%), Pernambuco (6%), Rio de Janeiro (4%), Santa Catarina (4%), Ceará (2%), Espírito Santo (2%) e Goiás (2%). Uma instituição tem sede nos Estados Unidos, embora atue no Brasil.

A amostra indica que 13 instituições certificadoras (27%) trabalhavam em parceria com instituições de ensino superior (IES), como universidades e instituições de ensino profissional reconhecidas, quatro das quais oferecem certificação LSSBB como parte de cursos de especialização. Destas instituições 4 oferecem a certificação *Black Belt* como parte de cursos de especialização.

Das instituições que fornecem a certificação LSSBB no Brasil, 48% estão no mercado há menos de uma década. Em contraste, nove das 13 instituições que trabalham em colaboração com IES funcionam desde antes de 1990. Das instituições que operam há mais de uma década, nove foram fundadas entre 1957 e 1989, todas em São Paulo. Além disso, oito são filiados a uma IES. Essas afiliações destacam o papel vital das universidades na introdução e disseminação do LSS no Brasil.

Todas as instituições observadas oferecem também outros tipos de treinamentos de certificação *Lean Six Sigma* como o *White Belt*, *Yellow Belt* e *Green Belt*. Com exceção das instituições parceiras das IES, todas as demais (73%) oferecem treinamento e consultoria na área de melhoria contínua para as organizações.

4.2 Apresentação dos Resultados e Discussões

Como mencionado, a análise de conteúdo permitiu comparar as informações apresentadas nos 48 programas de estudo com as 108 técnicas apresentadas no *ASQ Six Sigma Black Belt Body of Knowledge* (ASQ, 2015). A primeira análise realizada correspondeu à avaliação da porcentagem de utilização de cada uma das 108 técnicas. Para análise do grau de observância de cada técnicas nos programas de estudo, ordenou-se as mesmas por frequência de ocorrência, e a análise foi realizada considerando três faixas (Faixa 1 = 75% a 100%; Faixa 2 = 45% a 74,9%; Faixa 3 = abaixo de 44,9%). O Quadro 4.1 ilustra as porcentagens para cada técnica.

Quadro 4.1 - Porcentagens de aplicação para cada técnica.

%	Técnica	%	Técnica	%	Técnica
100,0%	T45	93,8%	T95	81,3%	T10
100,0%	T46	93,8%	T96	81,3%	T25
100,0%	T47	93,8%	T97	81,3%	T90
100,0%	T48	91,7%	T64	81,3%	T91
97,9%	T49	91,7%	T66	81,3%	T99
97,9%	T50	91,7%	T68	79,2%	T8
97,9%	T52	91,7%	T74	79,2%	T63
97,9%	T53	91,7%	T75	77,1%	T12
97,9%	T54	91,7%	T76	77,1%	T13
95,8%	T28	91,7%	T100	77,1%	T17
95,8%	T31	89,6%	T2	75,0%	T11
95,8%	T32	89,6%	T3	75,0%	T18
95,8%	T33	89,6%	T65	72,9%	T14
95,8%	T51	89,6%	T79	72,9%	T19
95,8%	T55	89,6%	T80	72,9%	T20
95,8%	T56	89,6%	T81	72,9%	T77
95,8%	T57	89,6%	T83	70,8%	T22
95,8%	T58	89,6%	T84	68,8%	T15
95,8%	T59	89,6%	T85	68,8%	T16
95,8%	T60	89,6%	T86	68,8%	T23
95,8%	T61	89,6%	T88	66,7%	T21
95,8%	T62	87,5%	T87	66,7%	T24
95,8%	T93	87,5%	T89	66,7%	T78
95,8%	T101	85,4%	T1	64,6%	T98
93,8%	T9	85,4%	T4	50,0%	T34
93,8%	T29	85,4%	T43	47,9%	T35
93,8%	T30	85,4%	T92	43,8%	T36
93,8%	T44	85,4%	T105	39,6%	T38
93,8%	T67	83,3%	T6	37,5%	T41
93,8%	T69	83,3%	T7	37,5%	T42
93,8%	T70	83,3%	T26	35,4%	T37
93,8%	T71	83,3%	T27	35,4%	T39
93,8%	T72	83,3%	T102	33,3%	T40
93,8%	T73	83,3%	T103	18,8%	T106
93,8%	T82	83,3%	T104	6,3%	T107
93,8%	T94	81,3%	T5	4,2%	T108

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Nota-se logo de início que quatro técnicas foram citadas em todos os planos analisados, todas da macroárea *Measure*, sendo elas: “*Tipo de dados*”, “*Escala de medida*”, “*Sampling*” e “*Coleta de Dados plans and methods!*”. Outra constatação é que 77,9% das técnicas encontram-se na faixa 1, 12,9% na faixa 2 e 9,2% na faixa 3.

Além disto, observa-se que quatro das nove microáreas (“*Planejamento e Implementação em toda a Organização*”, “*Gerenciamento e Medição de Processos Organizacionais*”, “*Medir*” e “*Melhorar*”) são as únicas que possuem todas as técnicas pertencem à primeira faixa. As microáreas “*Gerenciamento de Equipe*”, “*Analisar*” e “*Controlar*” além de técnicas enquadradas na primeira faixa, também possuem técnicas enquadradas na Faixa 2. A microárea “*Definir*” é a única que possui técnicas enquadradas nas três faixas de porcentagem. Por fim, cabe destacar que a microárea “*Framework e Metodologia Design for Six Sigma (DFSS)*” possui todas as suas técnicas enquadradas na faixa 3.

Considerando a faixa 2, notamos importantes aspectos para que se ausentes podem comprometer o sucesso da implementação de programas *Lean Six Sigma* nas organizações. Focando as técnicas relacionadas as *Ferramentas de Gerenciamento de Projetos*, notamos que as duas técnicas menos observadas neste grupo foram: “*Revisão de Toll-gate reviews*” e “*Gráfico de Gantt*” ambas técnicas relacionadas a ferramentas para avaliar e gerir projetos e descritas a capacidade de “*Identificar e utilizar as seguintes ferramentas de gerenciamento de projetos para rastrear projetos e documentar seu progresso*” (ASQ, 2015).

Cabe lembrar a falta de conhecimento sobre como avaliar e gerir projetos pode se caracterizar como uma forte barreira rumo a melhoria contínua e busca por excelência, como argumentam diferentes autores (ALEXANDER, ANTONY e RODGERS, 2019; ARCIDIACONO, COSTANTINO e YANG, 2016; FLOR VALLEJO *et al.*, 2020). Além disso, o uso de gráficos como o de *Gantt* torna-se no acompanhamento e organização das fases de um projeto (MUGANYI, MADANHIR e MBOHWA, 2019; MURMURA *et al.*, 2021; O’REILLY *et al.*, 2019).

Ainda na faixa 2, também é possível notar a ocorrência de muitas técnicas associadas à gestão de equipes, destacando-se principalmente aquelas relacionadas a *Formação de Equipe*, *Dinâmica de Equipe*, *Treinamento de Equipe* e *Facilitação de Equipe*. Como ressaltado fortemente na literatura de gestão de pessoas, o conhecimento destas técnicas se faz essencial para gestores que conduzem programas de melhoria contínua nas empresas (LAUREAN e

ANTONY, 2018; MCLEAN, ANTONY e DAHLGAARD, 2017; RAVAL, KANT e SHANKAR, 2021; SONY, NAIK e THERISA, 2019; SREEDHARAN *et al.*, 2018).

Em relação ao uso de técnicas estatísticas, na faixa 2 aparece uma técnica associada a um conhecimento específico: “Testes não-paramétricos” que é descrito como “Compreender a importância dos testes de *Kruskal-Wallis e Mann-Whitney* e onde devem ser usados”. Ela está relacionada com o fato de que na aplicação de *Lean Seis Sigma* no mundo real, a suposição de normalidade dos dados pode não ser satisfeita, sendo necessário o uso dos testes estatísticos para verificar sua aplicação ou não; assim, é imprescindível que o Black Belt tenha o conhecimento supracitado para que os resultados possam se fazer o mais fidedigno possível (JOHN e KADADEVARAMATH, 2020; MITRA, 2004; TAVANA, SHAABANI e VALAEI, 2021)

Quando focado o programa TPM e a ferramenta FMEA, os mesmos já demonstraram sua importância para as empresas nos programas de melhoria contínua ao longo do tempo. O TPM é uma ferramenta da metodologia *Lean*, que deve ser de conhecimento de quem gerencia os programas de melhorias e busca aumentar a produtividade dos projetos empresariais (DEMIR e TURAN, 2021; PURAM e GURUMURTHY, 2021). O FMEA auxilia na análise dos modos e efeitos de falhas e contribuir em muito nas ações preventivas (MUNTEAN e PROSTEAN, 2019; TAVANA, SHAABANI e VALAEI, 2021). Ambos, como destacado, se fazem muito interessantes nas implantações do *Lean Six Sigma*.

A terceira faixa é formada por técnicas que aparecem em menos de 43,8% dos programas de estudo analisados. Tal fato se caracteriza como preocupante pois tal conhecimento se faz essencial na formação dos profissionais que atuarão nos projetos *Lean Six Sigma*. Focando as ferramentas de gestão de projetos, os pontos críticos estão nas técnicas “*Work breakdown structure (WBS)*” e “*Modelo RACP*”. Em relação as ferramentas analíticas, muitas são as organizações que não focam os aspectos e “*Diagrama de Afinidades*”, “*Matriz de Priorização*”, “*Diagrama de redes de atividades*”, “*Diagrama de árvore*”, “*Diagrama de Matriz*”, elementos essenciais nos programas de melhorias contínuas.

Por fim, cabe destacar as três técnicas pertencentes à macroárea “*Ferramenta e Metodologia Design for Six Sigma (DFSS)*”. Segundo Gijo *et al.* (2021) almeja-se nessa área a aplicação de métodos para o desenvolvimento de produtos robusto. As três técnicas “*Metodologia DFSS*”; “*Design for X (DFX)*” e “*Designs Robusto*” são as com menos percentuais observados (18,8%; 6,3%; 4,2% respectivamente) e como destacado por Gijo *et al.*

(2021) se caracteriza com um conhecimento essencial aos profissionais que lidam melhoria continua.

Dando sequência, foi realizada a Análise Hierárquica de Cluster (AHC), por meio do software SPSS (*Statistical Package for the Social Science*), para melhor entender como as instituições se agrupavam em termos de similaridades de seus programas de estudo. Não houve casos omissos, a distância considerada foi a Euclidiana Quadrática e o Método de Ligação de Ward. Estes foram os principais parâmetros utilizados dentre outros. O dendrograma gerado pelo software SPSS é apresentado pela Figura 4.2.

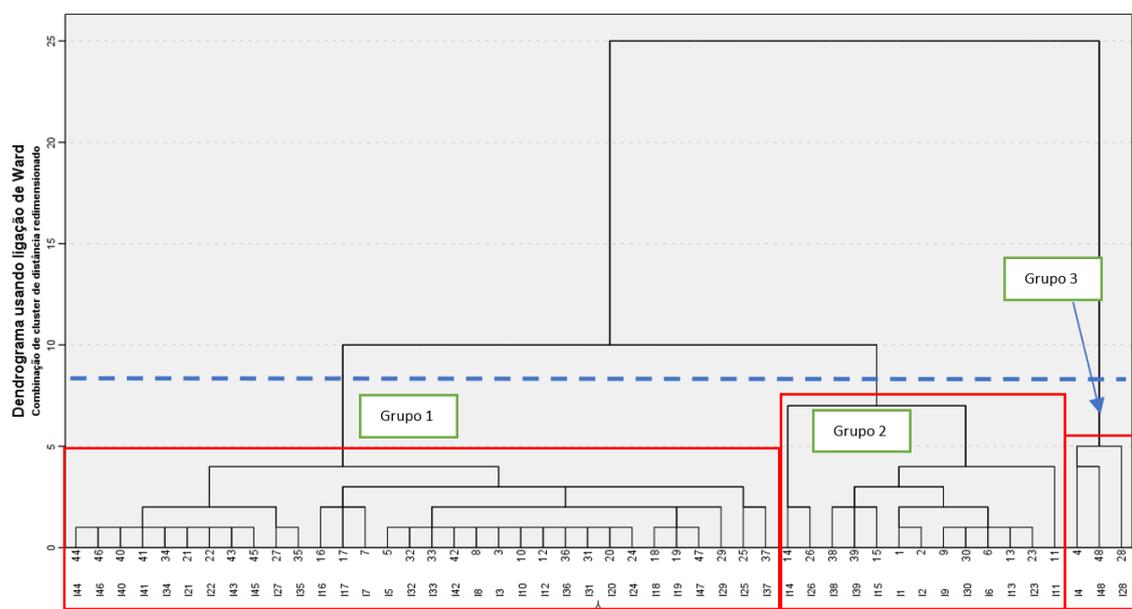


Figura 4.1 - Dendrograma decorrente da AHC.

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Tomando-se como linha de corte aproximada = 8, foi possível notar a formação de três grupos. Cabe lembrar que, segundo Malhotra (2019), na AHC o pesquisador pode definir um ponto de corte a sua escolha visando melhor entender de forma exploratória as similaridades e dissimilaridades dos grupos em análise. Com os grupos definidos, a matriz contendo as informações decorrente da análise de conteúdo foi reorganizada, objetivando agora mostrar as informações por grupos de instituições.

Em função do tamanho da matriz gerada, nas próximas páginas os resultados são apresentados de forma desmembrados, para as técnicas de 1 a 9, de 10 a 24, de 25 a 50, de 51 a 64, de 65 a 87 e de 88 a 108. Além disso, destaca-se por "retângulos amarelos" áreas com média ocorrência de deficiências em termos dos conteúdos recomendados pelo *ASQ Six Sigma Black Belt Body of Knowledge* (ASQ, 2015) e por "retângulos vermelhos" áreas com alta ocorrência das deficiências em termos dos conteúdos recomendados pelo *ASQ Six Sigma Black Belt Body of Knowledge* (ASQ, 2015).

Quadro 4.2 - Aplicação das técnicas de 1 a 9 pelas instituições.

Institution	Group	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
I3	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I5	G1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
I7	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I8	G1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
I10	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I12	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I16	G1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
I17	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I18	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I19	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I20	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I21	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I22	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I24	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I25	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I27	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I29	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I31	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I32	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I33	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I34	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I35	G1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
I36	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I37	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I40	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I41	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I42	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I43	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I44	G1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
I45	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I46	G1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
I47	G1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
Institution	Grupo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
I1	G2	1	1	1	1	1	1	1	0	1
I2	G2	1	1	1	1	1	1	1	0	1
I6	G2	1	1	1	1	0	1	1	0	1
I9	G2	1	1	1	1	0	0	0	1	1
I11	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I13	G2	1	1	1	0	1	1	1	1	1
I14	G2	1	1	1	1	1	1	0	0	0
I15	G2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
I26	G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I30	G2	1	1	1	1	0	0	0	1	1
I38	G2	0	0	0	0	1	1	1	1	1
I39	G2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Institution	Grupo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
I4	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I23	G3	1	1	1	1	0	0	0	0	0
I28	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I48	G3	0	1	1	1	1	1	1	0	1

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Observando o Quadro 4.2 nota-se que as técnicas de 1 a 9 são mais presentes no Grupo 1, observando-se deficiências pontuais para algumas instituições. No Grupo 2 o número de instituições que apresenta deficiências em termos de conhecimento referente a técnica aumenta consideravelmente, voltando a reduzir para o grupo 3, no qual neste caso há o destaque negativo de uma instituição (I23) que apresenta não apresenta os conteúdos para as técnicas de T5 à T9, relacionada às técnicas relacionadas à liderança, o impacto nos *stakeholders*, *benchmarking* e Indicadores de Desempenho Empresarial, técnicas importantes para líderes como se espera de um profissional certificado Black Belt (ANTONY *et al.*, 2018; SUNDER e ANTONY, 2018).

Quadro 4.3 - Aplicação das técnicas de 10 a 24 pelas instituições

Institution	Group	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24
I3	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I5	G1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
I7	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I8	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I10	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I12	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I16	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I17	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I18	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I19	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I20	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I21	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I22	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I24	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I25	G1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
I27	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
I29	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I31	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I32	G1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0
I33	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I34	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I35	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I36	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I37	G1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
I40	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I41	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I42	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I43	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I44	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I45	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I46	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I47	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
I1	G2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I2	G2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
I6	G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I9	G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I11	G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I13	G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I14	G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I15	G2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
I26	G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I30	G2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I38	G2	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
I39	G2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I4	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I23	G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I28	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I48	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Observando o Quadro 4.3, para as técnicas de 10 a 24, observa-se que o grupo 1 ainda continua sendo aquele que apresenta as instituições com cursos mais alinhados às técnicas referenciais dos ASQ *Six Sigma Black Belt Body of Knowledge* (ASQ, 2015); enquanto o grupo

2, neste recorte, apresenta instituições cujos cursos ofertados apresentam deficiências sérias, sobretudo em técnicas imprescindíveis relacionadas à formação, facilitação, dinâmica e treinamento de equipe, técnicas indispensáveis para a formação de um Black Belt ou de um profissional que estará em posição de liderança (ANTONY *et al.*, 2018; JADHAV; MANTHA; RANE, 2014; SUNDER M; GANESH; MARATHE, 2019) quando comparado a aquilo que prevê o ASQ *Six Sigma Black Belt Body of Knowledge*. Por sua vez, para o grupo 3, o ponto de atenção neste recorte recai entre as práticas de T21 a T24.

Quadro 4.4 - Aplicação das técnicas de 25 a 50 pelas instituições.

Institution	Group	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50
13	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
15	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
17	G1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
18	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
110	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
112	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
116	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
117	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
118	G1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
119	G1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
120	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
121	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
122	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
124	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
125	G1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
127	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
129	G1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
131	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
132	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
133	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
134	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
135	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
136	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
137	G1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
140	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
141	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
142	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
143	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
144	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
145	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
146	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
147	G1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
11	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	G2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
19	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
111	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
113	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
114	G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
115	G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
126	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
130	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
138	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
139	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
143	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
123	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
128	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
140	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

No Quadro 4.4 o recorte é feito para as práticas de 25 a 50; observa-se pontos de deficiências para os três grupos. Para o Grupo 1 entre as práticas 34 a 44 e para os grupos 2 e 3 para as técnicas de 34 a 42, relacionada a ferramentas para gestão de projetos e ferramentas para análise, necessárias para aplicar o ciclo DMAIC (GUPTA *et al.*, 2018; POWELL *et al.*, 2017). Pontos de atenção são observados entre as técnicas 25 e 27 e para a técnicas 43 no grupo 3, pois revela-se a falta em duas instituições da técnica relacionada às métricas de fluxo de processos, imprescindíveis para a análise de qualquer fluxo de processo.

Quadro 4.5 - Aplicação das técnicas de 51 a 64 pelas instituições.

Institution	Group	T51	T52	T53	T54	T55	T56	T57	T58	T59	T60	T61	T62	T63	T64
I3	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
I5	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I7	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I8	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I10	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I12	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I16	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I17	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
I18	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I19	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I20	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I21	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I22	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I24	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I25	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I27	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I29	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
I31	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I32	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I33	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I34	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I35	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I36	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I37	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I40	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I41	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I42	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I43	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I44	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I45	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I46	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I47	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Institution	Grupo	T51	T52	T53	T54	T55	T56	T57	T58	T59	T60	T61	T62	T63	T64
I1	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
I2	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
I6	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I9	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I11	G2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
I13	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I14	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I15	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I26	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I30	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I38	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I39	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Institution	Grupo	T51	T52	T53	T54	T55	T56	T57	T58	T59	T60	T61	T62	T63	T64
I4	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
I23	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
I28	G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I48	G3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

No Quadro 4.5, o recorte é feito para as práticas de 51 a 64. Apenas o grupo 3 apresenta pontos de atenção (entre as práticas 55 a 62) pontos de deficiência (prática 63), tais técnicas estão relacionadas ao conhecimento de estatística básica, probabilidade e conhecimento sobre técnicas relacionadas à capacidade de processos, conhecimento importante para a realização de análises estatísticas esperadas para um profissional Black Belt (BAILEY *et al.*, 2001; BERSIMIS, PSARAKIS e PANARETOS, 2007; MONTGOMERY e WOODALL, 2008).

Quadro 4.6 - Aplicação das técnicas de 65 a 87 pelas instituições.

Institution	Group	T65	T66	T67	T68	T69	T70	T71	T72	T73	T74	T75	T76	T77	T78	T79	T80	T81	T82	T83	T84	T85	T86	T87
13	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
112	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
116	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
117	G1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
118	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
119	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
120	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
121	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
122	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
124	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
125	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
127	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
129	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
131	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
132	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
133	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
134	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
135	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
136	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
137	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
140	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
141	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
142	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
143	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
144	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
145	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
146	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
147	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Institution	Grupo	T65	T66	T67	T68	T69	T70	T71	T72	T73	T74	T75	T76	T77	T78	T79	T80	T81	T82	T83	T84	T85	T86	T87
11	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
111	G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
113	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
114	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
115	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
126	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
130	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
138	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
139	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Institution	Grupo	T65	T66	T67	T68	T69	T70	T71	T72	T73	T74	T75	T76	T77	T78	T79	T80	T81	T82	T83	T84	T85	T86	T87
14	G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
123	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
128	G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
148	G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

No Quadro 4.6, o recorte ocorre para as práticas de 65 a 87. Os grupos 1 e 2 apresentam pontos de atenção entre as práticas 77 e 78; relacionada às técnicas de testes não paramétricos e FMEA, o grupo 3 destaque negativo para a Instituição 23 que não apresenta nenhuma das técnicas expostas no referido Quadro com falta de técnicas relacionadas às fases Medir e Analisar do ciclo DMAIC, importantes para aplicar os conceitos básicos de probabilidade, calcular a capacidade dos processos, analisar os resultados de correção e as análises de regressão ou definir as ferramentas para análise de multivariáveis (ALBLIWI *et al.*, 2017; ASQ, 2015). Além disso, o recorte do grupo 3 apresenta pontos de deficiência na técnica 87, relacionado ao conhecimento de Experimento Fatoriais Inteiros (DOE), conhecimento de estatística avançado e importante para avaliar processos.

Quadro 4.7 - Aplicação das técnicas de 88 a 108 pelas instituições.

Institution	Grupo	T88	T89	T90	T91	T92	T93	T94	T95	T96	T97	T98	T99	T100	T101	T102	T103	T104	T105	T106	T107	T108
13	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
15	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
17	G1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	G1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
110	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
112	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
116	G1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
117	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
118	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
119	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
120	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
121	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
122	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
124	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
125	G1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
127	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
129	G1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
131	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
132	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
133	G1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
134	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
135	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0
136	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
137	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
140	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
141	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
142	G1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
143	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
144	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
145	G1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
146	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
147	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
11	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
12	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
16	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
19	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
111	G2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
113	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
114	G2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
115	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
126	G2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
130	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
138	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
139	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
14	G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
123	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
128	G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
148	G3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

No Quadro 4.7, o recorte ocorre para as práticas de 88 a 108. Em termos de deficiências, ela é observada para as práticas 98 e 99 no grupo 1, entre as práticas 94 e 98 no grupo 3 e praticamente generalizada para os três grupos nas práticas de 106 a 108 referente à macroárea “Framework e Metodologia *Design for Six Sigma (DFSS)*”, segundo alguns autores a falta destas técnicas pode estar relacionada ao fato de que não é utilizado em muitas empresas, podendo assim ser compreendido a falta do DFSS na grande maioria dos programas de estudo relacionados nesta pesquisa (FRANCISCO, CANGIOLIERI JUNIOR e SANT’ANNA, 2020; JENAB, WU e MOSLEHPOUR, 2018).

De maneira geral, nenhum dos grupos deixa de ter deficiências e se aproxima das condições ideais do que é apresentado pela *ASQ Six Sigma Black Belt Body of Knowledge* (ASQ, 2015) entretanto, comparativamente, o grupo 1 se apresenta melhor que os grupos 2 e 3.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi apresentar um panorama e analisar as certificações LSSBB oferecidas por instituições que atuam no Brasil. O treinamento LSS está disponível em diversas localidades, mas com alta concentração (70%) na região mais rica (Sudeste), principalmente no estado mais desenvolvido (São Paulo, com 60%). As IES desempenham um papel essencial na formação LSS, principalmente por meio da colaboração com instituições certificadoras pioneiras.

Os resultados revelaram uma falta de padronização no conteúdo do treinamento LSS neste país. Quatro dos 48 cursos de certificação LSSBB analisados cobriram 100% de algumas técnicas (ou seja, tipos de dados, escalas de medição, amostragem e planos e métodos de coleta de dados). Mais de 75% dos cursos LSSBB analisados abrangeram todas as técnicas relacionadas às áreas macro de planejamento e implantação em toda a organização, gerenciamento e medidas de processos organizacionais, medição e melhoria. Por outro lado, foram identificadas deficiências críticas no treinamento de LSS, como técnicas essenciais abordadas por poucas instituições, como observado para a estrutura e metodologias do DFSS, que é a macroárea que apresentou as técnicas com menor frequência observada.

Esta pesquisa tem várias limitações. Em primeiro lugar, como dito anteriormente, este estudo usou expressamente o plano de estudos para analisar os tópicos abordados no treinamento LSSBB, fornecendo apenas uma análise desse aspecto de avaliação de um curso.

Usar apenas os programas de estudos limita qualquer avaliação da qualidade do treinamento, das práticas de ensino ou da eficácia do aprendizado. Em segundo lugar, este estudo toma o ASQ BoK como referência e fornece uma visão das deficiências com base apenas nessa perspectiva. Vários corpos de conhecimento, como os da *International Association for Six Sigma Certification* (IASSC, 2022), *Lean Six Sigma Institute* (LSS INSTITUTE, 2022) ou o ISO 18404 (ANTONY *et al.*, 2021a; 2021b), também podem ser usados como modelos de referência. Em terceiro lugar, o estudo utilizou uma amostra de instituições que operam no Brasil; portanto, as conclusões são baseadas estritamente nos materiais e dados disponíveis e são específicas para este país.

Este estudo utilizou o programa dos cursos (*syllabus*) para analisar os tópicos abordados nas certificações LSSBB. O *syllabus* é a principal informação sobre o conteúdo da formação

(GORSKI, 2009; SLATTERY e CARLSON, 2005) e pode ser entendido como um “contrato” entre aluno e professor (PARKES e HARRIS, 2002); no caso desta pesquisa, um contrato que se aplica entre o profissional que deseja a certificação LSSBB e à instituição certificadora.

Além da informação supracitada, cabe destacar que embora o ASQ BoK seja reconhecido globalmente como um excelente padrão de certificação (HILTON e SOHAL, 2012; O’REILLY *et al.*, 2019), é importante ressaltar que não deve ser considerado um padrão perfeito sem desvios e deficiências. Além disso, existem outros padrões, que podem proporcionar interessantes estruturas.

Posto tais informações, mencionamos que nossos achados são baseados em informações decorrentes de dados coletados a partir dos programas dos cursos disponíveis publicamente e comparados em relação ao padrão ASQ BoK (ASQ, 2015); portanto, apontam para deficiências nos cursos LSSBB em relação ao referido padrão, não mensurando a qualidade das informações apresentadas. A ideia foi verificar se determinado conteúdo consta ou não do programa do curso disponível publicamente. Cabe destacar também que não foi objetivo do trabalho verificar se o programa do curso disponível publicamente correspondia à realidade praticada pela instituição, ou seja, examinar se as instituições ministraram ou não um curso que atendeu ao programa.

Por fim, é preciso ressaltar que ser certificado como LSSBB não garante que o profissional seja qualificado ou domine todos os conceitos, ferramentas e técnicas de LSS. A pesquisa limitou a análise do programa do curso para verificar a capacidade do profissional, sendo necessárias mais pesquisas sobre as práticas de ensino e avaliação das instituições certificadoras, qualidade das aulas e impacto na operação das organizações.

Os profissionais que buscam as certificações LSS podem usar o conteúdo curricular do curso como critério para saber se ele atende às suas expectativas e às competências exigidas pelo mercado, seja para ascensão na empresa atual ou em busca de uma nova posição.

Organizações que buscam qualificar sua força de trabalho podem avaliar o conteúdo das certificações LSS para determinar quais conceitos, ferramentas e técnicas são mais adequados às suas necessidades. Para melhorar continuamente sua competitividade, as organizações podem estabelecer parcerias com IES e instituições certificadoras. Estes últimos podem beneficiar de uma autoavaliação dos conteúdos que oferecem, bem como dos seus métodos de ensino e avaliação.

Numa perspectiva sistêmica, todos esses atores podem se beneficiar com a elevação da qualidade das certificações LSS, gerando melhores desempenhos devido a profissionais mais

qualificados, empresas mais competitivas e instituições certificadoras mais atualizadas com as necessidades de seus clientes.

As limitações deste estudo abrem múltiplas possibilidades para estudos futuros. No contexto brasileiro, os pesquisadores podem usar diferentes modelos de referência (por exemplo, ISO 18404, IASCC, LSSI) para avaliar currículos e compará-los com os resultados deste estudo. Os pesquisadores podem realizar estudos semelhantes em outros países para beneficiar acadêmicos e profissionais, contribuindo para o debate sobre padrões como ASQ e ISO 18404 ainda atendem às demandas e necessidades no campo. Além disso, outros trabalhos podem aplicar métodos como pesquisas e entrevistas para examinar possíveis dificuldades práticas decorrentes da lacuna de conhecimento dos profissionais certificados LSS e como isso reflete nos projetos de melhoria que eles realizam ou ainda a investigação sobre as possíveis causas raízes das técnicas que não são trabalhadas nos programas de estudo das certificações LSS atuais, seja no escopo brasileiro ou em outros países.

6 ARTIGO

Este capítulo apresenta o artigo intitulado “*Critical analysis of Lean Six Sigma Black Belt certification courses offered in Brazil*”, publicado no The TQM Journal. A publicação é decorrente da pesquisa realizada para esta dissertação (LOUZADA *et al.*, 2022).

Critical analysis of Lean Six Sigma black belt certification courses offered in Brazil

Certification
courses offered
in Brazil

Paula de Santi Louzada and Tiago F.A.C. Sigahi

School of Mechanical Engineering, State University of Campinas, Campinas, Brazil

Gustavo Hermínio Salati Marcondes de Moraes

School of Applied Science, State University of Campinas, Limeira, Brazil

Izabela Simon Rampasso

*Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Católica del Norte,
Coquimbo, Chile*

Rosley Anholon

School of Mechanical Engineering, State University of Campinas, Campinas, Brazil

Jiju Antony

Khalifa University of Science and Technology, Abu Dhabi, United Arab Emirates, and

Elizabeth A. Cudney

Maryville University, St. Louis, Missouri, USA

Received 9 August 2022
Revised 10 September 2022
Accepted 21 September 2022

Abstract

Purpose – This study aims to present an overview and analyze the Lean Six Sigma Black Belt (LSSBB) certifications offered by institutions operating in Brazil.

Design/methodology/approach – This research analyzed LSSBB certification courses offered by 48 institutions in Brazil by comparing the syllabi of the classes to the reference model proposed by the American Society for Quality (ASQ) in the Six Sigma Black Belt Body of Knowledge. This study employed the content analysis technique and hierarchical cluster analysis to analyze the data.

Findings – The results revealed a lack of standardization in the content of Lean Six Sigma (LSS) training in Brazil. 100% of the LSSBB courses analyzed covered four of the 108 techniques recommended by the ASQ Body of Knowledge (i.e. data types, measurement scales, sampling, and data collection plans and methods). In contrast, more than 75% of the courses covered all techniques related to the macro areas of organization-wide planning and deployment, organizational process management and measures, measure, and improve. The major shortcoming of LSS training is related to the macro area Design for Six Sigma framework and methodologies. LSS training is offered in a highly concentrated area in Brazil, the wealthiest region, where universities play a crucial role in disseminating LSS.

Originality/value – The literature lacks studies that critically examine LSS certification courses. There is little research on LSS in Brazil and there are no studies on LSS training in this country.

Keywords Six sigma, Lean six sigma, Certifications, Training, Brazil

Paper type Research paper

Introduction

The pursuit of continuous improvement is characterized as significant leverage for the competitiveness and survival of organizations, regardless of their size or operating segment (Alexander *et al.*, 2019; Scheller *et al.*, 2021). Whether organizations operate in industrial or service sectors (Pathiratne *et al.*, 2018; Sreedharan *et al.*, 2018), public or private (Antony *et al.*, 2017a, b; Rodgers and Antony, 2019; Singh and Rathi, 2019), from the most varied areas such



The authors are grateful for the support of the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq/Brazil) under the grants no. 307536/2018-1 and no. 303924/2021-7.

as healthcare (Ramori *et al.*, 2021) and higher education (Antony, 2014), success is achieved through the continuous evolution of administrative processes and modern management practices (Antony *et al.*, 2017a, b; Muraliraj *et al.*, 2018; Murmura *et al.*, 2021; Rodgers and Antony, 2019). It is increasingly necessary to generate customer value and differentiate from competitors by delivering quality at a low cost (Ghobakhloo and Fathi, 2020; Porfírio and Salgado, 2022; Singh and Rathi, 2019).

In this context of intense and growing competition, several studies have shown that Lean Six Sigma (LSS) techniques have become increasingly crucial to improving the competitiveness of companies (Antony *et al.*, 2020; Trakulsunti *et al.*, 2021; Wickramasinghe and Wickramasinghe, 2017). Lean and Six Sigma are philosophies that can work separately; however, when integrated, the possibility of good results is enhanced due to their synergistic aspects (Flor Vallejo *et al.*, 2020; Mustapha *et al.*, 2019; Puram and Gurumurthy, 2021).

Considering the benefits and differentiations of competitiveness that adopting LSS provides to companies across industries, professionals are increasingly looking for LSS certifications. Several studies found that certifications are critical to the viability of the business improvement process (Antony and Karaminas, 2016; Kodwani and Prashar, 2021; Mueller and Cross, 2020; Sisson, 2019). Such certification courses, however, must provide a quality knowledge base to give the professionals solid foundations for leading organizational transformations (Antony *et al.*, 2018; Sreedharan *et al.*, 2020). In this regard, Sreedharan *et al.* (2018) argued that one of the primary causes of failure in LSS implementation is ineffective training programs, which leads to a lack of knowledge of LSS tools and techniques and, as a result, incorrect application of LSS. Mueller and Cross (2020) added that, in addition to the organization's commitment to LSS principles, the involvement of the professional responsible for its implementation and dissemination is critical. Therefore, a crucial success factor for adopting LSS is training.

Many organizations invest effectively in training, but for a good return on investment, a clear plan for all aspects of training, including the content, delivery modality, support structure, knowledge transfer mechanisms, and evaluation systems, is indispensable (Sisson, 2019). In short, well-executed training plays a critical role in the successful implementation of LSS (Patel and Patel, 2020), and a lack of it, as well as inadequate certification on the main tools/techniques, can be considered significant barriers to success (Singh and Rathi, 2019).

Antony *et al.* (2021a, b) stated that there is no universal standard on the content of LSS courses for certification. There have been many attempts to standardize these courses for certifications, but despite efforts, there is still no single standard (Antony *et al.*, 2019; Fonseca Amorim *et al.*, 2018; Sreedharan *et al.*, 2020). As a result, different content levels can be found in the LSS courses offered by certification institutions, posing a problem for both organizations and professionals seeking to compare, evaluate, and select a training institution to undertake certification (Laureani and Antony, 2011).

Given the context presented and the scarcity of studies that critically examine LSS certification courses, this paper aims to analyze Lean Six Sigma Black Belt (LSSBB) certification courses offered by Brazilian institutions. It is essential to mention that there is little research on LSS in Brazil (Walter and Paladini, 2019), and there are no studies on LSS training in this country. Therefore, the training content (i.e. LSS concepts, tools, and techniques taught) informed in the syllabus provided by Brazilian certifying institutions was critically analyzed and compared with the body of knowledge recommended by the American Society for Quality (ASQ).

Literature review

Haerizadeh and Sunder (2019) argue that an organization's adaptability to market conditions and delivery of high levels of customer service with high quality and low cost have become essential requirements for survival in the global environment. The quality of processes and

products is one of the most critical current business strategies; therefore, lean techniques are essential. Lean thinking is an extrapolation of the Toyota Production System (Womack and Jones, 1997). Lean thinking aims to eliminate activities that do not add value to the customer, which requires both hearing and understanding the voice of the customer and delivering the highest possible value with low cost and high quality as fast as possible (Antony *et al.*, 2017a, b; Sisson, 2019).

Another critical element in the pursuit of continuous improvement and competitiveness is Six Sigma. Developed at Motorola, this philosophy focuses on minimizing process performance variation through a structured, data-driven approach to ensure decision-making occurs only after objectively specifying the underlying root causes (Muraliraj *et al.*, 2018). Utilizing both Lean and Six Sigma philosophies together means that speed, efficiency, and waste elimination, which are the objectives of Lean, are combined with increased effectiveness and the elimination of errors, which is the focus of Six Sigma, to achieve measurable operational and financial improvements (Mustapha *et al.*, 2019).

Sunder *et al.* (2018) discuss the synergistic relationship between Lean and Six Sigma by highlighting that LSS is more than a combination of two methodologies. LSS is a hybrid approach that allows effective changes in organizations, helping them to reduce costs, manage risks and improve customer and employee satisfaction. LSS enables better decision-making by top management (Albliwi *et al.*, 2015, 2017; Laureani *et al.*, 2010; Sunder *et al.*, 2018); therefore, its institutionalization is essential for an organization's long-term sustainability (Antony *et al.*, 2018).

Various sectors apply LSS that extend beyond the industrial environment where it was first used (Adikorley *et al.*, 2017; Ainul Azyan *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2018; Singh and Rathi, 2019; Yadav *et al.*, 2019). For instance, the use of LSS in the service sector is growing, with the goal of improving customer service and delivery (Antony *et al.*, 2017a, b). Logistics services, in particular, stand out due to the sectors' high potential for gains due to LSS implementation (Gutierrez-Gutierrez and Leeuw, 2016). The logistics sector has a low-profit margin due to intense competition, and it is possible to improve operational performance by eliminating waste, as evidenced by successful cases presented in the literature (Praharsi *et al.*, 2021; Zhang, 2016). The implementation in banking and financial services also proved to be prodigious (Porfirio and Saldago, 2022; Sunder *et al.*, 2019) as well as in the IT areas, contributing to the reduction of the time to resolve complaints and turnaround time of the organization's priority processes (Gijo *et al.*, 2019). In health-related services, such as hospitals and clinics, case studies revealed significant impacts on organizational performance and quality improvement with the implementation of LSS, generating benefits such as reduced process errors and waste, in addition to greater patient satisfaction (Ahmed *et al.*, 2018, 2019; Ajmera and Jain, 2019; Antony *et al.*, 2017a, b; Bhat *et al.*, 2020; Noronha *et al.*, 2022; Trakulsunti *et al.*, 2021; Vaishnavi and Suresh, 2020). The benefits of LSS in educational institutions are also documented in the literature by various authors, who highlight improvements in efficiency and operational performance of departments (Haerizadeh and Sunder, 2019; Sunder and Antony, 2018; Thomas *et al.*, 2017; Walter and Paladini, 2019). It is also worth mentioning the increasing implementation of LSS in the public sectors of several countries, even though there is plenty of room for improvement (Antony *et al.*, 2017a, b; Rodgers and Antony, 2019).

ASQ six sigma black belt body of knowledge

The ASQ BoK is widely used as a basis for certification documentation and research (Maleyeff *et al.*, 2012). The ASQ BoK has been well established as an excellent qualification and certification standard worldwide (Hilton and Sohal, 2012). Antony *et al.* (2021a, b) conducted a global survey that asked respondents about the frameworks they prefer to use in LSS certifications and found ASQ was the primary standard, accounting for 40% of the

responses, followed by IASCC (12%) and ISO 18404 (10%). Relevant standards such as ISO 18404 have not been adopted widely, and it is difficult to find qualified professionals who are familiar with them (Antony *et al.*, 2021a, b). Therefore, the ASQ BoK is an appropriate reference model for studies on LSS training (Hilton and Sohal, 2012; Maleyeff *et al.*, 2012).

The ASQ BoK aims to standardize training by enumerating 108 techniques relevant to and required for LSSBB professional training (ASQ, 2015, 2022). Such techniques cover a wide range of LSS knowledge topics, including using the Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC) methodology. In addition, topics include the need for expertise in management, team training and motivation, leadership, benchmarking, change management, and advanced statistical analysis (Trakulsunti *et al.*, 2021).

The ASQ BoK comprises nine major macro areas: organization-wide planning and deployment, organizational process management and measures, team management, define, measure, analyze, improve, control, and Design for Six Sigma (DFSS) framework and methodologies (ASQ, 2022). These macro areas represent the knowledge expected from an LSSBB professional. They are related to hard skills and team management and leadership knowledge, historical knowledge of the methodology, and how to define a strategic plan. The macro areas are further expanded into two layers, resulting in 108 final techniques described in the ASQ BoK, as illustrated in Table 1 (ASQ, 2015, 2022).

In addition to content specifics, the ASQ BoK recommends the expectation of cognition level that the LSSBB should have for each technique. These levels of cognition are based on the revised version of Bloom's taxonomy, which divides the cognitive domain into six levels: remember, understand, apply, analyze, evaluate and create (Anderson and Krathwohl, 2001). Bloom's taxonomy has been regarded as an important instrument to support the classification of educational objectives and facilitate the process of teaching, learning and cognitive development, including Six Sigma (Fonseca Amorim *et al.*, 2018). Thus, the ASQ BoK includes the following cognition levels: analyze, apply, evaluate, and understand. Considering the 108 techniques, an LSSBB should apply 34%, evaluate 33%, understand 20%, and analyze 12% of the techniques (ASQ, 2022, p. 11).

The ASQ BoK does not address practical issues such as the number of projects required for effective LSSBB training, which has no standard and varies depending on the organization in which the professional works. While some prioritize the number of projects, others aim to cut costs after completing an improvement project (Antony and Karaminas, 2016; Laureani and Antony, 2011; Patel and Patel, 2020).

Materials and methods

This research consisted of the following stages: (1) bibliographic research on the key concepts guiding the LSS methodology, international frameworks for LSSBB certifications, and a detailed examination of the ASQ BoK (ASQ, 2015, 2022); (2) search and collection of LSSBB certification course syllabus offered by institutions in Brazil; (3) content analysis of the syllabus provided by the institutions and application of hierarchical cluster analysis (HCA) to form groups of analysis; and (4) discussions based on the ASQ BoK as a reference model and conclusions based on the findings. Figure 1 summarizes the research steps.

The bibliographic search used the Web of Science and Scopus databases. Initially, to understand the concepts associated with LSSBB certification, the search used the following terms: "black belt certification," "Lean Six Sigma training," and "black belt training." Following the initial search, the terms "body of knowledge Lean Six Sigma" and "ASQ body of knowledge black belt" were added to improve the search for a globally respected certification body and training. The research team thoroughly examined and discussed several articles. A synthesis of the articles most closely related to this research was developed and served as the theoretical foundation for the study.

 Certification courses offered in Brazil

Macro area	Area	#	Technique	
1 Organization-wide planning and deployment	Organization-wide considerations	T1	Fundamentals of Six Sigma and Lean methodologies	
		T2	Six Sigma, lean, and continuous improvement methodologies	
		T3	Relationships among business systems and processes	
		T4	Strategic planning and deployment for initiatives	
	Leadership	T5	Roles and responsibilities	
		T6	Organizational roadblocks and change management	
2 Organizational process management and measures	Impact on stakeholders	T7	Impact on stakeholders	
	Benchmarking	T8	Benchmarking	
	Business measures	T9	Performance measures	
		T10	Financial measures	
3 Team management	Team formation	T11	Team types and constraints	
		T12	Team roles and responsibilities	
		T13	Team member selection criteria	
		T14	Team success factors	
	Team facilitation	T15	Motivational techniques	
		T16	Team stages of development	
		T17	Team communication	
		T18	Team leadership models	
	Team dynamics	T19	Group behaviors	
		T20	Meeting management	
		T21	Team decision-making methods	
	Team training	T22	Needs assessment	
		T23	Delivery	
		T24	Evaluation	
	4 Define	Voice of the customer	T25	Customer identification
			T26	Customer data collection
T27			Customer requirements	
T28			Business case	
Business case and project charter		T29	Problem statement	
		T30	Project scope	
		T31	Goals and objectives	
		T32	Project performance measurements	
Project management tools		T33	Project charter review	
		T34	Gantt charts	
	T35	Toll-gate reviews		
	T36	Work breakdown structure		
Analytical tools	T37	RACI model		
	T38	Affinity diagrams		
	T39	Tree diagrams		
	T40	Matrix diagrams		
	T41	Prioritization matrices		
	T42	Activity network diagrams		

(continued)

Table 1.
Techniques noted in the ASQ SSBB BoK

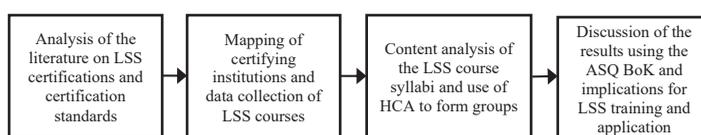
TQM					
Macro area	Area	#	Technique		
5 Measure	Process characteristics	T43	Process flow metrics		
		T44	Process analysis tools		
	Data collection	T45	Types of data		
		T46	Measurement scales		
		T47	Sampling		
		T48	Data collection plans and methods		
	Measurement systems	T49	Measurement system analysis (MSA)		
		T50	Measurement systems across the organization		
		T51	Metrology		
	Basic statistics	T52	Basic statistical terms		
		T53	Central limit theorem		
		T54	Descriptive statistics		
		T55	Graphical methods		
		T56	Valid statistical conclusions		
	Probability	T57	Basic concepts		
		T58	Distributions		
	Process capability	T59	Process capability indices		
		T60	Process performance indices		
		T61	General process capability studies		
		T62	Process capability for attributes data		
		T63	Process capability for non-normal data		
T64		Process performance vs. specification			
T65		Short-term and long-term capability			
T66		Correlation coefficient			
6 Analyze	Measuring and modeling relationships between variables	T67	Linear regression		
		T68	Multivariate tools		
		T69	Terminology		
	Hypothesis testing	T70	Statistical vs. practical significance		
		T71	Sample size		
		T72	Point and interval estimates		
		T73	Tests for means, variances, and proportions		
		T74	Analysis of variance (ANOVA)		
		T75	Goodness-of-fit (chi square) tests		
		T76	Contingency tables		
		T77	Nonparametric tests		
		T78	FMEA		
		FMEA	T79	Gap analysis	
			T80	Root cause analysis	
			T81	Waste analysis	
Additional analysis methods	T79	Gap analysis			
	T80	Root cause analysis			
		T81	Waste analysis		

Table 1.

(continued)

**Certification
courses offered
in Brazil**

Macro area	Area	#	Technique
7 Improve	Design of experiments (DOE)	T82	Terminology
		T83	Design principles
		T84	Planning experiments
		T85	One-factor experiments
		T86	Two-level fractional factorial experiments
		T87	Full factorial experiments
	Lean methods	T88	Waste elimination
		T89	Cycle-time reduction
		T90	Kaizen
		T91	Other improvement tools and techniques
		T92	Implementation
8 Control	Implementation	T93	Objectives
		T94	Selection of variables
	Statistical process control (SPC)	T95	Rational subgrouping
		T96	Control chart selection
		T97	Control chart analysis
		T98	Total productive maintenance (TPM)
	Other controls	T99	Visual controls
		T100	Measurement system reanalysis
	Maintain controls	T101	Control plan
		T102	Lessons learned
Sustain improvements	T103	Documentation	
	T104	Training for process owners and staff	
	T105	Ongoing evaluation	
	T106	Common DFSS methodologies	
9 DFSS framework and methodologies	Common DFSS methodologies	T107	Design for X (DFX)
		T108	Robust designs

Table 1.**Figure 1.**
Research steps

To map the institutions offering LSS certification in Brazil, the researchers conducted an extensive Internet search. The search used the terms “Lean Six Sigma Black Belt Certification,” “Lean Six Sigma Black Belt Training,” “Black Belt Training,” and “Black Belt Course”. Initially, the search identified 56 institutions. The syllabus provided by the institutions identified outlined the content of the courses. The websites of institutions offering LSSBB certification courses in Brazil contained the syllabi. The research considered only syllabi with open access online to enhance the research transparency.

The researchers critically analyzed the collected documents. The study sample excluded courses when the content taught in the LSSBB certification course was not clearly expressed. This process resulted in excluding eight institutions from the initial sample that did not make their course syllabus publicly available or did not clearly express the content taught. As a

result, 48 institutions offering LSSBB certification in Brazil formed the final sample for this research. While this study explicitly describes the contents of the selected institutions' courses, it maintains their anonymity for confidentiality reasons.

The content analysis followed the guidelines proposed by [Elo and Kyngäs \(2008\)](#). According to these authors, content analysis comprises three stages: (1) preparation, (2) organization, and (3) reporting the review process and results.

In the preparation phase, [Elo and Kyngäs \(2008\)](#) recommended defining the unit of analysis and analyzing the quality of the sample. In this study, the unit of analysis is the LSSBB certification course, and the sample consists of 48 institutions that make their content publicly available on their official websites. Although there are no official statistics on the number of certifying institutions in Brazil, the primary means of publicizing their courses and credible sources of information were their websites due to their designation as official channels of communication. Websites have been extensively used for data collection in scientific research in different areas, including quality certification disclosure ([Esposito et al., 2021](#)), corporate social responsibility ([Carvalho et al., 2020](#)), corporate sustainability ([Gao et al., 2021](#)), and marketing and information management ([Wu, 2018](#)). Finally, in the last step of the preparation stage, the researchers critically examined all the selected syllabi before moving on to the next stage.

After the preparation, the organization stage followed a deductive approach. [Elo and Kyngäs \(2008\)](#) recommend this approach when researchers intend to evaluate data using existing models. As previously stated, this research used a deductive approach for data analysis, using the ASQ BoK as the reference mode and comparing each of the syllabi selected to the ASQ BoK recommendations ([ASQ, 2015, 2022](#)). A matrix was created to visualize the topics covered in the courses offered by each institution. This matrix consisted of 48 lines (representing the 48 institutions studied) and 108 columns (representing the 108 techniques recommended by the ASQ BoK). The conditional formatting tool in Excel facilitated the visual identification of points of deficiency in the analyzed courses. When the technique was addressed in the LSSBB certification course analyzed, the software cell was left blank; otherwise, the cell had a check mark (✓).

According to [Elo and Kyngäs \(2008\)](#), the deductive content analysis concludes with developing a general formulation based on the results. The step of identifying the underlying structure of the LSSBB certification courses under examination used hierarchical cluster analysis (HCA). As stated by [Fávero et al. \(2009\)](#) and [Malhotra \(2012\)](#), HCA enables the identification of similarities and differences within a specific group of interest. Therefore, HCA grouped the institutions into logical categories according to the strengths and weaknesses of the content presented in their courses. IBM® SPSS (Statistical Package for Social Science) was used to identify the clusters of institutions.

The final stage of this research consisted of reporting the review process and results. In reporting the review process, the study followed the recommendations of [Elo and Kyngäs \(2008\)](#) for content analysis, i.e. stating all of the steps taken and, for each step, describing the procedures adopted. The following sections present the results from analyzing the LSSBB certifications offered by institutions operating in Brazil.

Characterization of the institutions

The 48 institutions included in this study are in Brazil, with 70% located in the Southeast region, the primary focus of the country's economic activities. Considering the Brazilian states, São Paulo has the largest number of institutions (60%), followed by Paraná (12%), Minas Gerais (6%), Pernambuco (6%), Rio de Janeiro (4%), Santa Catarina (4%), Ceará (2%), Espírito Santo (2%), and Goiás (2%). One institution is headquartered in the United States, although it operates in Brazil.

The sample indicates that 13 certifying institutions (27%) worked in partnership with higher education institutions (HEI), such as universities and recognized professional education institutions, four of which offer LSSBB certification as part of specialization courses.

Of the institutions that provide LSSBB certification in Brazil, 48% have been in the market for less than a decade. In contrast, nine out of the 13 institutions working in collaboration with HEIs have been operating since before 1990. Of the institutions operating for over a decade, nine were founded between 1957 and 1989, all in São Paulo. Further, eight are affiliated with an HEI. These affiliations highlight the vital role of universities in introducing and disseminating the LSS in Brazil.

All of the observed institutions also provide other types of LSS certification training, such as white belt, yellow belt, and green belt. Except for institutions partnered with HEIs, all others (73%) provide training and consulting in the area of continuous improvement for organizations.

Techniques taught in LSSBB certifications in Brazil

As previously stated, the training content informed in the syllabus provided by the 48 Brazilian certifying institutions participating in the study was critically analyzed and compared with the techniques recommended by the ASQ BoK. The first analysis determined the frequency of each 108 techniques covered in the LSSBB certification courses. The analysis then ordered each technique based on the frequency of occurrence, resulting in the grouping into three groups: Group 1 (75%–100%), group 2 (45%–74.9%), and group 3 (below 44.9%). [Table 2](#) provides the percentages for each technique.

Group	Frequency	Technique	
1	100%	45, 46, 47, 48	
	97.9%	49, 50, 52, 53, 54	
	95.8%	28, 31, 32, 33, 51, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 93, 101	
	93.8%	9, 29, 30, 44, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 82, 94, 95, 96, 97	
	91.7%	64, 66, 68, 74, 75, 76, 100	
	89.6%	2, 3, 65, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 88	
	87.5%	87, 89	
	85.4%	1, 4, 43, 92, 105	
	83.3%	6, 7, 26, 27, 102, 103, 104	
	81.3%	5, 10, 25, 90, 91, 99	
	79.2%	8, 63	
	77.1%	12, 13, 17	
	75.0%	11, 18	
	2	72.9%	14, 19, 20, 77
		70.8%	22
68.8%		15, 16, 23	
66.7%		21, 24, 78	
64.6%		98	
50.0%		34	
47.9%		35	
3	43.8%	36	
	39.6%	38	
	37.5%	41, 42	
	35.4%	37, 39	
	33.3%	40	
	18.8%	106	
	6.3%	107	
4.2%	108		

Table 2.
 Percentage of courses
 that include each
 technique
 recommended by the
 ASQ BoK

Table 2 indicates that 77.9% of the techniques are in group 1, 12.9% in group 2, and 9.2% in group 3. Only four techniques (3.7%) were covered in all syllabi analyzed, all of which related to the macro area of measure. The four techniques include types of data (T45), measurement scales (T46), sampling (T47), and data collection plans and methods (T48).

Of the nine macro areas, only four (i.e. organization-wide planning and deployment, organizational process management and measures, measure, and improve) had all of the techniques classified in group 1. The macro areas of team management, analyze, and control had techniques classified in Groups 1 and 2, while the macro area define was the only one with techniques classified in all three groups. Finally, it is worth noting that group 3 contained all of the techniques classified in the macro area DFSS framework and methodologies.

Group 2 highlighted essential aspects that, if absent, can compromise the successful implementation of LSS in organizations, particularly those related to project management (Sunder, 2016) and team management (Gutierrez Gutierrez *et al.*, 2016). With respect to project management tools, the two least observed techniques were toll-gate reviews (T35) and Gantt charts (T34). The lack of knowledge about evaluating and managing projects is a significant barrier to continuous improvement and the pursuit of excellence (Alexander *et al.*, 2019; Arcidiacono *et al.*, 2016; Flor Vallejo *et al.*, 2020). In addition, tools such as Gantt charts can be useful in monitoring and organizing the phases of a project (Muganyi *et al.*, 2019; Murmura *et al.*, 2021; O'Reilly *et al.*, 2019).

Group 2 contains many team management techniques, particularly those related to team formation (T14), team facilitation (T15 and T16), team dynamics (T19, T20, and T21), and team training (T22 and T23). Knowledge of these techniques is critical for managers who conduct continuous improvement programs in organizations, as emphasized in the human resource management literature (Laureani and Antony, 2018; McLean *et al.*, 2017; Raval *et al.*, 2021; Sony *et al.*, 2019; Sreedharan *et al.*, 2018).

With respect to the application of statistical methods, a technique associated with specific knowledge appeared in group 2, nonparametric tests (T77), which is understanding “the importance of the Kruskal–Wallis and Mann–Whitney tests and when they should be used” (ASQ, 2015, p. 12). This technique is essential when using LSS in the real world because the assumption of a normal distribution may not be satisfied, requiring statistical tests to determine whether or not it is applicable. Therefore, it is critical that LSSBB training covers this knowledge for the results of LSS projects to be as reliable as possible (John and Kadadevaramath, 2020; Mitra, 2004; Tavana *et al.*, 2021).

Total productive maintenance (TPM) and failure mode and effect analysis (FMEA), T98, and T78, respectively, were also classified in group 2, with more than one-third of the LSSBB certification courses not covering them. The literature highlights the importance of these two techniques for continuous improvement programs (Doshi and Desai, 2017; Kaur *et al.*, 2013; Kumar Sharma and Gopal Sharma, 2014). TPM is a component of the Lean methodology that managers of productivity improvement programs should be familiar with (Demir and Turan, 2021; Puram and Gurumurthy, 2021), whereas FMEA plays a vital role in preventive action (Tavana *et al.*, 2021).

The techniques classified in group 3 appeared in less than 44.9% of the analyzed LSSBB certification courses. This finding is concerning because these techniques are essential for training professionals working on LSS projects. In terms of project management tools, the work breakdown structure (T36) and responsible, accountable, consulted and informed (RACI) model (T37) techniques are critical. Regarding analytical tools (from T38 to T42), many syllabi do not present essential elements in continuous improvement programs, such as affinity diagrams, prioritization matrices, activity network diagrams, tree diagrams, and matrix diagrams.

Finally, group 3 classifies all three techniques from the macro area DFSS framework and methodologies, which is a cause for concern. According to Gijo *et al.* (2021), DFSS aims to

apply methods for developing robust products. The common DFSS techniques (T106), design for X (DFX) (T107), and robust designs (T108) have the lowest frequency observed (18.8%, 6.3%, and 4.2%, respectively), despite being considered essential knowledge for professionals dealing with continuous improvement (Gijo *et al.*, 2021; Jenab *et al.*, 2018).

Shortcomings in LSSBB training in Brazil

As previously stated, HCA was used to identify the underlying structure of the LSSBB certification courses under examination. HCA provided a better understanding of the LSS training in Brazil from the perspective of the institutions. There were no missing cases, with the Euclidean quadratic distance and Ward's linkage method serving as the primary factors for constructing the dendrogram (Figure 2).

Following the recommendations of Malhotra (2012), the research adopted a threshold value equal to 8 to perform the HCA, allowing the identification of three clusters (A, B, and C). The next step was reorganizing the relationship matrix between the 48 institutions and 108 techniques recommended by the ASQ BoK to display the information according to the clusters. Due to the size of the matrix, the results were broken down for better presentation, considering techniques ranging from 1 to 9 (Table 3), 10 to 24 (Table 4), 25 to 50 (Table 5), 51 to 64 (Table 6), 65 to 87 (Table 7), and 88 to 108 (Table 8). In addition, these tables highlight the techniques with a medium degree of deficiency with yellow rectangles and a high degree of deficiency with red rectangles.

The analysis of Table 3 revealed the techniques from T1 to T9 are more prevalent in cluster A, with specific deficiencies for some institutions. The number of institutions with inadequate knowledge of this group of techniques increased significantly in cluster B. In cluster C, deficiencies were observed more punctually, with a negative highlight for one institution (I23) that does not cover the techniques from T5 to T9.

As shown in Table 4 (T10 to T24), cluster A also contained institutions with the LSS training courses more aligned with the techniques recommended by the ASQ BoK. Cluster B consisted of institutions whose classes presented severe deficiencies in this group of techniques. In turn, for cluster C, two institutions (I23 and I48) did not mention techniques T21 to T24, indicating a point of attention.

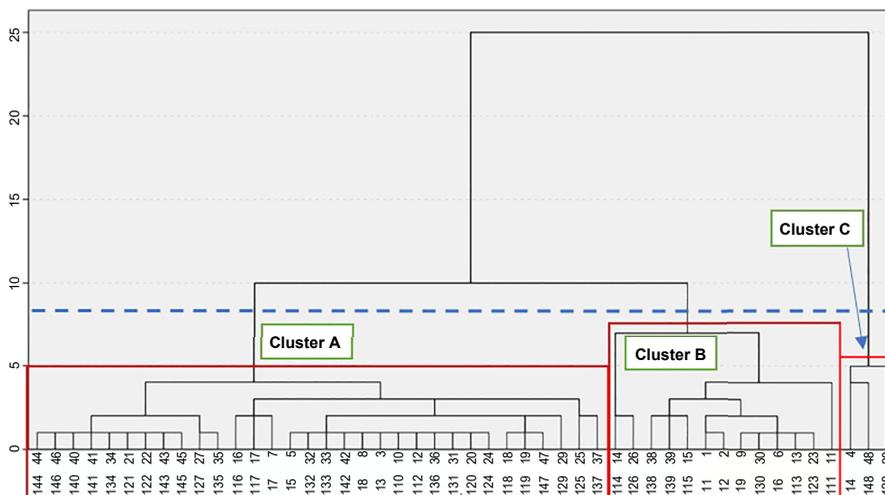


Figure 2.
Dendrogram resulting
from the HCA

TQM

Cluster	Institution	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
A	I3									
	I5								✓	
	I7									
	I8				✓					
	I10									
	I12									
	I16								✓	✓
	I17									
	I18									
	I19									
	I20									
	I21									
	I22									
	I24									
	I25									
	I27									
	I29									
	I31									
	I32									
	I33									
	I34									
	I35	✓	✓	✓	✓					
	I36									
	I37									
	I40									
	I41									
	I42									
I43										
I44						✓	✓			
I45										
I46						✓	✓			
I47	✓								✓	
B	I1								✓	
	I2								✓	
	I6					✓			✓	
	I9					✓	✓	✓		
	I11									
	I13				✓					
	I14							✓	✓	✓
	I15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	I26	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	I30					✓	✓	✓		
	I38	✓	✓	✓	✓					
I39	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
C	I4									
	I23					✓	✓	✓	✓	✓
	I28								✓	✓
	I48	✓							✓	

Table 3.
Application of
techniques from 1 to 9
by the institutions

Table 5 shows techniques T25 to T50. Three clusters observed deficiency points. The most concerning point for cluster A was T34 to T44, whereas, for clusters B and C, the concerns were T34 to T42. T25 to T27 in cluster A and T43 in cluster C were also points of attention.

Cluster	Institution	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24
A	I3															
	I5					✓	✓	✓		✓						
	I7															
	I8															
	I10															
	I12															
	I16															
	I17															
	I18															
	I19															
	I20															
	I21															
	I22															
	I24															
	I25						✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓
	I27											✓	✓	✓	✓	✓
	I29															✓
I31																
I32			✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓			
I33															✓	
I34																
I35																
I36																
I37							✓	✓							✓	
I40																
I41																
I42																
I43																
I44																
I45																
I46																
I47												✓	✓		✓	
B	I11	✓	✓													
	I12	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	I16	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	I19	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	I11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	I13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	I14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	I15							✓								
	I26	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	I30		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	I38							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
I39		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
C	I14															
	I23	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	
	I28															
	I48															

Table 4. Application of techniques from 10 to 24 by the institutions

In Table 6, the analyzed techniques ranged from T51 to T64. Only cluster C revealed points of attention (T55 to T62 and T64) and points of deficiency (T63).

Table 7 considers techniques T65 to T87. Clusters A and B presented points of attention from T77 to T78. Cluster C indicated points of deficiency from T65 to T77 and T83 to T87, and points of attention from T78 to T82.

Table 8 includes techniques T88 to T108. The analysis indicated deficiencies for T98 and T99 in cluster A, T94 to T98 in cluster C, and generalized deficiency for the three clusters in T106, T107, and T108, that comprise the macro area DFSS framework and methodologies.

In general, none of the clusters were without flaws and came close to meeting the ideal conditions recommended by the ASQ BoK; however, cluster A presented better performance than clusters B and C.

TQM

Cluster	Institution	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50		
A	I3										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
	I5										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	I7										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	I8			✓		✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	I10											✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	I12											✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	I16											✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	I17																												
	I18	✓	✓	✓																									
	I19	✓	✓	✓																									
	I20	✓	✓	✓																									
	I21																												
	I22																												
	I24																												
	I25	✓	✓	✓																									
	I27	✓	✓	✓																									
	I29	✓	✓	✓																									
	I31																												
	I32																												
	I33																												
I34																													
I35																													
I36																													
I37	✓	✓																											
I40																													
I41																													
I42																													
I43																													
I44																													
I45																													
I46																													
I47	✓	✓	✓																										
B	I11																												
	I12																												
	I16	✓																											
	I19																												
	I11																												
	I13																												
	I14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
	I15	✓	✓	✓																									
	I26																												
	I30																												
I38																													
I39																													
C	I4																												
	I23																												
	I28																												
	I48																										✓	✓	

Table 5.
Application of
techniques from 25 to
50 by the institutions

Relationship between standards, LSS certification, and training effectiveness

This study used the syllabus to analyze the topics covered in the LSSBB certification courses. The syllabus is the main instrument of information about the content of a class or training (Gorski, 2009; Slattery and Carlson, 2005). The syllabus is also a teaching and learning tool (Fornaciari and Lund Dean, 2014) or a contract between student and teacher (Parkes and Harris, 2002), which applies to the professional who wants LSSBB certification and the certifying institution, in the case of this study. Furthermore, official communication channels of institutions provided access to collect each syllabus, such as websites, which are widely used sources of data in scientific research (Carvalho *et al.*, 2020; Esposito *et al.*, 2021; Gao *et al.*, 2021; Wu, 2018). However, there are some critical points to discuss.

While the ASQ BoK is globally recognized as an excellent certification standard (Antony *et al.*, 2021a, b; Hilton and Sohal, 2012; Maleyeff *et al.*, 2012), it is important to stress that it should not be considered a perfect standard, with any deviation from it viewed as a deficiency. Therefore, our findings point to shortcomings in LSSBB courses based on the ASQ BoK, which does not necessarily imply a deficiency in other essential aspects. For example, it is necessary to consider the time it would take to teach (and evaluate) all 108 techniques recommended by the ASQ BoK in a single course. Hence, a low frequency observed for a technique does not measure the training quality, as this was not the aim of this paper; rather, it represents an indication of improvement in LSS training, which can benefit certifying institutions, HEIs, companies, and professionals.

Another point to note is that adhering to a standard does not mean the course is good. Instead, it means the course adopted a reference model in the design. While official sources were the source of the data collection, it was not the aim of the study to investigate whether the syllabus corresponded to reality. Instead, it is beyond the scope to scrutinize whether or

Cluster	Institution	T51	T52	T53	T54	T55	T56	T57	T58	T59	T60	T61	T62	T63	T64	Certification courses offered in Brazil
A	I3													✓		
	I5															
	I7															
	I8															
	I10															
	I12															
	I16															
	I17													✓	✓	
	I18															
	I19															
	I20															
	I21															
	I22															
	I24															
	I25															
	I27															
	I29													✓		
	I31															
	I32															
	I33															
I34																
I35																
I36																
I37																
I40																
I41																
I42																
I43																
I44																
I45																
I46																
I47																
B	I1													✓		
	I2													✓		
	I6															
	I9															
	I11	✓												✓	✓	
	I13															
	I14															
	I15															
	I26															
	I30															
I38																
I39																
C	I4															
	I23													✓		
	I28	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	I48	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Table 6.
Application of techniques from 51 to 64 by the institutions

not institutions delivered a course that met the syllabus. In addition, it is necessary to consider that certain content can be taught incorrectly. In this regard, Gorski (2009) emphasized that the one who teaches brings philosophies, strengths, and limitations into the teaching; therefore, this study does not claim to have discerned what exactly occurred in any particular course by examining its syllabus. Several researchers in the field of educational sciences support this method (Gorski, 2009; Parkes and Harris, 2002;

TQM

Cluster	Institution	T65	T66	T67	T68	T69	T70	T71	T72	T73	T74	T75	T76	T77	T78	T79	T80	T81	T82	T83	T84	T85	T86	T87	
A	13													✓	✓										
	15													✓	✓										
	17													✓	✓										
	18													✓	✓										
	110													✓	✓										
	112													✓	✓										
	116													✓	✓										
	117	✓														✓	✓	✓							
	118																								
	119																								
	120																								
	121																								
	122																								
	124																								
	125																	✓	✓						
	127														✓	✓									
	129														✓	✓						✓	✓	✓	✓
	131														✓	✓									
	132														✓	✓									
	133														✓	✓									
134														✓	✓										
135														✓	✓										
136														✓	✓										
137										✓	✓	✓		✓	✓										
140											✓	✓	✓		✓	✓									
141														✓	✓										
142														✓	✓										
143														✓	✓										
144														✓	✓										
145														✓	✓										
146														✓	✓										
147														✓	✓										
B	11													✓	✓										
	12													✓	✓										
	16													✓	✓										
	19													✓	✓										
	111	✓	✓		✓									✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
	113													✓	✓										
	114													✓	✓										
	115													✓	✓										
	126													✓	✓		✓	✓							
	130													✓	✓										
138													✓	✓											
139													✓	✓											
C	14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	123	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	128	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	148	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Table 7.
Application of techniques from 65 to 87 by the institutions

Cluster	Institution	T88	T89	T90	T91	T92	T93	T94	T95	T96	T97	T98	T99	T100	T101	T102	T103	T104	T105	T106	T107	T108		
A	13																				✓	✓	✓	
	15																				✓	✓	✓	
	17																				✓	✓	✓	
	18			✓	✓																✓	✓	✓	
	110																				✓	✓	✓	
	112					✓	✓														✓	✓	✓	
	116																				✓	✓	✓	
	117																				✓	✓	✓	
	118																				✓	✓	✓	
	119																				✓	✓	✓	
	120																				✓	✓	✓	
	121																				✓	✓	✓	
	122																				✓	✓	✓	
	124																				✓	✓	✓	
	125																				✓	✓	✓	
	127																	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	129																	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	131																	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	132																	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	133																	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
134																	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
135																	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
136																	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
137															✓					✓	✓	✓	✓	
140																				✓	✓	✓	✓	
141																				✓	✓	✓	✓	
142		✓	✓		✓	✓														✓	✓	✓	✓	
143																				✓	✓	✓	✓	
144																				✓	✓	✓	✓	
145			✓																	✓	✓	✓	✓	
146																				✓	✓	✓	✓	
147																				✓	✓	✓	✓	
B	11																				✓	✓	✓	
	12																				✓	✓	✓	
	16																				✓	✓	✓	
	19												✓								✓	✓	✓	
	111																				✓	✓	✓	
	113	✓	✓				✓											✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	114																				✓	✓	✓	✓
	115																				✓	✓	✓	✓
	126	✓	✓																		✓	✓	✓	✓
	130																				✓	✓	✓	✓
138																				✓	✓	✓	✓	
139																				✓	✓	✓	✓	
C	14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	123	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	128	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	148	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Table 8.
Application of techniques from 88 to 108 by the institutions

Slattery and Carlson, 2005) and management education (Benito Olalla and Merino, 2019; Fornaciari and Lund Dean, 2014; McNally *et al.*, 2020).

Finally, implications for research and practice can be pointed out. It is necessary to note that being certified as an LSSBB does not guarantee that the professional is qualified or has mastered all LSS concepts, tools, and techniques. The research limited course analysis to ascertain the professional's capacity, and more research on the teaching and evaluation practices of certifying institutions, quality of the classes, and impact on the operations of the organizations are required.

Professionals seeking LSS certifications can use the course syllabus content as a criterion to determine if it meets their expectations and the competencies required by the market, whether for advancement within their current company or in the search for a new position. Organizations aiming at qualifying their workforce can evaluate LSS certifications content to determine which concepts, tools, and techniques are best suited to their needs. In order to continuously improve its competitiveness, organizations can establish partnerships with HEIs and certifying institutions. The latter can benefit from a self-assessment of the content they offer, as well as their teaching and assessment methods.

From a systemic perspective, all these actors can benefit from raising the quality of LSS certifications, generating better performances due to more qualified professionals, more competitive companies and certifying institutions that are more up-to-date with the needs of their clients.

Conclusions, limitations, and future research

The purpose of this paper was to present an overview and analyze the LSSBB certifications offered by institutions operating in Brazil. LSS training is available in a variety of locations, but with a high concentration (70%) in the wealthiest region (Southeast), particularly in the most developed state (São Paulo, with 60%). HEIs play an essential role in LSS training, primarily through collaboration with pioneer certifying institutions.

The findings revealed a lack of standardization in this country's content of LSS training. Four of the 48 LSSBB certification courses analyzed covered 100% of some techniques (i.e. data types, measurement scales, sampling, and data collection plans and methods). More than 75% of the LSSBB courses analyzed covered all techniques related to the macro areas of organization-wide planning and deployment, organizational process management and measures, measure, and improve. On the other hand, critical shortcomings in LSS training were identified, such as essential techniques covered by a few institutions, as observed for the DFSS framework and methodologies, which is the macro area that presented the techniques with the lowest frequency observed.

This research has several limitations. First, as previously stated, this study expressly used the syllabus to analyze the topics covered in the LSSBB training, providing only an analysis of this evaluation aspect of a course. Using only the syllabi limits any assessment of the quality of training, teaching practices, or learning effectiveness. Second, this study takes the ASQ BoK as a reference and provides a view of the shortcomings based only on this perspective. Various bodies of knowledge, such as those of the International Association for Six Sigma Certification (IASCC, 2022), Lean Six Sigma Institute (LSSI, 2022) or the ISO 18404 (Antony *et al.*, 2021a, b), can also be used as reference models. Third, the study used a sample of institutions operating in Brazil; therefore, the conclusions are based strictly on the available materials and data and are specific to this country.

The limitations of this study open up multiple possibilities for future studies. In the Brazilian context, researchers can use different reference models (e.g. ISO, 18404, IASCC, LSSI) to evaluate syllabi and compare them with the results of this study. Researchers can conduct similar studies in other countries to benefit scholars and practitioners, contributing

to the debate on whether standards such as ASQ and ISO 18404 still meet the demands and needs in the field. Further, other works can apply methods such as surveys and interviews to examine potential practical difficulties arising from the knowledge gap of LSS certified professionals and how this reflects in the improvement projects they undertake.

References

- Adikorley, R.D., Rothenberg, L. and Guillory, A. (2017), "Lean six sigma applications in the textile industry: a case study", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 8 No. 2, pp. 210-224, doi: [10.1108/ijlss-03-2016-0014](https://doi.org/10.1108/ijlss-03-2016-0014).
- Ahmed, S., Abd Manaf, N.H. and Islam, R. (2018), "Effect of lean six sigma on quality performance in Malaysian hospitals", *International Journal of Health Care Quality Assurance*, Vol. 31 No. 8, pp. 973-987, doi: [10.1108/IJHCQA-07-2017-0138](https://doi.org/10.1108/IJHCQA-07-2017-0138).
- Ahmed, S., Abd Manaf, N.H. and Islam, R. (2019), "Effects of six sigma initiatives in Malaysian private hospitals", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 10 No. 1, pp. 44-57, doi: [10.1108/IJLSS-08-2017-0099](https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2017-0099).
- Ainul Azyan, Z.H., Pulakanam, V. and Pons, D. (2017), "Success factors and barriers to implementing lean in the printing industry: a case study and theoretical framework", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 28 No. 4, pp. 458-484, doi: [10.1108/JMTM-05-2016-0067](https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2016-0067).
- Ajmera, P. and Jain, V. (2019), "A fuzzy interpretive structural modeling approach for evaluating the factors affecting lean implementation in Indian healthcare industry", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 11 No. 2, pp. 376-397, doi: [10.1108/IJLSS-02-2018-0016](https://doi.org/10.1108/IJLSS-02-2018-0016).
- Albliwi, S.A., Antony, J. and Lim, S.A.H. (2015), "A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry", *Business Process Management Journal*, Vol. 21 No. 3, pp. 665-691, doi: [10.1108/BPMJ-03-2014-0019](https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2014-0019).
- Albliwi, S.A., Antony, J., Arshed, N. and Ghadge, A. (2017), "Implementation of lean six sigma in Saudi Arabian organisations: findings from a survey", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 34 No. 4, pp. 508-529, doi: [10.1108/IJQRM-09-2015-0138](https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2015-0138).
- Alexander, P., Antony, J. and Rodgers, B. (2019), "Lean six sigma for small- and medium-sized manufacturing enterprises: a systematic review", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 36 No. 3, pp. 378-397, doi: [10.1108/IJQRM-03-2018-0074](https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2018-0074).
- Anderson, L.W. and Krathwohl, D.R. (2001), *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objective*, Longman, New York.
- Antony, J. (2014), "Readiness factors for the lean six sigma journey in the higher education sector", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 63 No. 2, pp. 257-264, doi: [10.1108/IJPPM-04-2013-0077](https://doi.org/10.1108/IJPPM-04-2013-0077).
- Antony, J. and Karaminas, H. (2016), "Critical assessment on the Six Sigma Black Belt roles/responsibilities, skills and training: a global empirical study", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 33 No. 5, pp. 558-573, doi: [10.1108/IJQRM-08-2014-0106](https://doi.org/10.1108/IJQRM-08-2014-0106).
- Antony, J., Rodgers, B. and Cudney, E.A. (2017a), "Lean six sigma for public sector organizations: is it a myth or reality?", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 34 No. 9, pp. 1402-1411, doi: [10.1108/IJQRM-08-2016-0127](https://doi.org/10.1108/IJQRM-08-2016-0127).
- Antony, J., Snee, R. and Hoerl, R. (2017b), "Lean six sigma: yesterday, today and tomorrow", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 34 No. 7, pp. 1073-1093, doi: [10.1108/IJQRM-03-2016-0035](https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2016-0035).
- Antony, J., Gupta, S., Sunder, V.M. and Gijo, E.V. (2018), "Ten commandments of lean six sigma: a practitioners' perspective", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 67 No. 6, pp. 1033-1044, doi: [10.1108/IJPPM-07-2017-0170](https://doi.org/10.1108/IJPPM-07-2017-0170).
- Antony, J., Sony, M., Dempsey, M., Brennan, A., Farrington, T. and Cudney, E.A. (2019), "An evaluation into the limitations and emerging trends of Six Sigma: an empirical study", *TQM Journal*, Vol. 31 No. 2, pp. 205-221, doi: [10.1108/TQM-12-2018-0191](https://doi.org/10.1108/TQM-12-2018-0191).

- Antony, J., Hoerl, R. and Snee, R. (2020), "An overview of lean six sigma", in Antony, J. (Ed.), *Lean Six Sigma in Higher Education*, Emerald Publishing, Bingley, pp. 1-11, doi: [10.1108/978-1-78769-929-820201002](https://doi.org/10.1108/978-1-78769-929-820201002).
- Antony, J., McDermott, O., Sony, M., Cudney, E.A., Snee, R.D. and Hoerl, R.W. (2021a), "A study into the pros and cons of ISO 18404: viewpoints from leading academics and practitioners", *TQM Journal*, Vol. 33 No. 8, pp. 1845-1866, doi: [10.1108/TQM-03-2021-0065](https://doi.org/10.1108/TQM-03-2021-0065).
- Antony, J., McDermott, O., Sony, M., Powell, D., Snee, R. and Hoerl, R.W. (2021b), "Global study into the pros and cons of ISO 18404: a convergent mixed method study and recommendations for further research", *International Journal of Quality and Reliability Management*, ahead-of-print, doi: [10.1108/IJQRM-10-2021-0356](https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2021-0356).
- Arcidiacono, G., Costantino, N. and Yang, K. (2016), "The AMSE lean six sigma governance model", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 7 No. 3, pp. 233-266, doi: [10.1108/IJLSS-06-2015-0026](https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2015-0026).
- ASQ (2015), "Six sigma black belt certification brochure", *American Association for Quality*, available at: <https://asqassets.widen.net/s/p5wccpmrkz/43721-cssbb-cert-insert>.
- ASQ (2022), "Certified six sigma black belt body of knowledge", available at: <https://asq.org/cert/resource/pdf/certification/2022-SSBB-BoK.pdf>.
- Benito Olalla, C. and Merino, A. (2019), "Competences for sustainability in undergraduate business studies: a content analysis of value-based course syllabi in Spanish universities", *The International Journal of Management Education*, Vol. 17 No. 2, pp. 239-253, doi: [10.1016/j.ijme.2019.02.006](https://doi.org/10.1016/j.ijme.2019.02.006).
- Bhat, S., Antony, J., Gijo, E.V. and Cudney, E.A. (2020), "Lean Six Sigma for the healthcare sector: a multiple case study analysis from the Indian context", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 37 No. 1, pp. 90-111, doi: [10.1108/IJQRM-07-2018-0193](https://doi.org/10.1108/IJQRM-07-2018-0193).
- Carvalho, F., Santos, G. and Gonçalves, J. (2020), "Critical analysis of information about integrated management systems and environmental policy on the Portuguese firms' website, towards sustainable development", *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, Vol. 27 No. 2, pp. 1069-1088, doi: [10.1002/csr.1866](https://doi.org/10.1002/csr.1866).
- Costa, L.B.M., Godinho Filho, M., Fredendall, L.D. and Gómez Paredes, F.J. (2018), "Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: a systematic literature review", *Trends in Food Science and Technology*, Elsevier, Vol. 82, April, pp. 122-133, doi: [10.1016/j.tifs.2018.10.002](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002).
- Demir, E. and Turan, H. (2021), "An integrated spherical fuzzy AHP multi-criteria method for Covid-19 crisis management in regarding lean six sigma", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 12 No. 4, pp. 859-885, doi: [10.1108/IJLSS-11-2020-0183](https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2020-0183).
- Doshi, J. and Desai, D. (2017), "Application of failure mode & effect analysis (FMEA) for continuous quality improvement - multiple case studies in automobile SMEs", *International Journal for Quality Research*, Vol. 11 No. 2, pp. 345-360, doi: [10.18421/IJQR11.02-07](https://doi.org/10.18421/IJQR11.02-07).
- Elo, S. and Kyngäs, H. (2008), "The qualitative content analysis process", *Journal of Advanced Nursing*, Vol. 62 No. 1, pp. 107-115, doi: [10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x).
- Esposito, B., Sessa, M.R., Sica, D. and Malandrino, O. (2021), "Exploring corporate social responsibility in the Italian wine sector through websites", *The TQM Journal*, Vol. 33 No. 7, pp. 222-252, doi: [10.1108/TQM-11-2020-0264](https://doi.org/10.1108/TQM-11-2020-0264).
- Fávero, L.P.L., Belfiore, P.P., Silva, F.L. and Chan, B.L. (2009), *Análise de Dados: Modelagem Multivariada Para Tomada de Decisões*, Elsevier, Rio de Janeiro, RJ.
- Flor Vallejo, V., Antony, J., Douglas, J.A., Alexander, P. and Sony, M. (2020), "Development of a roadmap for lean six sigma implementation and sustainability in a Scottish packing company", *TQM Journal*, Vol. 32 No. 6, pp. 1263-1284, doi: [10.1108/TQM-02-2020-0036](https://doi.org/10.1108/TQM-02-2020-0036).
- Fonseca Amorim, G., Balestrassi, P.P., Sawhney, R., de Oliveira-Abans, M. and Ferreira da Silva, D.L. (2018), "Six Sigma learning evaluation model using Bloom's Taxonomy", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 9 No. 1, pp. 156-174, doi: [10.1108/IJLSS-01-2017-0006](https://doi.org/10.1108/IJLSS-01-2017-0006).

- Fornaciari, C.J. and Lund Dean, K. (2014), "The 21st-century syllabus: from pedagogy to andragogy", *Journal of Management Education*, Vol. 38 No. 5, pp. 701-723, doi: [10.1177/1052562913504763](https://doi.org/10.1177/1052562913504763).
- Gao, S., Qiao, R., Lim, M.K., Li, C., Qu, Y. and Xia, L. (2021), "Integrating corporate website information into qualitative assessment for benchmarking green supply chain management practices for the chemical industry", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 311, p. 127590, doi: [10.1016/j.jclepro.2021.127590](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127590).
- Ghobakhloo, M. and Fathi, M. (2020), "Corporate survival in Industry 4.0 era: the enabling role of lean-digitized manufacturing", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 31 No. 1, pp. 1-30, doi: [10.1108/JMTM-11-2018-0417](https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2018-0417).
- Gijo, E.V., Antony, J. and Sunder, V.M. (2019), "Application of lean six sigma in IT support services – a case study", *TQM Journal*, Vol. 31 No. 3, pp. 417-435, doi: [10.1108/TQM-11-2018-0168](https://doi.org/10.1108/TQM-11-2018-0168).
- Gijo, E.V., Bhat, S., Antony, J. and Park, S.H. (2021), "Ten commandments for successful implementation of design for six sigma", *TQM Journal*, Vol. 33 No. 8, pp. 1666-1682, doi: [10.1108/TQM-01-2021-0014](https://doi.org/10.1108/TQM-01-2021-0014).
- Gorski, P.C. (2009), "What we're teaching teachers: an analysis of multicultural teacher education coursework syllabi", *Teaching and Teacher Education*, Vol. 25 No. 2, pp. 309-318, doi: [10.1016/j.tate.2008.07.008](https://doi.org/10.1016/j.tate.2008.07.008).
- Gutierrez Gutierrez, L., Barrales-Molina, V. and Tamayo-Torres, J. (2016), "The knowledge transfer process in six sigma subsidiary firms", *Total Quality Management and Business Excellence*, Vol. 27 Nos 5-6, pp. 613-627, doi: [10.1080/14783363.2015.1032237](https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1032237).
- Gutierrez-Gutierrez, L. and Leeuw, S.D. (2016), "Logistics services and lean six sigma implementation : a case study", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 7 No. 3, pp. 324-342, doi: [10.1108/IJLSS-05-2015-0019](https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2015-0019).
- Haerizadeh, M. and Sunder, V.M. (2019), "Impacts of lean six sigma on improving a higher education system: a case study", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 36 No. 6, pp. 983-998, doi: [10.1108/IJQR-07-2018-0198](https://doi.org/10.1108/IJQR-07-2018-0198).
- Hilton, R.J. and Sohal, A. (2012), "A conceptual model for the successful deployment of lean six sigma", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 29 No. 1, pp. 54-70, doi: [10.1108/02656711211190873](https://doi.org/10.1108/02656711211190873).
- International Association for Six Sigma Certification (2022), "Black belt lean six sigma body of knowledge", available at: <https://iascc.org/body-of-knowledge/black-belt-body-of-knowledge/>.
- Jenab, K., Wu, C. and Moslehpour, S. (2018), "Design for six sigma: a review", *Management Science Letters*, Vol. 8 No. 1, pp. 1-18, doi: [10.5267/j.msl.2017.11.001](https://doi.org/10.5267/j.msl.2017.11.001).
- John, B. and Kadadevaramath, R.S. (2020), "Improving the resolution time performance of an application support process using Six Sigma methodology", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 11 No. 4, pp. 663-686, doi: [10.1108/IJLSS-10-2018-0108](https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2018-0108).
- Kaur, M., Singh, K. and Singh Ahuja, I. (2013), "An evaluation of the synergic implementation of TQM and TPM paradigms on business performance", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 62 No. 1, pp. 66-84, doi: [10.1108/17410401311285309](https://doi.org/10.1108/17410401311285309).
- Kodwani, A.D. and Prashar, S. (2021), "Influence of individual characteristics, training design and environmental factors on training transfer: a study using hierarchical regression", *Evidence-Based HRM*, Vol. 9 No. 4, pp. 354-373, doi: [10.1108/EBHRM-09-2019-0085](https://doi.org/10.1108/EBHRM-09-2019-0085).
- Kumar Sharma, R. and Gopal Sharma, R. (2014), "Integrating six sigma culture and TPM framework to improve manufacturing performance in SMEs", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 30 No. 5, pp. 745-765, doi: [10.1002/qre.1525](https://doi.org/10.1002/qre.1525).
- Laureani, A. and Antony, J. (2011), "Standards for lean six sigma certification", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 61 No. 1, pp. 110-120, doi: [10.1108/17410401211188560](https://doi.org/10.1108/17410401211188560).
- Laureani, A. and Antony, J. (2018), "Leadership—a critical success factor for the effective implementation of Lean Six Sigma", *Total Quality Management and Business Excellence*, Vol. 29 Nos 5-6, pp. 502-523, doi: [10.1080/14783363.2016.1211480](https://doi.org/10.1080/14783363.2016.1211480).

- Laureani, A., Antony, J. and Douglas, A. (2010), "Lean six sigma in a call centre: a case study", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 59 No. 8, pp. 757-768, doi: [10.1108/17410401011089454](https://doi.org/10.1108/17410401011089454).
- Lean Six Sigma Institute (2022), "Lean six sigma certification training", available at: <https://leansixsigmainstitute.org/lean-six-sigma-certification-training/>.
- Maleyeff, J., Arnheiter, E.A. and Venkateswaran, V. (2012), "The continuing evolution of lean six sigma", *TQM Journal*, Vol. 24 No. 6, pp. 542-555, doi: [10.1108/17542731211270106](https://doi.org/10.1108/17542731211270106).
- Malhotra, N.K. (2012), *Marketing Research*, Bookman, Porto Alegre.
- McLean, R.S., Antony, J. and Dahlgaard, J.J. (2017), "Failure of Continuous Improvement initiatives in manufacturing environments: a systematic review of the evidence", *Total Quality Management and Business Excellence*, Vol. 28 Nos 3-4, pp. 219-237, doi: [10.1080/14783363.2015.1063414](https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1063414).
- McNally, J.J., Piperopoulos, P., Welsh, D.H.B., Mengel, T., Tantawy, M. and Papageorgiadis, N. (2020), "From pedagogy to andragogy: assessing the impact of social entrepreneurship course syllabi on the Millennial learner", *Journal of Small Business Management*, Vol. 58 No. 5, pp. 871-892, doi: [10.1080/00472778.2019.1677059](https://doi.org/10.1080/00472778.2019.1677059).
- Mitra, A. (2004), "Six sigma education: a critical role for academia", *TQM Magazine*, Vol. 16 No. 4, pp. 293-302, doi: [10.1108/09544780410541963](https://doi.org/10.1108/09544780410541963).
- Mueller, P.S. and Cross, J.A. (2020), "Factors impacting individual Six Sigma adoption", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 11 No. 1, pp. 57-83, doi: [10.1108/IJLSS-04-2018-0040](https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2018-0040).
- Muganyi, P., Madanhire, I. and Mbohwa, C. (2019), "Business survival and market performance through lean six sigma in the chemical manufacturing industry", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 10 No. 2, pp. 566-600, doi: [10.1108/IJLSS-06-2017-0064](https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2017-0064).
- Muraliraj, J., Zailani, S., Kuppusamy, S. and Santha, C. (2018), "Annotated methodological review of lean six sigma", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 9 No. 1, pp. 2-49, doi: [10.1108/IJLSS-04-2017-0028](https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2017-0028).
- Murmura, F., Bravi, L., Musso, F. and Mosciszko, A. (2021), "Lean six sigma for the improvement of company processes: the Schnell S.p.A. case study", *TQM Journal*, Vol. 33 No. 7, pp. 351-376, doi: [10.1108/TQM-06-2021-0196](https://doi.org/10.1108/TQM-06-2021-0196).
- Mustapha, M.R., Abu Hasan, F. and Muda, M.S. (2019), "Lean six sigma implementation: multiple case studies in a developing country", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 10 No. 1, pp. 523-539, doi: [10.1108/IJLSS-08-2017-0096](https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2017-0096).
- Noronha, A., Bhat, S., Gijo, E.V., Antony, J. and Bhat, S. (2022), "Application of lean six sigma in conservative dentistry: an action research at an Indian dental college", *TQM Journal*, Vol. 34 No. 4, pp. 675-700, doi: [10.1108/TQM-03-2021-0078](https://doi.org/10.1108/TQM-03-2021-0078).
- O'Reilly, S.J., Healy, J., Murphy, T. and Ó'Dubhghaill, R. (2019), "Lean six sigma in higher education institutes: an Irish case study", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 10 No. 4, pp. 948-974, doi: [10.1108/IJLSS-08-2018-0088](https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2018-0088).
- Parkes, J. and Harris, M.B. (2002), "The purposes of a syllabus", *College Teaching*, Vol. 50 No. 2, pp. 55-61, doi: [10.1080/87567550209595875](https://doi.org/10.1080/87567550209595875).
- Patel, A.S. and Patel, K.M. (2020), "Critical review of literature on lean six sigma methodology", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 12 No. 3, pp. 627-674, doi: [10.1108/IJLSS-04-2020-0043](https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2020-0043).
- Pathiratne, S.U., Khatibi, A. and Johar, M.G. (2018), "CSFs for six sigma in service and manufacturing companies: an insight on literature", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 9 No. 4, pp. 543-561, doi: [10.1108/IJLSS-08-2017-0092](https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2017-0092).
- Porfirio, R. and Salgado, T.M. (2022), "Business process prioritization criteria : a case study in the financial market", *RAUSP Management Journal*, Vol. 57 No. 1, pp. 35-48, doi: [10.1108/RAUSP-07-2020-0155](https://doi.org/10.1108/RAUSP-07-2020-0155).
- Praharsi, Y., Jami'in, M.A., Suhardjito, G. and Wee, H.M. (2021), "The application of lean six sigma and supply chain resilience in maritime industry during the era of COVID-19", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 12 No. 4, pp. 800-834, doi: [10.1108/IJLSS-11-2020-0196](https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2020-0196).

- Puram, P. and Gurumurthy, A. (2021), "Celebrating a decade of international journal of lean six sigma – a bibliometric analysis to uncover the 'as is' and 'to be' states", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 12 No. 6, pp. 1231-1259, doi: [10.1108/IJLSS-11-2020-0193](https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2020-0193).
- Ramori, K.A., Cudney, E.A., Elrod, C.C. and Antony, J. (2021), "Lean business models in healthcare: a systematic review", *Total Quality Management and Business Excellence*, Vol. 32 Nos 5-6, pp. 558-573, doi: [10.1080/14783363.2019.1601995](https://doi.org/10.1080/14783363.2019.1601995).
- Raval, S.J., Kant, R. and Shankar, R. (2021), "Analyzing the critical success factors influencing lean six sigma implementation: fuzzy DEMATEL approach", *Journal of Modelling in Management*, Vol. 16 No. 2, pp. 728-764, doi: [10.1108/JM2-07-2019-0155](https://doi.org/10.1108/JM2-07-2019-0155).
- Rodgers, B. and Antony, J. (2019), "Lean and six sigma practices in the public sector: a review", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 36 No. 3, pp. 437-455, doi: [10.1108/IJQRM-02-2018-0057](https://doi.org/10.1108/IJQRM-02-2018-0057).
- Scheller, A.C., Sousa-Zomer, T.T. and Cauchick-Miguel, P.A. (2021), "Lean Six Sigma in developing countries: evidence from a large Brazilian manufacturing firm", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 12 No. 1, pp. 3-22, doi: [10.1108/IJLSS-09-2016-0047](https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2016-0047).
- Singh, M. and Rathi, R. (2019), "A structured review of lean six sigma in various industrial sectors", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 10 No. 2, pp. 622-664, doi: [10.1108/IJLSS-03-2018-0018](https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2018-0018).
- Sisson, J.A. (2019), "Maturing the lean capability of front-line operations supervisors", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 10 No. 1, pp. 2-22, doi: [10.1108/IJLSS-02-2017-0016](https://doi.org/10.1108/IJLSS-02-2017-0016).
- Slattery, J.M. and Carlson, J.F. (2005), "Preparing an effective syllabus: current best practices", *College Teaching*, Vol. 53 No. 4, pp. 159-164, doi: [10.3200/CTCH.53.4.159-164](https://doi.org/10.3200/CTCH.53.4.159-164).
- Sony, M., Naik, S. and Therisa, K.K. (2019), "Why do organizations discontinue lean six sigma initiatives?", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 36 No. 3, pp. 420-436, doi: [10.1108/IJQRM-03-2018-0066](https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2018-0066).
- Sreedharan, V.R., Gopikumar, G.V., Nair, S., Chakraborty, A. and Antony, J. (2018), "Assessment of critical failure factors (CFFs) of lean six sigma in real life scenario: evidence from manufacturing and service industries", *Benchmarking*, Vol. 25 No. 8, pp. 3320-3336, doi: [10.1108/BIJ-10-2017-0281](https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2017-0281).
- Sreedharan, R.V., Sunder, V.M., Madhavan, V. and Gurumurthy, A. (2020), "Development of lean six sigma training module: evidence from an emerging economy", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 37 No. 5, pp. 689-710, doi: [10.1108/IJQRM-08-2018-0209](https://doi.org/10.1108/IJQRM-08-2018-0209).
- Sunder, V.M. (2016), "Lean six sigma project management – a stakeholder management perspective", *The TQM Journal*, Vol. 28 No. 1, pp. 132-150, doi: [10.1108/TQM-09-2014-0070](https://doi.org/10.1108/TQM-09-2014-0070).
- Sunder, V.M. and Antony, J. (2018), "A conceptual Lean Six Sigma framework for quality excellence in higher education institutions", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 35 No. 4, pp. 857-874, doi: [10.1108/IJQRM-01-2017-0002](https://doi.org/10.1108/IJQRM-01-2017-0002).
- Sunder, V.M., Ganesh, L.S. and Marathe, R.R. (2018), "A morphological analysis of research literature on Lean Six Sigma for services", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 38 No. 1, pp. 149-182, doi: [10.1108/IJOPM-05-2016-0273](https://doi.org/10.1108/IJOPM-05-2016-0273).
- Sunder, V.M., Ganesh, L.S. and Marathe, R.R. (2019), "Lean six sigma in consumer banking – an empirical inquiry", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 36 No. 8, pp. 1345-1369, doi: [10.1108/IJQRM-01-2019-0012](https://doi.org/10.1108/IJQRM-01-2019-0012).
- Tavana, M., Shaabani, A. and Valaei, N. (2021), "An integrated fuzzy framework for analyzing barriers to the implementation of continuous improvement in manufacturing", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 38 No. 1, pp. 116-146, doi: [10.1108/IJQRM-06-2019-0196](https://doi.org/10.1108/IJQRM-06-2019-0196).
- Thomas, A., Antony, J., Haven-Tang, C., Francis, M. and Fisher, R. (2017), "Implementing lean six sigma into curriculum design and delivery – a case study in higher education", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 66 No. 5, pp. 577-597, doi: [10.1108/IJPPM-08-2016-0176](https://doi.org/10.1108/IJPPM-08-2016-0176).

-
- Trakulsunti, Y., Antony, J. and Douglas, J.A. (2021), "Lean six sigma implementation and sustainability roadmap for reducing medication errors in hospitals", *TQM Journal*, Vol. 33 No. 1, pp. 33-55, doi: [10.1108/TQM-03-2020-0063](https://doi.org/10.1108/TQM-03-2020-0063).
- Vaishnavi, V. and Suresh, M. (2020), "Modelling of readiness factors for the implementation of Lean Six Sigma in healthcare organizations", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 11 No. 4, pp. 597-633, doi: [10.1108/IJLSS-12-2017-0146](https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2017-0146).
- Walter, O.M.F.C. and Paladini, E.P. (2019), "Lean six sigma in Brazil: a literature review", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 10 No. 1, pp. 435-472, doi: [10.1108/IJLSS-09-2017-0103](https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2017-0103).
- Wickramasinghe, G.L.D. and Wickramasinghe, V. (2017), "Implementation of lean production practices and manufacturing performance: the role of lean duration", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 28 No. 4, pp. 531-550, doi: [10.1108/JMTM-08-2016-0112](https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2016-0112).
- Womack, J.P. and Jones, D.T. (1997), "Lean thinking—Banish waste and create wealth in your corporation", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 48 No. 11, p. 1148, doi: [10.1038/sj.jors.2600967](https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967).
- Wu, G. (2018), "Official websites as a tourism marketing medium: a contrastive analysis from the perspective of appraisal theory", *Journal of Destination Marketing and Management*, Vol. 10, pp. 164-171, doi: [10.1016/j.jdmm.2018.09.004](https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2018.09.004).
- Yadav, V., Jain, R., Mittal, M.L., Panwar, A. and Sharma, M.K. (2019), "An appraisal on barriers to implement lean in SMEs", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 30 No. 1, pp. 195-212, doi: [10.1108/JMTM-12-2017-0262](https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2017-0262).
- Zhang, A. (2016), "Lean and Six Sigma in logistics: a pilot survey study in Singapore", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 36 No. 11, pp. 1625-1643, doi: [10.1108/IJOPM-02-2015-0093](https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2015-0093).

Corresponding author

Tiago F.A.C. Sigahi can be contacted at: tiagosigahi@gmail.com

For instructions on how to order reprints of this article, please visit our website:

www.emeraldgrouppublishing.com/licensing/reprints.htm

Or contact us for further details: permissions@emeraldinsight.com

REFERÊNCIAS

AHMED, Selim; ABD MANAF, Noor Hazilah; ISLAM, Rafikul. Effects of Six Sigma initiatives in Malaysian private hospitals. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 10, n. 1, p. 44–57, 2019.

AHMED, Selim; ABD MANAF, Noor Hazilah; ISLAM, Rafikul. Measuring Lean Six Sigma and quality performance for healthcare organizations. **International Journal of Quality and Service Sciences**, v. 10, n. 3, p. 267–278, 2018.

AJMERA, Puneeta; JAIN, Vineet. A fuzzy interpretive structural modeling approach for evaluating the factors affecting lean implementation in Indian healthcare industry. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 11, n. 2, p. 376–397, 2019.

ALBLIWI, Saja Ahmed *et al.* Implementation of lean six sigma in Saudi Arabian organisations: Findings from a survey. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 34, n. 4, p. 508–529, 2017.

ALEXANDER, Paul; ANTONY, Jiju; RODGERS, Bryan. Lean Six Sigma for small- and medium-sized manufacturing enterprises: a systematic review. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 36, n. 3, p. 378–397, 2019.

ANDERSSON, Roy; PARDILLO-BAEZ, Yinef. The Six Sigma framework improves the awareness and management of supply-chain risk. **TQM Journal**, v. 32, n. 5, p. 1021–1037, 2020.

ANTONY, Jiju *et al.* A study into the pros and cons of ISO 18404: viewpoints from leading academics and practitioners. **TQM Journal**, v. 33, n. 8, p. 1845–1866, 2021.

ANTONY, Jiju *et al.* An evaluation into the limitations and emerging trends of Six Sigma: an empirical study. **TQM Journal**, v. 31, n. 2, p. 205–221, 2019.

ANTONY, Jiju *et al.* Global study into the pros and cons of ISO 18404: a convergent mixed method study and recommendations for further research. **International Journal of Quality and Reliability Management**, 2021.

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

ANTONY, Jiju. Six sigma for service processes. **Business Process Management Journal**, v. 12, n. 2, p. 234–248, 2006.

ANTONY, Jiju *et al.* Ten commandments of Lean Six Sigma: a practitioners' perspective. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 67, n. 6, p. 1033–1044, 2018.

ANTONY, Jiju; HOERL, Roger; SNEE, Ronald. An Overview of Lean Six Sigma*. **Lean Six Sigma in Higher Education**, Emerald Publishing Limited, n. November, p. 1–11, 2020.

ANTONY, Jiju; KARAMINAS, Harry. Critical assessment on the Six Sigma Black Belt roles/responsibilities, skills and training: A global empirical study. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 33, n. 5, p. 558–573, 2016.

ANTONY, Jiju; RODGERS, Bryan; CUDNEY, Elizabeth A. Lean Six Sigma for public sector organizations: is it a myth or reality?. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 34, n. 9, p. 1402–1411, 2017.

ANTONY, Jiju; SNEE, Ronald; HOERL, Roger. Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 34, n. 7, p. 1073–1093, 2017.

ARCIDIACONO, Gabriele; COSTANTINO, Nico; YANG, Kai. The AMSE Lean Six Sigma governance model. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 7, n. 3, p. 233–266, 2016.

ASQ, American Society for Quality. **Certified Six Sigma Black Belt Body of Knowledge**. Milwaukee, WI, 2015. Disponível em: https://asq.org/cert/resource/docs/2015/2015_CSSBB_BOK.pdf. .

BAILEY, Steven P *et al.* Six Sigma : A breakthrough strategy or just another fad?. **Quality Congress, Annual Quality Congress Proceedings**, p. 1–3, 2001.

BERSIMIS, S; PSARAKIS, S; PANARETOS, J. Control Charts : An Overview. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 23, n. November 2006, p. 517–543, 2007. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qre.829/abstract>.

BHAT, Shreeranga *et al.* Lean Six Sigma for the healthcare sector: a multiple case study analysis from the Indian context. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 37, n. 1, p. 90–111, 2020.

BICHENO, John; HOLWEG, Matthias. **The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation**. 4rd. ed. Buckingham: PICSIE Books, 2008.

CANONICO, Paolo *et al.* Visualizing knowledge for decision-making in Lean Production Development settings. Insights from the automotive industry. **Management Decision**, v. 60, n. 4, p. 1076–1094, 2022.

CHENG, Jung Lang. Linking Six Sigma to business strategy: An empirical study in Taiwan. **Measuring Business Excellence**, v. 17, n. 1, p. 22–32, 2013.

COOPER, Donald R; SCHINDLER, Pamela S. **Métodos De Pesquisa Em Administração**. 12. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. *E-book*. Disponível em: www.grupoa.com.br.

COSTA, Luana Bonome Message *et al.* Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 82, n. April, p. 122–133, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>.

DA SILVA, Fabio Francisco *et al.* Where to direct research in lean six sigma?: Bibliometric analysis, scientific gaps and trends on literature. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 9, n. 3, p. 324–350, 2018.

DEMIR, Ezgi; TURAN, Hakan. An integrated spherical fuzzy AHP multi-criteria method for Covid-19 crisis management in regarding lean six sigma. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 12, n. 4, p. 859–885, 2021.

E.V, Gijo; ANTONY, Jiju; SUNDER M, Vijaya. Application of Lean Six Sigma in IT support services – a case study. **TQM Journal**, v. 31, n. 3, p. 417–435, 2019.

ELO, Satu; KYNGÄS, Helvi. The qualitative content analysis process. **Journal of Advanced Nursing**, v. 62, n. 1, p. 107–115, 2008.

ESCRIG-OLMEDO, Elena *et al.* Methodology for Sustainable Development. [*s. l.*], v. 162, n. August 2015, p. 142–162, 2017.

FLOR VALLEJO, Verónica *et al.* Development of a roadmap for Lean Six Sigma implementation and sustainability in a Scottish packing company. **TQM Journal**, v. 32, n. 6, p. 1263–1284, 2020.

FONSECA AMORIM, Gabriela *et al.* Six Sigma learning evaluation model using Bloom's

Taxonomy. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 9, n. 1, p. 156–174, 2018.

FRANCISCO, Marta Gomes; CANGIOLIERI JUNIOR, Osiris; SANT'ANNA, Ângelo Márcio Oliveira. Design for six sigma integrated product development reference model through systematic review. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 11, n. 4, p. 767–795, 2020.

G. ECKES. **The Six Sigma Revolution: How General Electric and Others Turned Process into Profits**. [S. l.: s. n.], 2002-. ISSN 13683047.v. 6

GHOBAKHLOO, Morteza; FATHI, Masood. Corporate survival in Industry 4.0 era: the enabling role of lean-digitized manufacturing. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n. 1, p. 1–30, 2020.

GIJO, E. V. *et al.* Ten commandments for successful implementation of Design for Six Sigma. **TQM Journal**, v. 33, n. 8, p. 1666–1682, 2021.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GORSKI, Paul C. What we're teaching teachers: An analysis of multicultural teacher education coursework syllabi. **Teaching and Teacher Education**, v. 25, n. 2, p. 309–318, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tate.2008.07.008>.

GREMYR, Ida; FOUQUET, Jean Baptiste. Design for six sigma and lean product development. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 1, p. 45–58, 2012.

GUPTA, Vikash *et al.* Six-sigma application in tire-manufacturing company: a case study. **Journal of Industrial Engineering International**, v. 14, n. 3, p. 511–520, 2018.

GUTIERREZ-GUTIERREZ, Leopoldo; LEEUW, Sander De. Logistics services and Lean Six Sigma implementation : a case study. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 7, n. 3, p. 324–342, 2016.

HAERIZADEH, Milad; SUNDER M, Vijaya. Impacts of Lean Six Sigma on improving a higher education system: a case study. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 36, n. 6, p. 983–998, 2019.

HARRY, Mikel; SCHROEDER, Richard. **Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations** By Mikl J Harry and Richard Schroeder. **Soundview Executive Book Summaries**, v. 22 (Part 2, n. 11, p. 1–8, 2000.

HILTON, Roger John; SOHAL, Amrik. A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 29, n. 1, p. 54–70, 2012.

HINES, Peter; HOLWE, Matthias; RICH, Nick. Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 24, n. 10, p. 994–1011, 2004.

HOLWEG, Matthias. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, p. 420–437, 2007.

IASSC. **Body of Knowledge for Lean Six Sigma Black Belt**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://iassc.org/body-of-knowledge/black-belt-body-of-knowledge/>. Acesso em: 12 maio 2022.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANISATION. **ISO 18404:2015**. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/06/24/62405.html>.

JADHAV, Jagdish R.; MANTHA, Shankar S.; RANE, Santosh B. Exploring barriers in lean implementation. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 2, p. 122–148, 2014.

JENAB, Kouroush; WU, Cuibing; MOSLEHPOUR, Saeid. Design for six sigma: A review. **Management Science Letters**, v. 8, n. 1, p. 1–18, 2018.

JENICKE, Lawrence O.; KUMAR, Anil; HOLMES, Monica C. A framework for applying six sigma improvement methodology in an academic environment. **TQM Journal**, v. 20, n. 5, p. 453–462, 2008.

JOHN, Bobby; KADADEVARAMATH, Rajeshwar S. Improving the resolution time performance of an application support process using Six Sigma methodology. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 11, n. 4, p. 663–686, 2020.

KANE, Victor E. Useful paths for identifying Lean Six Sigma improvement opportunities. **International Journal of Quality and Reliability Management**, 2021.

KAUSHIK, Prabhakar *et al.* A case study: Application of Six Sigma methodology in a small and medium-sized manufacturing enterprise. **The TQM Journal**, v. 24, n. 1, p. 4–16, 2012.

KRAFICK, F. John. Triumph of the Lean Production System. **Sloan Management Review**, v. 30, n. 1, p. 41–52, 1988.

KUMAR, Pramod; SINGH, Dharmendra; BHAMU, Jaiprakash. Development and validation of DMAIC based framework for process improvement: a case study of Indian manufacturing organization. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 38, n. 9, p. 1964–1991, 2021.

LAUREANI, Alessandro; ANTONY, Jiju. Leadership—a critical success factor for the effective implementation of Lean Six Sigma. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 29, n. 5–6, p. 502–523, 2018.

LAUREANI, Alessandro; ANTONY, Jiju. Standards for Lean Six Sigma certification. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 61, n. 1, p. 110–120, 2011.

LIKER, Jeffrey K. **The Toyota Way 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**. New York, NY: McGraw-Hill, 2004-. ISSN 18783503.

LOUZADA, Paula de Santi *et al.* Critical analysis of Lean Six Sigma black belt certification courses offered in Brazil. **TQM Journal**, n. 307536, 2022.

LSS INSTITUTE. **Lean Six Sigma Black Belt Certification Training**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://lssi.academyofmine.net/course/lean-six-sigma-black-belt-certification-training/>. Acesso em: 12 maio 2022.

MAIA, L. C.; ALVES, a. C.; LEÃO, C. L. Metodologias Para Implementar Lean Production: Uma Revisão Crítica De Literatura. **CILME'2011**, p. 0915A, 2011.

MALEYEFF, John; ARNHEITER, Edward A.; VENKATESWARAN, Venkat. The continuing evolution of Lean Six Sigma. **TQM Journal**, v. 24, n. 6, p. 542–555, 2012.

MALHOTRA, Naresh. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 7.ed. Porto Alegre: Bookman, 2019.

MARTINS, Vitor William Batista *et al.* Resilience in the supply chain management: understanding critical aspects and how digital technologies can contribute to Brazilian companies in the COVID-19 context. **Modern Supply Chain Research and Applications**, v. 4, n. 1, p. 2–18, 2022.

MCDERMOTT, Olivia; ANTONY, Jiju; DOUGLAS, Jacqueline. Exploring the use of operational excellence methodologies in the era of COVID-19: perspectives from leading academics and practitioners. **TQM Journal**, v. 33, n. 8, p. 1647–1665, 2021.

MCLEAN, Richard S.; ANTONY, Jiju; DAHLGAARD, Jens J. Failure of Continuous Improvement initiatives in manufacturing environments: a systematic review of the evidence. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 28, n. 3–4, p. 219–237, 2017.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; DE CARVALHO, Marly Monteiro. Benchmarking Six Sigma implementation in services companies operating in an emerging economy. **Benchmarking**, v. 21, n. 1, p. 62–76, 2014.

MITRA, Amitava. Six sigma education: A critical role for academia. **TQM Magazine**, v. 16, n. 4, p. 293–302, 2004.

MONTGOMERY, Douglas C.; WOODALL, William H. An overview of six sigma. **International Statistical Review**, v. 76, n. 3, p. 329–346, 2008.

MOTIANI, Naresh N.; KULKARNI, Abhay. Leadership role in implementing Lean Six Sigma – a cross case analysis of KPO/BPO service organizations. **International Journal of Innovation Science**, v. 13, n. 3, p. 249–267, 2021.

MUELLER, Phillip S.; CROSS, Jennifer A. Factors impacting individual Six Sigma adoption. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 11, n. 1, p. 57–83, 2020.

MUGANYI, Peter; MADANHIRE, Ignatio; MBOHWA, Charles. Business survival and market performance through Lean Six Sigma in the chemical manufacturing industry. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 10, n. 2, p. 566–600, 2019.

MUNTEAN, George-Adrian; PROSTEAN, Gabriela. Special Characteristics in FMEA Analysis. *In:* , 2019. (Soliman, KS, Org.) **VISION 2025: EDUCATION EXCELLENCE AND MANAGEMENT OF INNOVATIONS THROUGH SUSTAINABLE ECONOMIC COMPETITIVE ADVANTAGE**. [*S. l.: s. n.*], 2019. p. 11779–11788.

MURALIRAJ, J. *et al.* Annotated methodological review of Lean Six Sigma. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 9, n. 1, p. 2–49, 2018.

MURMURA, Federica *et al.* Lean Six Sigma for the improvement of company processes: the Schnell S.p.A. case study. **TQM Journal**, v. 33, n. 7, p. 351–376, 2021.

MUSTAPHA, Mohamad Reeduan; ABU HASAN, Fauziah; MUDA, Mohd Shaladdin. Lean Six Sigma implementation: multiple case studies in a developing country. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 10, n. 1, p. 523–539, 2019.

NORONHA, Ajay *et al.* Application of Lean Six Sigma in conservative dentistry: an action research at an Indian dental college. **TQM Journal**, 2021.

O'REILLY, Seamus J. *et al.* Lean Six Sigma in higher education institutes: an Irish case study. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 10, n. 4, p. 948–974, 2019.

OHNO, Taiichi. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production**. New York: Productivity Press, 1988.

OSBORNE, Jonathan *et al.* What “ideas-about-science” should be taught in school science? A delphi study of the expert community. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 7, p. 692–720, 2003.

PARKES, J; HARRIS, M.B. Purposes of a Syllabus. **College Teaching**, v. 50, n. 2, p. 55–61, 2002.

PATEL, Anand S.; PATEL, Kaushik M. Critical review of literature on Lean Six Sigma methodology. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 12, n. 3, p. 627–674, 2020.

PETER S. PANDE, ROBERT P. NEUMAN, Roland R. Cavanagh. **The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance**. New York, NY: McGraw-Hill, 2000. *E-book*. Disponível em: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>.

PETTERSEN, Jostein. Defining lean production: Some conceptual and practical issues. **TQM Journal**, v. 21, n. 2, p. 127–142, 2009.

POLIT, Denise; BECK, Cheryl Tatano. **Nursing Research. Principles and Methods**. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.

PORFÍRIO, Robson *et al.* Business process prioritization criteria : a case study in the financial market. **RAUSP Management Journal**, v. 57, n. 1, p. 35–48, 2022.

POWELL, Daryl *et al.* Lean Six Sigma and environmental sustainability: the case of a Norwegian dairy producer. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 8, n. 1, p. 53–64,

2017.

PRAHARSI, Yugowati *et al.* The application of Lean Six Sigma and supply chain resilience in maritime industry during the era of COVID-19. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 12, n. 4, p. 800–834, 2021.

PURAM, Praveen; GURUMURTHY, Anand. Celebrating a decade of International Journal of Lean Six Sigma – a bibliometric analysis to uncover the “as is” and “to be” states. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 12, n. 6, p. 1231–1259, 2021.

RAJA SREEDHARAN, V.; RAJU, R. A systematic literature review of Lean Six Sigma in different industries. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 7, n. 4, p. 430–466, 2016.

RAMIRES, Francisco; SAMPAIO, Paulo. Process mining and lean six sigma: a novel approach to analyze the supply chain quality of a hospital. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2021.

RATHS, James *et al.* **A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom’s Taxonomy of Educational Objectives**. 1^aed. [S. l.: s. n.], 2000.

RAVAL, Shruti J.; KANT, Ravi; SHANKAR, Ravi. Analyzing the critical success factors influencing Lean Six Sigma implementation: fuzzy DEMATEL approach. **Journal of Modelling in Management**, v. 16, n. 2, p. 728–764, 2021.

RAVAL, Shruti J.; KANT, Ravi; SHANKAR, Ravi. Benchmarking the Lean Six Sigma performance measures: a balanced score card approach. **Benchmarking**, v. 26, n. 6, p. 1921–1947, 2019.

RODGERS, Bryan; ANTONY, Jiju. Lean and Six Sigma practices in the public sector: a review. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 36, n. 3, p. 437–455, 2019.

SALAH, Souraj; RAHIM, Abdur; CARRETERO, Juan A. The integration of Six Sigma and lean management. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 3, p. 249–274, 2010.

SHAH, Rachna; WARD, Peter T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 4, p. 785–805, 2007.

SHARMA, Sunil; CHETIYA, Anuradha R. An analysis of critical success factors for Six Sigma

implementation. **Asian Journal on Quality**, v. 13, n. 3, p. 294–308, 2012.

SILVA, Alexandre *et al.* A typology of urban speciality shops selling rural provenance food products – a contribution from Portugal. **British Food Journal**, v. 123, n. 12, p. 3902–3917, 2021.

SILVA, Edna L.; MUSZKAT, Estera M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4.ed. Florianópolis: UFSC, 2005-. ISSN 1517-9702. Disponível em: <http://www.mendeley.com/research/metodologia-da-pesquisa-e-elaborao-de-dissertao-4a-edio-revisada-e-atualizada/>.

SINGH, Mahipal; KUMAR, Pankaj; RATHI, Rajeev. Modelling the barriers of Lean Six Sigma for Indian micro-small medium enterprises: An ISM and MICMAC approach. **TQM Journal**, v. 31, n. 5, p. 673–695, 2019.

SINGH, Mahipal; RATHI, Rajeev. **A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors**. [S. l.: s. n.], 2019-. ISSN 20404174.v. 10

SISSON, Julie A. Maturing the lean capability of front-line operations supervisors. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 10, n. 1, p. 2–22, 2019.

SLATTERY, Jeanne M.; CARLSON, Janet F. Preparing An Effective Syllabus: Current Best Practices. **College Teaching**, v. 53, n. 4, p. 159–164, 2005.

SOKOVIĆ, Mirko *et al.* Basic quality tools in continuous improvement process. **Strojnicki Vestnik/Journal of Mechanical Engineering**, v. 55, n. 5, p. 1–9, 2009.

SONY, Michael; NAIK, Subhash; THERISA, K. K. Why do organizations discontinue Lean Six Sigma initiatives?. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 36, n. 3, p. 420–436, 2019.

SREEDHARAN, V. Raja *et al.* Assessment of critical failure factors (CFFs) of Lean Six Sigma in real life scenario: Evidence from manufacturing and service industries. **Benchmarking**, v. 25, n. 8, p. 3320–3336, 2018.

SREEDHARAN V, Raja *et al.* Development of Lean Six Sigma training module: evidence from an emerging economy. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 37, n. 5, p. 689–710, 2020.

SUNDER M, Vijaya; ANTONY, Jiju. A conceptual Lean Six Sigma framework for quality excellence in higher education institutions. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 35, n. 4, p. 857–874, 2018.

SUNDER M, Vijaya; GANESH, L. S.; MARATHE, Rahul R. Lean Six Sigma in consumer banking – an empirical inquiry. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 36, n. 8, p. 1345–1369, 2019.

TAVANA, Madjid; SHAABANI, Akram; VALAEI, Naser. An integrated fuzzy framework for analyzing barriers to the implementation of continuous improvement in manufacturing. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 38, n. 1, p. 116–146, 2021.

THOMAS, Andrew *et al.* Implementing Lean Six Sigma into curriculum design and delivery – a case study in higher education. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 66, n. 5, p. 577–597, 2017.

TORRES FILHO, Robledo de Almeida *et al.* Classification of pork quality by hierarchical cluster analysis. **British Food Journal**, v. 120, n. 7, p. 1446–1456, 2018.

TRAKULSUNTI, Yaifa; ANTONY, Jiju; DOUGLAS, Jacqueline Ann. Lean Six Sigma implementation and sustainability roadmap for reducing medication errors in hospitals. **TQM Journal**, v. 33, n. 1, p. 33–55, 2021.

VAISHNAVI, V.; SURESH, M. Modelling of readiness factors for the implementation of Lean Six Sigma in healthcare organizations. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 11, n. 4, p. 597–633, 2020.

WALTER, Olga Maria Formigoni Carvalho; PALADINI, Edson Pacheco. Lean Six Sigma in Brazil: a literature review. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 10, n. 1, p. 435–472, 2019.

WICKRAMASINGHE, G.L.D.; WICKRAMASINGHE, Vathsala. Implementation of lean production practices and manufacturing performance: The role of lean duration. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 28, n. 4, p. 531–550, 2017.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. **Journal of the Operational Research Society**, v. 48, n. 11, p. 1148–1148, 1997.

WOMACK, J P; JONES, D T. Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your

Corporation. **Journal of the Operational Research Society**, v. 48, n. 11, p. 1148–1148, 1997.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporati**. **Free Press**, New York, NY, 2003.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production**. New York, NY: Rawson Associates, 1990.

ZHANG, Abraham. Lean and Six Sigma in logistics : a pilot survey study in Singapore. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 36, n. 11, p. 1625–1643, 2016.

ANEXO A - Autorização de Publicação de ArtigoEMERALD PUBLISHING LIMITED LICENSE
TERMS AND CONDITIONS

Dec 11, 2022

This Agreement between School of Mechanical Engineering, State University of Campinas - - Paula Louzada ("You") and Emerald Publishing Limited ("Emerald Publishing Limited") consists of your license details and the terms and conditions provided by Emerald Publishing Limited and Copyright Clearance Center.

License Number	5446120133800
License date	Dec 11, 2022
Licensed Content Publisher	Emerald Publishing Limited
Licensed Content Publication	The TQM Journal
Licensed Content Title	Critical analysis of Lean Six Sigma black belt certification courses offered in Brazil
Licensed Content Author	Paula de Santi Louzada, Tiago F.A.C. Sigahi, Gustavo Hermínio Salati Marcondes de Moraes, Izabela Simon Rampasso, Rosley Anholon, Jiju Antony, Elizabeth A. Cudney
Licensed Content Date	Oct 4, 2022
Licensed Content Volume	ahead-of-print
Licensed Content Issue	ahead-of-print
Type of Use	Dissertation/Thesis
Requestor type	Academic
Portion	Full article

Are you the author of
the requested content? Yes

Format Electronic

Geographic Rights World rights

Portion Full article

Will you be translating? No

Number of copies

Title Master

Institution name School of Mechanical Engineering, State University of Campinas

Expected presentation
date Feb 2023

Order reference number 1

School of Mechanical Engineering, State University of Campinas
R. Mendeleyev, 200

Requestor Location
Campinas, 13083-860
Brazil
Attn: School of Mechanical Engineering, State University of
Campinas

Publisher Tax ID GB 665359306

Total 0.00 USD

Terms and Conditions

TERMS AND CONDITIONS

1. The publisher for this copyrighted material is Emerald Publishing Limited. By clicking "accept" in connection with completing this licensing transaction, you agree that the

following terms and conditions apply to this transaction (along with the Billing and Payment terms and conditions established by Copyright Clearance Center, Inc. ("CCC"), at the time that you opened your RightsLink account and that are available at any time at <http://myaccount.copyright.com>).

2. Limited License. Publisher hereby grants to you a non-exclusive license to use this material. Licenses are for one-time use only with a maximum distribution equal to the number that you identified in the licensing process; any form of republication must be completed within 12 months from the date hereof (although copies prepared before then may be distributed thereafter).

3. Geographic Rights: Scope. Licenses may be exercised only in the geographic regions you identified in the licensing process.

4. Altering/Modifying Material: Not Permitted. You may not alter or modify the licensed material in any manner. For permission to translate the material into another language please contact permissions@emeraldinsight.com.

5. Reservation of Rights. Publisher reserves all rights not specifically granted in the combination of (i) the license details provided by you and accepted in the course of this licensing transaction, (ii) these terms and conditions and (iii) CCC's Billing and Payment terms and conditions.

6. License Contingent on Payment. While you may exercise the rights licensed immediately upon issuance of the license at the end of the licensing process for the transaction, provided that you have disclosed complete and accurate details of your proposed use, no license is finally effective unless and until full payment is received from you (either by publisher or by CCC) as provided in CCC's Billing and Payment terms and conditions. If full payment is not received on a timely basis, then any license preliminarily granted shall be deemed automatically revoked and shall be void as if never granted. Further, in the event that you breach any of these terms and conditions or any of CCC's Billing and Payment terms and conditions, the license is automatically revoked and shall be void as if never granted. Use of materials as described in a revoked license, as well as any use of the materials beyond the scope of an unrevoked license, may constitute copyright infringement and publisher reserves the right to take any and all action to protect its copyright in the materials.

7. Emerald always informs its authors of requests to republish their article. In the unlikely event that any author objects to the granting of the license to republish, Emerald reserves the right to revoke said license. The licensee will be informed and the license fee reimbursed within 10 working days.

8. Copyright notice: Disclaimer: You must include the following copyright and permission notice in connection with any reproduction of the licensed material and shall ensure that every published article gives due prominence on the title page to the original author/s, the journal title, volume, issue, page numbers and the copyright designation "© Emerald Publishing Limited all rights reserved."

9. Warranties: None. Publisher makes no representations or warranties with respect to the licensed material and adopts on its own behalf the limitations and disclaimers established by CCC on its behalf in its Billing and Payment terms and conditions for this licensing transaction.

10. Indemnity. You hereby indemnify and agree to hold harmless publisher and CCC, and their respective officers, directors, employees and agents, from and against any and all claims arising out of your use of the licensed material other than as specifically authorized pursuant to this license.

11. No Transfer of license. This license is personal to you and may not be sublicensed, assigned, or transferred by you to any other person without publisher's written permission.

12. No Amendment Except in Writing. This license may not be amended except in a writing signed by both parties (or, in the case of publisher, by CCC on publisher's behalf).

13. Objection to Contrary Terms: Publisher hereby objects to any terms contained in any purchase order, acknowledgment, check endorsement or other writing prepared by you, which terms are inconsistent with these terms and conditions or CCC's Billing and Payment terms and conditions. These terms and conditions, together with CCC's Billing and Payment terms and conditions (which are incorporated herein), comprise the entire agreement between you and publisher (and CCC) concerning this licensing transaction. In the event of any conflict between your obligations established by these terms and conditions and those established by CCC's Billing and Payment terms and conditions, these terms and conditions shall control.

14. Jurisdiction: This license transaction shall be governed by and construed in accordance with the laws of the United Kingdom. You hereby agree to submit to the jurisdiction of the courts located in the United Kingdom for purposes of resolving any disputes that may arise in connection with this licensing transaction.

15. Publisher (STM Signatory): Emerald is a signatory of the [STM Permission Guidelines](#). Where, as part of this licensing transaction, you have indicated that you/your publisher is part of the STM Permissions Guidelines (by selecting 'Publisher (STM Signatory)', you warrant that the information included in the request is accurate and complete. Emerald requires you to complete the RightsLink process to obtain your license as proof of permissions cleared. Reuses falling within the limits of the STM Permissions Guidelines will be subject to a zero-rated (no fee) license. As per the terms of the STM Permission Guidelines, any license granted will apply to all subsequent editions and editions in other languages. All licenses falling outside of the limits of the guidelines may be subject to a permissions fee.

16. Special Terms:

v 1.6

Questions? customercare@copyright.com or +1-855-239-3415 (toll free in the US) or +1-978-646-2777.
