



## PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PARA APRIMORAMENTO DO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE

**Fabio Alves Barbosa**

[fabioalvesbarbosa@ufgd.edu.br](mailto:fabioalvesbarbosa@ufgd.edu.br)  
Universidade Federal da Grande  
Dourados – UFGD, Dourados,  
Mato Grosso do Sul, Brasil.

**Walter Roberto Hernández  
Vergara**

[waltervergara@ufgd.edu.br](mailto:waltervergara@ufgd.edu.br)  
Universidad Nacional de Ingeniería  
– UNI, Lima, Peru  
Universidade Federal de Santa  
Catarina – UFSC, Florianópolis,  
Santa Catarina, Brasil.

**Juliana Suemi Yamanari**

[jusuemi@hotmail.com](mailto:jusuemi@hotmail.com)  
Universidade de São Paulo – USP,  
São Carlos, São Paulo, Brasil.

**Keylla Barboza Santos**

[keylla\\_bsantos@hotmail.com](mailto:keylla_bsantos@hotmail.com)  
Universidade Federal da Grande  
Dourados – UFGD, Dourados,  
Mato Grosso do Sul, Brasil.

### RESUMO

A pesquisa propõe uma sistemática de aprimoramento de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) em pequenas e médias indústrias através da aplicação das metodologias Seis Sigma (SS) e Lean Six Sigma (LSS). Como objetivo principal da pesquisa, tem-se o desenvolvimento de um modelo de referência inédito que visa a redução da variabilidade dos recursos restritivos, diminuição de perdas, ineficiências e desperdícios, otimização do trade-off custo-qualidade dos produtos e processos, além da consolidação do conceito de Indústria 4.0. Os componentes metodológicos contemplam a pesquisa bibliográfica, descritiva, tecnológica e qualitativa. O modelo proposto, na sinergia entre Produção Enxuta e Seis Sigma, robustece e prolonga a longevidade de um sistema da qualidade industrial já existente através de ciclos de aprimoramento contínuo (*kaizen*) realizados com base em três grandes conjuntos de atividades orientativas e sequenciais, de modo a estabelecer a *lean quality* como apoio estratégico por toda a rede de operações.

**Palavras-chave:** Sistema de gestão da qualidade; Seis Sigma; Lean Six Sigma; Pequenas e médias indústrias.



## 1. INTRODUÇÃO

A relação direta entre competitividade está atrelada ao desenvolvimento de novas metodologias e estruturas voltadas ao gerenciamento, além do aprimoramento da manufatura e organização industrial (Schumpeter; Mcdaniel, 2009). O poder de competição de uma indústria depende de contínuos aprimoramentos dos níveis de produtividade, qualidade e eficiência em todos os processos produtivos, sendo que a implantação, estruturação e aprimoramento dos Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) são primordiais para se atingir consistência no atendimento dos requisitos do cliente (Anholon *et al.*, 2018).

Goetsch e Davis (2015) e Martínez-Costa *et al.* (2009) argumentam que um sistema de qualidade representa o marco inicial para se estabelecer um sistema de negócio orientado para a qualidade, além de construir uma vantagem competitiva sustentável, estimulando a melhoria contínua das operações e lucratividade. Os referidos autores colocam que o SGQ possibilita reduções graduais e permanentes nos custos de produção, aperfeiçoando inclusive o desempenho comercial e participação no mercado.

Conforme Ohler e Polt (1995), as Pequenas e Médias Indústrias (PMI) necessitam de modelos facilitadores para implantação e contínuo aprimoramento de sistemas de qualidade, como forma de aperfeiçoar o desenvolvimento de produtos, gestão das operações e atividades de apoio – como manutenção industrial, engenharia do processo, projeto de fábrica e disponibilização do produto aos consumidores finais. Para Muller *et al.* (2016), as PMI possuem grande capacidade para disseminar inovações e estimular o crescimento regional, pois são detentoras de estruturas muito flexíveis e adaptáveis ao ambiente externo, além de serem grandes geradoras de empregos em países em desenvolvimento.

Preferencialmente, as PMI necessitam compreender que os sistemas de qualidade asseguram a conformidade dos produtos, fazendo com que os padrões de desempenho operacionais sejam continuamente melhorados para atender aos requisitos do cliente (Kakouris; Sfakianaki, 2018). Desse modo, o SGQ representaria uma oportunidade para que estas indústrias planejem e concebam um arranjo organizacional fundamentado nos princípios da qualidade total e na abordagem de melhoria contínua dos processos.

Assim, o problema de pesquisa está relacionado com a dificuldade inerente à maioria das PMI em executar, de modo sistemático e seguro, projetos de implantação (e posterior a consolidação) de sistemas de qualidade. Já o objetivo geral do estudo foi desenvolver um modelo de referência para suplantiar o processo de aperfeiçoamento passo a passo de um sistema da qualidade já estruturado, por meio da utilização das metodologias Seis Sigma

(SS) e *Lean Six Sigma* (LSS), sendo que os objetivos específicos associados foram:

- Realizar pesquisa bibliográfica em bases internacionais sobre os temas correlatos à construção do modelo de referência proposto para aperfeiçoamento de sistema da qualidade preexistente;
- Desenvolver um modelo referencial composto por conjuntos de atividades orientativas para aprimoramento do sistema de qualidade de pequenas e médias indústrias.

Finalmente, como abordado na formulação da problemática da pesquisa, a relevância desse estudo esteve diretamente associada às dificuldades e limitações que a maioria das pequenas e médias indústrias brasileiras possuem em relação à execução de projetos de melhorias continuadas em seus sistemas de qualidade. Assim sendo, o desenvolvimento do modelo referencial aplicado (*guideline*), estruturado em etapas sequenciais e atividades orientativas, deve facilitar, sobremaneira, o processo de aprimoramento contínuo de sistemas de qualidade mais efetivos e sustentáveis no longo prazo, resultando em um aumento do poder de competição destas organizações.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### Sistema de gestão da qualidade

O conceito de sistema de qualidade estabelece políticas e objetivos, de modo a gerenciar responsabilidades e autoridades para manutenção e aprimoramento da qualidade de produtos e processos. Esse conceito pode ser considerado uma “arma competitiva”, reduzindo custos de produção, melhorando taxas de retrabalho, refugos e desperdícios, bem como atender necessidades dos consumidores finais, contribuindo para aumentar a lucratividade associada ao portfólio dos produtos comercializados (Bonato; Caten, 2015; ABNT, 2015).

O SGQ representa um modelo de gerenciamento sob a responsabilidade direta da alta direção que está embasado na identificação de requisitos do cliente, consistência de produtos e processos, além da melhoria contínua do sistema produtivo como um todo (incluindo fornecedores e distribuidores). Para Castillo-Peces *et al.* (2017), o objetivo do SGQ é padronizar procedimentos e processos, bem como reduzir ineficiências em todas as atividades presentes na cadeia de operações de uma empresa, aumentando o poder de competição.

Já Bacoup *et al.* (2018) e Ost e Silveira (2018), propõem que o objetivo de um sistema de qualidade é assegurar que



produtos (bens e/ou serviços) estejam sempre em conformidade com as especificações de engenharia, sendo que estas dependem primariamente da determinação dos requisitos do cliente – a efetividade do SGQ está associada a fatores críticos como estrutura administrativa, cultura organizacional e capacitação de funcionários. Portanto, a organização deve possuir programas intensivos de capacitação, participação em decisões, sistemas de informação adequados, revisão de políticas e procedimentos e sistemas de recompensa.

A estrutura de um SGQ focaliza a prevenção e detecção de defeitos em produtos e processos através da identificação/avaliação de necessidades e determinação do nível de satisfação dos clientes, qualificação de fornecedores, análise crítica de projetos, elaboração de procedimentos operacionais e rotinas de inspeção, bem como acompanhamento e controle da produção, capacitação de pessoal e manutenção/calibração de instrumentos de medição (Kumar *et al.*, 2018).

A implantação de um SGQ depende da elaboração de procedimentos de trabalho, métodos de produção, planejamento de sistemas de avaliação de produtos e processos e programas de aprimoramento da qualidade (inclusive de materiais recebidos de fornecedores). Dellana e Kros (2018) discorrem sobre a ligação entre sistema da qualidade e normas correlatas, destacando como benefícios principais a comunicação direta com os consumidores finais e potenciais clientes, conhecimento dos produtos e processos, redução de desperdícios, melhorias em custos, tempos ociosos, produtividade e qualidade.

Na mesma linha de raciocínio, Díaz e Martínez-Mediano (2018) defendem que a certificação normativa leva as organizações produtivas a implantarem sistemas de garantia da qualidade alinhados com o Gerenciamento da Qualidade Total (*Total Quality Management/TQM*), tomando os princípios presentes na norma ISO 9001:2015, que são resumidos em foco no cliente, liderança, engajamento das pessoas, abordagem de processo, melhoria, tomada de decisão baseada em evidência e gestão de relacionamento.

De acordo com a NBR ISO 9001:2008, a estrutura de um sistema de qualidade está alicerçada em cinco requisitos certificáveis, que podem ser assim explicados:

- Sistema de Gestão da Qualidade: estabelece os critérios para elaboração e manutenção do conjunto documental do SGQ, incluindo registros de todos os processos e atividades desenvolvidas;
- Responsabilidade da Direção: visa demonstrar o comprometimento da alta direção em liderar os esforços para garantir a qualidade através da implantação e funcionamento adequado do SGQ;
- Gestão de Recursos: direciona recursos para gerenciar a qualidade na organização (recursos físicos, humanos, infraestrutura e ambiente de trabalho);
- Realização do Produto: objetiva a avaliação das atividades ligadas à produção e a disponibilização dos produtos acabados, abrangendo o planejamento, relações com os clientes, desenvolvimento e projeto dos produtos, aquisição de materiais e manufatura e medição/monitoramento dos processos;
- Medição, Análise e Melhoria: estabelece critérios e recursos para mensurar os resultados dos processos relativos ao SGQ, em termos da satisfação dos clientes, conformidade de produtos e processos, bem como analisar criticamente os dados coletados, promover ações corretivas, preventivas e melhoria.

Com base na norma ISO 9001:2015, Fonseca (2015) defende que a abordagem de processo é essencial ao funcionamento de um SGQ estruturado, a partir de uma perspectiva de risco associada ao sistema de negócio, enfatizando o aprimoramento contínuo dos processos e produtos resultantes (bens e/ou serviços disponibilizados aos clientes). Portanto, a responsabilidade pelo gerenciamento dos processos está atrelada a todos os níveis organizacionais e se concentra nos princípios de tomada de decisão baseada em evidência, engajamento das pessoas e gestão de relacionamentos.

### Seis Sigma

O Programa Seis Sigma visa a obtenção de um nível de qualidade dos processos com probabilidade de não se produzir mais do que 3,4 Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO) e pode ser compreendido como a natural continuidade do TQM. Isso possibilita uma drástica redução de não conformidades com foco na produção, permitindo que a organização industrial atinja capacidade Sigma superior à qualidade tradicional, baseada em Controle Estatístico de Processo (CEP), através do uso de instrumentos estatísticos aprimorados, reduzindo custos de obtenção dos produtos e aumentando a produtividade, o que acarreta maior participação de mercado (Marques; Matthé, 2017; Desai *et al.*, 2012).

Conforme apontam Antony *et al.* (2017), o Seis Sigma (SS) é **uma metodologia para aperfeiçoar processos de negócio através da otimização simultânea do desempenho** e variabilidade das atividades chaves, levando à significativa diminuição de perdas, ineficiências e desperdícios, além de contribuir para aumentar a lucratividade das operações e promover a inovação. Nesse sentido, o Programa Seis Sigma está ligado ao conceito de Indústria 4.0 (autoaprendizagem de máquinas operatrizes modernas e uso de materiais inte-



ligentes), onde os processos de negócios devem se tornar cada vez mais inteligentes com a incorporação de muitos conhecimentos e tecnologias associados a este programa (Sony, 2018; Basios; Loucopoulos, 2017).

O SS possui como objetivo principal a busca, identificação, eliminação de não conformidades, falhas nos sistemas e/ou processos de negócios, onde o foco é priorizar o desempenho das etapas críticas importantes para a satisfação dos consumidores/usuários finais. Ainda, o SS permite reduzir a variabilidade exagerada dos processos críticos para agregar valor aos produtos, de forma a ajustá-los em relação ao valor nominal das especificações (centralização), tornando tais produtos mais robustos e confiáveis ao mercado consumidor (Suresh *et al.*, 2012).

Para a consolidação do TQM e realização de projetos SS em todas as áreas funcionais (e não somente na manufatura), Marzagão e Carvalho (2016) defendem uma estrutura organizacional peculiar composta por mentores, líderes de equipe, facilitadores e treinadores, que deve ser assim configurada:

- *Master Black Belt* – funcionário que detém o status de *Black Belt* por no mínimo cinco anos, recomendado pela alta direção da indústria, sendo mentor de aproximadamente cinco candidatos a *Black Belt* bem-sucedidos, possuindo grande competência técnica, gerencial e liderança de equipes, atuando integralmente em projetos corporativos;
- *Black Belt* – funcionário especializado no conjunto de métodos, técnicas e ferramentas Seis Sigma, atuante em uma área específica (engenharia, gerenciamento, qualidade ou finanças), bem como na prevenção/resolução de problemas ligados à redução de custos e melhoria da qualidade, devendo ter habilidades de liderança e formação de equipes;
- *Green Belt* – funcionário devidamente capacitado no uso do conjunto instrumental Seis Sigma, que não necessita possuir habilidades de liderança, mas que auxilia a execução de projetos *black belt*.

O SS aborda o reprojetado e gerenciamento dos processos organizacionais, onde o *Define, Measure, Analyze, Improve and Control* (DMAIC) é um roteiro para projetos de melhoria de desempenho de processos, bens e/ou serviços já existentes (Marques; Matthé, 2017). Um projeto SS é executado através de fases e metas financeiras (otimização de custos e/ou lucro), sendo que o DMAIC é sua principal metodologia aliada a um conjunto instrumental estatístico e métodos comportamentais gerenciais para aprimorar os processos de negócio (Vrellas; Tsiotras, 2015). Já o *Define, Measure, Analyze, Design and Verify* (DMADV) é uma metodologia de

cinco fases que é a base de execução para o *Design For Six Sigma* (DFSS), sendo aplicado ao projeto de novos produtos e processos, sendo muito semelhante ao DMAIC (Aligula *et al.*, 2017).

O DFSS é um método para desenvolver novos produtos e/ou processos, atuando como roteiro para execução de projetos interativos (conjunto de atividades colaborativas entre pessoas e tecnologias). Desse modo, o DFSS é empregado no desenvolvimento e no projeto de novos produtos e processos para se atingir uma classe Sigma superior à 4,5 (Montgomery, 2013).

Liverani *et al.* (2019) e Gremyr e Fouquet (2012) argumentam que o DFSS se concentra no projeto de produtos e/ou processos que tenham necessidade de flexibilidade operacional (modelos variados), sem prejudicar as características de desempenho, confiabilidade e custos. Além de possuir enfoque na manufaturabilidade, confiabilidade e manutenibilidade e enaltecendo princípios do projeto robusto de Taguchi – diminuição da complexidade de produtos e processos, concentração de esforços nas fases iniciais de projeto e elaboração de mecanismos preventivos (*poka-yokes*). Assim, o DFSS transforma os requisitos funcionais oriundos da “voz do cliente” em requisitos técnicos e especificações do produto, chegando-se, então, às configurações do processo e, finalmente, obtendo-se um plano de controle para gerenciamento dos parâmetros críticos do novo projeto integrado produto-processo.

### Lean Six Sigma

O *Lean Six Sigma* (LSS) pode ser entendido como uma metodologia para otimização dos processos de negócios através da melhoria da qualidade de produtos e/ou processos, aumento de flexibilidade operacional, redução dos custos de produção e disponibilização dos produtos, de modo a se atingir níveis muito elevados de satisfação do cliente. O LSS combina instrumentos e princípios de dois métodos de otimização da produção já bastante consagrados, complementares e sinérgicos (Produção Enxuta e Seis Sigma). Isso assegura que problemas não solucionáveis através da aplicação dos métodos isolados, sejam abordados de modo mais amplo e consistente, favorecendo a execução de projetos de melhoria mais complexos (Raval *et al.*, 2018; Chugani *et al.*, 2017).

No ambiente industrial, Thomas *et al.* (2016) reforçam que a Produção Enxuta está direcionada à melhoria contínua dos processos em termos de fluxo de trabalho, eliminação de perdas e aumento de produtividade. Já o Seis Sigma busca reduzir drasticamente a variabilidade operacional, de modo a se atingir o conceito de “plena qualidade” nos produtos e, portanto, aperfeiçoar o nível de atendimento dispensado aos consumidores/usuários finais.



Para Mkhaimeir et al. (2017) e Karthi et al. (2011), a documentação do processo e os requisitos do sistema da qualidade são atendidos e melhorados através da aplicação do LSS, trazendo benefícios para indústrias de diferentes portes e setores de atuação – assim, no SGQ o LSS auxilia a implementação de processos melhorados e no cumprimento dos novos procedimentos operacionais. Gnanaraj et al. (2011) também defendem que a realização de projetos *Lean Six Sigma* em pequenas e médias empresas propicia aumento da competitividade e expansão dos negócios.

Já Moya et al. (2019) consideram como importantes fatores críticos de sucesso que devem ser observados na implantação do LSS:

- Seleção/gestão de fornecedores por meio de procedimentos colaborativos e padronizados;
- Realização dos requisitos do cliente através das atividades de desenvolvimento/projeto do produto;
- Liderança, comprometimento da alta direção, aporte financeiro, intensa capacitação funcional e incentivo do trabalho em equipe para facilitar a realização de projetos LSS;
- Cultura organizacional e planejamento dos projetos focados na melhoria contínua dos produtos e processos;
- Certificações normativas e experiência no uso do conjunto instrumental *Just-in-Time* e TQM em projetos de melhoria;
- Sistemas de medição do processo, gerenciamento de dados/informações (*base factual* para a tomada de decisões) e *know-how* na gestão de projetos.

Powell et al. (2017) comentam que a técnica de mapeamento do fluxo de valor associada à metodologia DMAIC adaptada para o LSS fornece uma importante base para a compreensão dos processos, sob o aspecto da identificação de estágios onde há desperdício de recursos de obtenção dos produtos (atividades desnecessárias que não adicionam valor).

Dentro da perspectiva do LSS, Duarte et al. (2012) argumentam que ocorre uma reengenharia de processos através do uso do DMAIC para reduzir variabilidade, desperdícios, ineficiências operacionais e improdutividades repetitivas. Esse procedimento reforça que o êxito do *Lean Six Sigma* depende da competência em identificar projetos prioritários que propiciam resultados robustos, mas que ao mesmo tempo, são executados através de conjunto instrumental enxuto, acarretando menor *leadtime*. Desse modo, as etapas de aplicação do LSS são:

- Definição do processo que deve ser aprimorado, iniciando com o mapeamento da cadeia de valor integral para delinear o processo de negócio, definindo indicadores de desempenho, melhores práticas e recursos de tecnologia;
- Caracterização do processo, onde é delimitada a estrutura e frequência de execução das atividades, mensuração de desempenho, grau de automação, valor adicionado ao cliente, determinação de custos e processos redundantes;
- Agrupamento de processos (*clustering*) e identificação de similaridades na execução das atividades, de modo a otimizar a execução do projeto de melhoria.

Por fim, com relação ao uso da metodologia LSS por PMI, Thomas et al. (2008) mencionam que as atividades de melhoria visam maior rentabilidade possível, recuperando rapidamente os gastos posteriormente à finalização do projeto, pois tais empresas normalmente não detêm condições financeiras para contratação de consultorias de apoio especializadas. Os autores também sugerem um modelo simplificado de aplicação do LSS baseado no CEP, *Quality Function Deployment* (QFD), Mapeamento do Fluxo de Valor, DMAIC, Método Taguchi, métodos estatísticos multivariados, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Housekeeping* (5S) e *Total Productive Maintenance* (TPM).

### 3. MÉTODO

A estrutura metodológica do presente trabalho possui características de pesquisa tecnológica, que tem como objetivo a produção de conhecimentos dirigidos à solução de problemas formulados no projeto de pesquisa para embasar a aplicação prática, que pode ser realizada a posteriori, podendo resultar em um plano de ação, roteiro ou proposta de intervenção que representa a base para realização de pesquisa-ação (Gil, 2017).

Já a abordagem metodológica do trabalho obedeceu à orientação de pesquisa qualitativa que, do ponto de vista da Engenharia, possibilita a compreensão de fundamentos e assuntos pertinentes ao objeto de estudo relacionado. Podendo ser exemplo as organizações, ambiente de negócios ou contexto competitivo. A vertente qualitativa também utiliza como fonte de dados/informações a literatura sobre dado tema, bem como a aplicação de métodos sistemáticos de busca de conhecimentos para apreciação crítica e síntese dos dados/informações selecionados (Bernardes et al., 2018).

A presente pesquisa seguiu embasamento descritivo que, conforme apontam Cauchick-Miguel (2019) e Ludwig (2015),



subentende a coleta de dados/informações para descrição detalhada de características do objeto de estudo e estabelecimento de correlações entre variáveis atreladas ao problema, buscando o aprofundamento do conhecimento através da explicação dos principais aspectos concernentes à exploração epistemológica.

Assim, o presente estudo se apoiou em pesquisas bibliográficas atualizadas, sendo que na visão de Severino (2018), esta modalidade representa o método de execução do estudo, compreendendo o procedimento metodológico fundamental para a produção do conhecimento científico, consistente na seleção de conhecimentos que tenham estreita relação com o problema de pesquisa. Lakatos e Marconi (2017) defendem que a pesquisa bibliográfica subsidia a produção de conhecimentos considerados insuficientes para o tratamento do objeto de estudo e que, dentre os materiais utilizados estão livros, verbetes de enciclopédia, revistas especializadas, portais de periódicos disponibilizados na *internet*, trabalhos de congressos, jornais e revistas especializadas, publicações técnicas avulsas, dissertações e teses.

Assim, as revisões sistêmicas da literatura, sob o aspecto da pesquisa qualitativa, possibilitam uma maior compreensão acerca do objeto de estudo, visando atender à questão central da pesquisa. Posteriormente, buscar-se-á artigos científicos e conceitos epistemologicamente correlacionados. Por sua vez, o método de execução da pesquisa (procedimentos) contempla dois passos assim definidos:

- Passo 1 – Levantamento bibliográfico sobre os temas de pesquisa (Sistema de Gestão da Qualidade, Seis Sigma e *Lean Six Sigma*);
- Passo 2 – Desenvolvimento do modelo de referência fundamentado no Seis Sigma e *Lean Six Sigma*, sendo composto por três conjuntos de atividades orientativas destinados ao aprimoramento do sistema de qualidade de PMI.

Por fim, o roteiro metodológico proposto, conciso e objetivo, foi aplicado ao presente estudo para facilitar a elaboração de modelo referencial inovador destinado a aperfeiçoar o desempenho de sistemas de gestão da qualidade em indústrias de pequeno e médio porte, roteiro este que possui natureza pragmática e cuja preocupação central foi auxiliar a execução da pesquisa.

#### 4. MODELO DE REFERÊNCIA PROPOSTO

O modelo de referência para implantação de sistemas de garantia da qualidade, baseado em CEP, para aplicação em pequenas e médias indústrias, está embasado nas seguintes considerações:

A qualidade de produtos e processos está fortemente associada nas necessidades, desejos e expectativas referentes aos consumidores/usuários finais (“voz do cliente”);

O sistema de qualidade possui uma relação de interdependência entre cultura organizacional (valores e comportamentos vinculados), qualidade instrumental (normas, ferramentas, técnicas e métodos), comprometimento/engajamento da força de trabalho nos processos produtivos e gerenciais (autocontrole);

O sistema de qualidade deve estar fundamentado em quatro pilares: Projeto do Produto, Projeto do Processo, Realização do Produto e Pós-Venda. Esses configuram o Tetraedro da Qualidade Total, que está ilustrado na Figura 1.

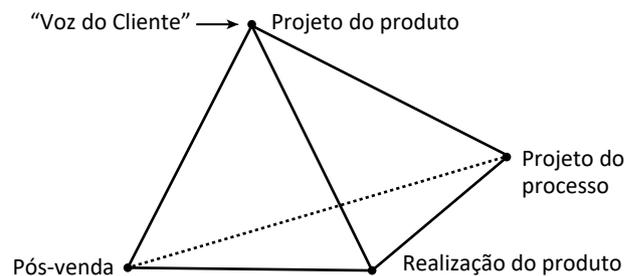


Figura 1. Tetraedro da Qualidade Total

Fonte: O(s) próprio(s) autor(es)

Conforme ilustrado na Figura 1, em um sistema de qualidade, o primeiro vértice (Projeto do Produto) pressupõe que a “voz do cliente” deve ser transformada em projeto documentado do produto acabado (produzido e comercializado). Já o vértice Projeto do Processo faz referência à elaboração de projeto técnico do processo produtivo completo que esteja em absoluta conformidade com o projeto do produto, como a aquisição de materiais, cadeia de operações e disponibilização dos produtos. O terceiro vértice (Realização do Produto) diz respeito a operacionalização do processo completo referente à cadeia produtiva projetada anteriormente (processos de aquisição de materiais, fabricação, montagem, manutenção, inspeção, vendas e disponibilização dos produtos aos clientes). Finalmente, o vértice Pós-Venda está relacionado aos processos de atendimento dos consumidores/usuários finais e assistência técnica para produtos em campo, representando o *closed-loop* da qualidade total que se iniciou (e também foi finalizada), com a preocupação de atender aos requisitos atrelados à “voz do cliente”.

O modelo de referência proposto está baseado em duas etapas sequenciais e integradas para melhoramento do desempenho do sistema da qualidade industrial, inicialmente assim descritas:

- Etapa 1 – Melhoramento do SGQ via Seis Sigma, que visa a execução de projetos de melhoria da qualida-



de para reduzir a variabilidade de produtos e processos críticos, como modo de formação da cultura, composição da estrutura *team belts* e conjunto instrumental concernente ao Programa Seis Sigma;

- Etapa 2 – Aperfeiçoamento do SGQ via *Lean Six Sigma*, que representa a base da melhoria contínua do sistema da qualidade através da utilização do Programa LSS, resultante da combinação entre Produção Enxuta e Seis Sigma, para otimização do *trade-off* custo-qualidade, referente aos parâmetros de desempenho de produtos e processos críticos (saúde e segurança do consumidor/usuário final, funcionamento confiável do produto e requisitos essenciais para satisfação do cliente).

Portanto, o modelo referencial proposto visa auxiliar projetos de melhoria em sistemas de qualidade preexistentes em indústrias de pequeno e médio porte que, como já comentado, possui duas etapas sequenciais e interdependentes. A primeira seqüência está relacionada à aplicação seletiva do conjunto instrumental Seis Sigma no sistema de negócio industrial. Ademais, a etapa subsequente está atrelada à realização de melhorias mais complexas em produtos e processos de grande relevância estratégica, considerando-se o paradoxo custo-qualidade adequadamente tratado dentro do Programa *Lean Six Sigma*.

### Etapa 1 – Melhoramento do SGQ via Seis Sigma

A Etapa 1 está voltada para a aplicação das metodologias DMAIC e DMADV, bem como a consolidação do DFSS, elementos alinhados ao conceito de Indústria 4.0. Deve-se, portanto, focalizar a realização de projetos de melhoria em produtos e/ou processos considerados fundamentais para a competitividade industrial – também, essa etapa contribui

com o desenvolvimento de novos produtos e/ou processos, facilitando a posterior otimização dos pontos críticos presentes na rede de operações do *Lean Six Sigma*.

Nesse sentido, na Etapa 1 foram elaborados dois blocos de atividades orientativas para melhoramento dos processos de negócios críticos, sendo que o primeiro está associado ao DMAIC (aprimoramento dos produtos e/ou processos críticos pré-existent). Já o segundo bloco diz respeito à utilização do DFSS/DMADV, para apoiar desenvolvimento de novos produtos e/ou processos, conforme ilustrado na Figura 2.

Partindo-se de um sistema de qualidade industrial consolidado, conforme conjunto instrumental de base estatística-quantitativa (CEP), certificado na NBR ISO 9001:2015 e/ou normas setoriais correlatas, são realizadas melhorias em produtos e/ou processos críticos com base no DMAIC, sendo que o primeiro bloco de atividades orientativas está assim configurado:

- Promover ciclos de capacitação funcional multinível para aplicação do conjunto instrumental concernente à aplicação do DMAIC;
- Constituir equipes conforme a lógica *team belts* e planejar atividades dos projetos DMAIC conforme *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK);
- Determinar características críticas da qualidade para o desempenho do produto (relacionadas aos requisitos do cliente), que devem ser a base para seleção/realização dos projetos Seis Sigma: (1) características relacionadas à saúde e segurança do consumidor/usuário final, (2) características associadas ao desempenho esperado do produto (integridade da função total) e (3) características inerentes à quali-

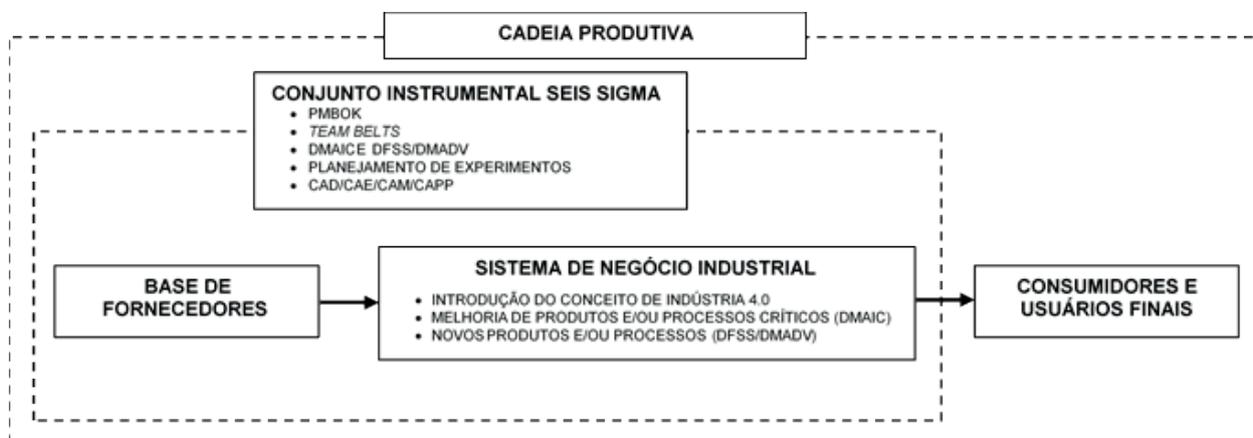


Figura 2. Estrutura lógica da Etapa 1 (Melhoramento do SGQ via Seis Sigma)

Fonte: O(s) próprio(s) autor(es)



dade em termos de funções secundárias e complementares do produto (requisitos importantes para satisfação do cliente);

- Realizar diagnóstico, mapeamento e caracterização do processo de produção para projetos Seis Sigma autorizados;
- Calibrar e aferir instrumentos de medição de “resolução Seis Sigma”;
- Executar coleta de dados/informações e posterior avaliação para identificação dos fatores que influenciam as características críticas mensuráveis da qualidade do produto e, posteriormente, delimitar parâmetros críticos de controle do processo referentes às mencionadas características da qualidade;
- Analisar dados/informações coletados para identificar causas que impactam os parâmetros críticos de controle do processo relativos às características críticas da qualidade;
- Avaliar e ordenar (priorizar) parâmetros críticos de controle do processo para realizar atividades ligadas ao Método Taguchi (Planejamento de Experimentos – *Design of Experiments/DOE*);
- Avaliar, segundo a lógica do Método Taguchi, o comportamento das características críticas da qualidade para o desempenho do produto através da experimentação do processo – realizar testes/ensaios planejados nos parâmetros críticos de controle do processo e analisar variações nas especificações das referidas características críticas;
- Elaborar, com base nos resultados da aplicação do Método Taguchi, modelos estatísticos e correlações para determinar o comportamento das características críticas da qualidade para o desempenho do produto;
- Reconfigurar intervalos de variação dos parâmetros críticos de controle do processo, estabelecendo novos parâmetros de controle otimizados (nova parametrização);
- Compor novo método melhorado para o processo (documentação do processo aprimorado);
- Proceder à capacitação funcional com base no novo método melhorado;
- Executar acompanhamento (*follow-up*) do processo para assegurar que os novos parâmetros críticos de

controle do processo sejam estabilizados e consolidados, garantindo que o novo método melhorado seja incorporado na rotina de trabalho;

- Elaborar relatório final do projeto de melhoria, registrar e arquivar lições aprendidas para consulta e apoio a novos projetos – que constitui a base da gestão do conhecimento associado ao Seis Sigma;
- Realizar auditorias periódicas no processo para verificar o cumprimento do novo método melhorado (consolidação dos resultados do projeto Seis Sigma).

Já para desenvolver novos produtos e/ou processos com base no DFSS/DMADV, o segundo bloco de atividades orientativas está organizado como se segue:

- Promover ciclos de capacitação funcional multinível para aplicação do conjunto instrumental concernente à aplicação do DFSS/DMADV;
- Constituir equipes conforme lógica *team belts* e realizar planejamento das atividades dos projetos DFSS/DMADV conforme PMBOK;
- Iniciar projetos Seis Sigma autorizados – realizar pesquisa de mercado para coleta de dados/informações para determinação dos requisitos do cliente e análise de viabilidade (comercial, técnica e econômica);
- Definir, a partir dos resultados da pesquisa de mercado, o escopo do produto, esboços iniciais (croquis), desenhos em *Computer Aided Design (CAD)* e funcionalidades;
- Usar Matriz QFD para determinação dos requisitos do produto e suas especificações/meta;
- Elaborar projeto executivo do produto, como modelagem conceitual, *Design For “X” (DFX)* e projeto detalhado em CAD 3D;
- Simular produto em *Computer Aided Engineering (CAE)*, através da lógica do ciclo iterativo: projetar, construir, testar, otimizar (nessa ordem) em ambiente computacional, até a aprovação do projeto detalhado do produto;
- Planejar processo produtivo industrial através do *Computer Aided Process Planning (CAPP)* para o produto aprovado;
- Converter projeto detalhado do produto (CAD 3D) em arquivos *Computer Aided Manufacturing (CAM)*, simulando a fabricação e a prototipagem rápida;



- Construir protótipo do produto – fabricar, por meio de prototipagem rápida através de CAM, todos os itens que compõem o produto, inclusive realizando a montagem final;
- Realizar testes/ensaios para aprovação do protótipo (homologação);
- Implantar processo produtivo industrial, produzir lote-piloto, proceder à certificação do produto e ajustar capacidade (*ramp-up*);
- Lançar produto, acompanhar desempenho do produto no mercado (*follow-up*), bem como executar melhorias no produto e/ou processo, caso necessário.

Por fim, a Etapa 1 do modelo referencial proposto (Melhoramento do SGQ via Seis Sigma) está apoiada em um guia de atividades voltadas à melhoria do sistema da qualidade em indústrias de pequeno e médio porte, propiciando, através da DMAIC e do DFSS/DMADV, a otimização dos produtos e/ou processos considerados críticos para o cliente e a introdução do conceito de Indústria 4.0. Desse modo, a realização da Etapa 1 é considerada essencial ao subsequente aprimoramento do sistema de qualidade industrial por meio do *Lean Six Sigma*, otimizando, simultaneamente, custos de produção e qualidade (Etapa 2), o que, de certo modo, representaria o atingimento do estágio de maturidade do SGQ.

## Etapa 2 – Aperfeiçoamento do SGQ via Lean Six Sigma

A Etapa 2 está fundamentada na utilização do Programa LSS, para intensificar os projetos de melhoria contínua do sistema de qualidade através da otimização do *trade-off* custo-qualidade de produtos e/ou processos Seis Sigma e, também, convencionais Três Sigma, favorecendo a consolidação do conceito de Indústria 4.0, conforme ilustrado na Figura 3. Portanto, deve-se realizar projetos *lean quality* para aprimorar, simultaneamente, tanto a qualidade total como os custos referentes ao sistema de negócio, de modo a potencializar ainda mais a competitividade industrial. Com relação à criticidade de produtos e/ou processos que devem ser aperfeiçoados nessa etapa, a mesma está atrelada às três características já definidas na Etapa 1: saúde e segurança do consumidor/usuário final, desempenho esperado do produto e requisitos para satisfação do cliente.

Dessa forma, na Etapa 2 foi elaborado um bloco único de atividades orientativas tanto para aperfeiçoar processos e/ou produtos com nível de qualidade Seis Sigma, como aprimorar aqueles convencionais relacionados ao SGQ preexistente (e que possuem nível de qualidade Três Sigma), de

acordo com a Figura 3. Considerando que o *Lean Six Sigma* é a fusão de dois programas já bastante difundidos no ambiente industrial (Produção Enxuta e Seis Sigma), ressalta-se que na Etapa 2, os processos e/ou produtos Seis Sigma devem ser otimizados a partir da aplicação praticamente integral do conjunto instrumental LSS; por sua vez, nessa mesma etapa, busca-se aprimorar processos e/ou produtos convencionais Três Sigma com base em ferramentas, técnicas e métodos da Produção Enxuta, priorizando reduções significativas dos custos operacionais, como exibido no rodapé da Figura 3.

A partir do pressuposto da existência de um sistema de qualidade industrial já consolidado, conforme explanado na Etapa 1, o bloco único de atividades orientativas para aplicação do LSS (Etapa 2) está configurado como se segue:

- Constituir equipes conforme a lógica *team belts* e realizar o planejamento dos projetos de melhoria *lean quality* conforme PMBOK para produtos e/ou processos Seis Sigma e convencionais Três Sigma;
- Promover ciclos de capacitação funcional multinível para aplicação do conjunto instrumental *Lean Six Sigma*;
- Analisar e selecionar produtos/processos que já foram melhorados através da aplicação do DMAIC-DFSS/DMADV (Etapa 1), bem como produtos/processos convencionais Três Sigma (relacionados ao sistema de qualidade preexistente);
- Conforme *team belt* definido para o projeto selecionado e com base na metodologia DMAIC, executar fase D (Definir) através das seguintes tarefas: avaliar ganhos esperados com projeto (benefícios financeiros); elaborar plano de ação completo para o projeto proposto; realizar mapeamento do processo; aprovar lista de definições iniciais do projeto através da metodologia de revisão de fase (*stage-gate*);
- Executar fase M (Mensurar), medindo parâmetros críticos de controle do processo com base nas principais características críticas de qualidade do produto, realizando as seguintes tarefas: elaborar mapeamento de fluxo de valor do produto para o estado atual do processo, estipulando pontos de medição; compor plano de mensuração dos parâmetros críticos de controle do processo; assegurar repetibilidade, reprodutibilidade e confiabilidade do sistema de medição; mensurar parâmetros críticos de controle do processo; organizar dados/informações coletados; aprovar conjunto dos dados/informações organizados através da metodologia de revisão de fase (*stage-gate*);

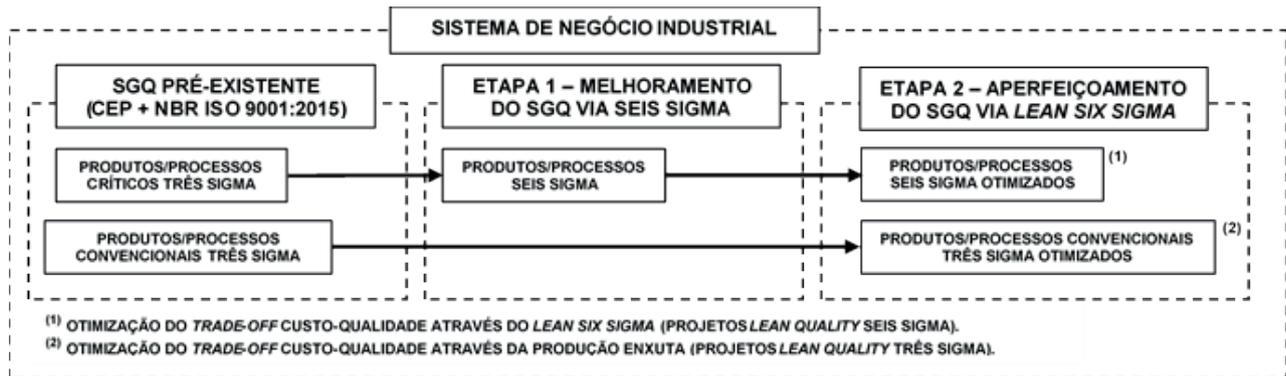


Figura 3. Estrutura lógica da Etapa 2 (Aperfeiçoamento do SGQ via Lean Six Sigma).

Fonte: O(s) próprio(s) autor(es)

- Executar fase A (Analisar), realizando o tratamento dos dados/informações referentes ao processo, com base nas seguintes tarefas: analisar conjunto dos dados/informações aprovados na fase M; atualizar o mapa do fluxo de valor do produto com base nos dados/informações aprovados; proceder análise de valor de todas as atividades que perfazem o processo de negócio a ser melhorado; avaliar fluxo/desempenho do processo através da identificação das restrições ao atendimento da demanda dos produtos; determinar/validar as causas-raiz referentes aos recursos restritivos críticos identificados no processo; aprovar conjunto de causas-raiz analisadas/validadas através da metodologia de revisão de fase (*stage-gate*);
  - Executar fase I (Melhorar), efetuando os aperfeiçoamentos nos processos a partir de ações corretivas/preventivas para bloquear e eliminar as causas-raiz presentes nos processos (incrementando os desempenhos dos processos), com base nas seguintes tarefas: relacionar os conjuntos instrumentais LSS (para produtos e/ou processos já melhorados na Etapa 1) e Produção Enxuta (para produtos e/ou processos convencionais referentes ao SGQ pré-existente) que devem ser empregados para tratar as causas-raiz identificadas; elaborar mapeamento do fluxo de valor para o estado futuro; realizar mudanças necessárias no processo utilizando conjunto instrumental do LSS e/ou da Produção Enxuta para otimização do processo segundo o escopo do projeto *lean quality*; implementar as soluções otimizadas e verificar resultados obtidos comparativamente aos objetivos/metapas do projeto; preparar documentação dos processos otimizados críticos Seis Sigma e/ou convencionais Três Sigma; disseminar melhorias obtidas com o projeto *lean quality* para outros processos similares em uma escala ampliada (ciclo de melhorias contínuas); aprovar conjunto das melhorias realizadas através da metodologia de revisão de fase (*stage-gate*);
  - Executar fase C (Controlar), que pressupõe a consolidação dos aperfeiçoamentos introduzidos nos processos, com base nas seguintes tarefas: desenvolver procedimentos operacionais e instruções normativas documentadas para execução das atividades que constituem os processos otimizados (projeto *lean quality* inicial e processos similares); com base nos procedimentos e instruções normativas desenvolvidos, realizar ciclos de capacitação/treinamento funcional para consolidar melhorias obtidas na rotina de trabalho; elaborar planos de controle e rastreabilidade para os processos otimizados de modo a permitir que o responsável pelo projeto *lean quality* (normalmente um *Master Black Belt*) exerça monitoramento pós-implementação das melhorias em escala industrial; executar *follow-up* dos processos otimizados para assegurar o desempenho com base nos novos valores dos parâmetros críticos de controle; realizar auditoria para verificar a consolidação dos aperfeiçoamentos introduzidos nos processos otimizados; finalizar projeto *lean quality*, calculando/documentando ganhos financeiros e comunicando resultados à alta direção da organização industrial; aprovar o relatório final do projeto *lean quality* através da metodologia de revisão de fase (*stage-gate*).
- Assim, a Etapa 2 do modelo referencial proposto (Aperfeiçoamento do SGQ via *Lean Six Sigma*) visa prolongar a longevidade do sistema da qualidade industrial, sendo que os custos associados aos produtos e/ou processos ainda necessitem de melhoria do *trade-off* custo-qualidade para auxiliar na consolidação do conceito de Indústria 4.0. Finalmente, a utilização do LSS para aperfeiçoamento do sistema de qualidade de pequenas e médias indústrias, proposto através da execução dos projetos *lean quality*, dentro do sistema de negócio industrial, é fundamental para perpetuar a qualida-



de total como arma estratégica de imprescindível relevância competitiva.

## 5. CONCLUSÃO

A competitividade industrial está ligada à adequada compreensão e abordagem gerencial do *trade-off* entre custo, qualidade e inovação em produtos e processos, que, nesse sentido, dependem de programas voltados ao melhoramento contínuo e uso de modelos de otimização baseados em melhores práticas industriais. A preocupação com a construção de vantagens competitivas leva as indústrias a aperfeiçoarem constantemente o desempenho do sistema de produção, através de projetos voltados à otimização do gerenciamento de qualidade, de modo a reduzir custos operacionais e melhorar a performance do negócio. Isso permite maximizar o valor agregado de bens e/ou serviços através de esforços para atender aos requisitos do cliente.

Estrategicamente, nas indústrias de pequeno e médio porte, a melhoria do desempenho organizacional é dependente do melhoramento contínuo dos sistemas de gestão da qualidade. Nesse sentido, tais indústrias são consideradas grandes promotoras do desenvolvimento econômico e geradoras de renda, sendo que o poder de competição é decorrente da realização de projetos de melhoria da qualidade de produtos e processos, favorecendo a prática da filosofia de kaizen e contribuindo para aperfeiçoar o atendimento da demanda final de produtos.

Assim, aprimoramentos consistentes em um SGQ já estruturado, possibilita a dinamização dos processos de aprendizagem organizacional, pois a realização de projetos de melhoria estimula um ambiente favorável à obtenção de inovações incrementais e estabelecimento de padrões de excelência. Desse modo, a pesquisa teve como principal motivação as dificuldades que a maioria das PMI brasileiras possuem com relação à otimização dos seus sistemas de qualidade, levando-se em consideração um requisito fundamentalmente importante para o crescimento e desenvolvimento organizacional: a formação de uma cultura corporativa permanentemente voltada à busca de excelência no desempenho de produtos e processos.

A proposição de um “roteiro otimizado” para auxiliar as indústrias de pequeno e médio porte, com o objetivo de aperfeiçoamento passo a passo de um sistema de qualidade, está alicerçada em conjuntos de atividades orientativas sequenciais nos moldes do conceito de modelo de referência. Sendo assim, a Etapa 1, que foi intitulada de “Melhoramento do SGQ via Seis Sigma”, buscou a realização de projetos de melhoria em produtos e/ou processos críticos referentes ao SGQ preexistente, onde utilizou-se o Programa Seis Sigma (que pode ser interpretado como uma vertente evolutiva do

TQM) para introduzir o conceito de Indústria 4.0 e robustecer a competitividade de PMI através de um intenso ciclo de aprimoramento.

Já a Etapa 2 foi designada de “Aperfeiçoamento do SGQ via *Lean Six Sigma*”. Presumiu-se a otimização do *trade-off* custo/qualidade de produtos e/ou processos através de projetos *lean quality*, combinando Produção Enxuta e Seis Sigma, buscando-se a otimização do desempenho do sistema de produção para incrementar a inovação e fortalecer ainda mais o conceito de Indústria 4.0. O status de sistema de negócio industrial é definitivamente alcançado por meio dos projetos *lean quality*, que são imprescindíveis para a maturidade do sistema da qualidade, estendendo ainda mais sua “duração no tempo” e firmando a qualidade total como principal valor estruturante para se atingir a excelência na gestão estratégica de operações.

Por fim, como sugestão para futuros trabalhos derivados do estudo realizado, tem-se duas possibilidades que são complementares entre si. A primeira trata de uma aplicação integral e fidedigna do modelo referencial em pelo menos uma PMI que já tenha um SGQ preliminarmente estruturado através do CEP e da NBR ISO 9001:2015, com o intuito de realizar sua validação através de pesquisa/ação e narrativa da implantação via estudo de caso. No entanto, a segunda perspectiva de trabalho futuro diz respeito à validação adicional do modelo proposto mediante a realização de estudo compreensivo multicasos em pelo menos três empresas detentoras de sistemas de qualidade devidamente estruturados, além disso, já executam projetos avançados de melhoria aos moldes do Seis Sigma e LSS. Assim, busca-se avaliar a aderência do modelo referencial proposto comparativamente ao entendimento do processo histórico de implantação dos SGQ presentes nessas organizações industriais.

## REFERÊNCIAS

- Aligula, G. K.; Kok, C. K.; Sim, H. K. (2017), “Driving quality in product development in a Malaysian optoelectronic firm”, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 8, No. 4, pp. 482-498.
- Anholon, R.; Rampasso I. S.; Ordóñez, R. E. C. et al. (2018), “Observed difficulties during implementation of quality management systems in Brazilian manufacturing companies”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 29, No. 1, pp. 149-167.
- Antony, J.; Snee, R.; Hoerl, R. (2017), “Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 34, No. 7, pp. 1073-1093.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2008). *NBR ISO 9001: sistemas de gestão da qualidade – requisitos*, ABNT, Rio de Janeiro, 28p.



- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2015). *NBR ISO 9001: sistemas de gestão da qualidade – requisitos*, ABNT, Rio de Janeiro, 28p.
- Bacoup, P.; Michel, C.; Habchi, G. et al. (2018), “From a quality management system (qms) to a lean quality management system (LQMS)”, *The TQM Journal*, Vol. 30, No. 1, pp. 20-42.
- Basios, A.; Loucopoulos, P. (2017). *Six sigma DMAIC enhanced with capability modelling*. In: Conference on Business Informatics (CBI), 19., Thessaloniki. IEEE. Thessaloniki: CBI.
- Bernardes, E., Muniz Junior, J., Nakano, D. (2018), *Pesquisa qualitativa em engenharia de produção e gestão de operações*, Atlas, São Paulo.
- Bonato, S. V.; Caten, C. S. T. (2015), “Diagnóstico da integração dos sistemas de gestão ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001”, *Production*, Vol. 25, No. 3, pp. 626-640.
- Castillo-Peces, C.; Mercado-Idoeta, C.; Prado-Roman, M. et al. (2017), “The influence of motivations and other factors on the results of implementing ISO 9001 standards”, *European Research on Management and Business Economics*, Vol. 24, No. 1, pp. 33-41.
- Cauchick-Miguel, P. A. (2019), *Metodologia científica para engenharia*, Elsevier, Amsterdã.
- Chugani, N.; Kumar, V.; Garza-Reyes, J. A. et al. (2017), “Investigating the green impact of lean, six sigma and lean six sigma: a systematic literature review”, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 8, No. 1, pp. 7-32.
- Dellana, S.; Kros, J. (2018), “ISO 9001 and supply chain quality in the USA”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 67, No. 2, pp. 297-317.
- Desai, D. A.; Antony, J.; Patel, M. B. (2012), “An assessment of the critical success factors for six sigma implementation in Indian industries”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 61, No. 4, pp. 426-444.
- Díaz, J. A. A.; Martínez-Mediano, C. (2018), “The impact of ISO quality management systems on primary and secondary schools in Spain”, *Quality Assurance in Education*, Vol. 26, No. 1, pp. 2-24.
- Duarte, B.; Montgomery, D.; Fowler, J. et al. (2012), “Deploying LSS in a global enterprise – project identification”, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 3, No. 3, pp. 187-205.
- Fonseca, L. M. (2015), “From quality gurus and TQM to ISO 9001:2015: a review of several quality paths”, *International Journal for Quality Research*, Vol. 9, No. 1, pp. 167-180.
- Gil, A. C. (2017), *Como elaborar projetos de pesquisa*, Atlas, São Paulo.
- Gnanaraj, S. M.; Devadasan, S. R.; Muruges, R. et al. (2011), “Sensitisation of SMEs towards the implementation of lean six sigma – an initialisation in a cylinder frames manufacturing Indian SME”, *Production Planning & Control*, Vol. 23, No. 8, pp. 599-608.
- Goetsch, D. L.; Davis, S. (2015), *Quality management for organizational excellence: introduction to total quality*, Pearson, Londres.
- Gremyr, I.; Fouquet, J. B. (2012), “Design for six sigma and lean product development”, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 3, No. 1, pp. 45-58.
- Kakouris, A. P.; Sfakianaki, E. (2018), “Impacts of ISO 9000 on Greek SMEs business performance”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 35, No. 10, pp. 2248-2271.
- Karthi, S.; Devadasan, S. R.; Muruges, R. (2011), “Lean six sigma through ISO 9001 standard-based quality management system: an investigation for research”, *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 8, No. 2, pp. 180-204.
- Kumar, P.; Maiti, J.; Gunasekaran, A. (2018), “Impact of quality management systems on firm performance”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 35, No. 5, pp. 1034-1059.
- Lakatos, E. M.; Marconi, M. A. (2017), *Metodologia científica*, Atlas, São Paulo.
- Liverani, A.; Caligiana, G.; Frizziero L. et al. (2019), “Design for six sigma (DFSS) for additive manufacturing applied to an innovative multifunctional fan”, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, Vol. 13, No. 1, pp. 309-330.
- Ludwig, A. C. W. (2015), *Fundamentos e prática de metodologia científica*, Vozes, Petrópolis.
- Marques, P. A. A.; Matthé, R. (2017), “Six sigma DMAIC project to improve the performance of an aluminum die casting operation in Portugal”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 34, No. 2, pp. 307-330.
- Martínez-Costa, M.; Choi, T. Y.; Martínez, J. A. et al. (2009), “ISO 9000/1994, ISO 9001/2000 and TQM: The performance debate revisited”, *Journal of Operations Management*, Vol. 27, No. 6, pp. 495-511.
- Marzagão, D. S. L.; Carvalho, M. M. (2016), “The influence of project leaders’ behavioral competencies on the performance of six sigma projects”, *Review of Business Management*, Vol. 18, No. 62, pp. 609-632.
- Mkhaimer, L. G.; Arafeh, M.; Sakhrieh, A. H. (2017), “Effective implementation of ISO 50001 energy management system: applying lean six sigma approach”, *International Journal of Engineering Business Management*, Vol. 9, pp. 1-12.
- Montgomery, D. C. (2013), *Introduction to statistical quality control*, John Wiley & Sons, Nova Iorque.
- Moya, C. A.; Galvez, D.; Muller, L. et al. (2019), “A new framework to support lean six sigma deployment in SMEs”, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 10, No. 1, pp. 58-80.



- Muller, P.; Caliandro, C.; Psycheva, V. et al. (2016). *Annual report on European SMEs 2014 / 2015, SMEs start hiring again*. Brussels: European Union, 2016.
- Ohler, F.; Polt, W. (1995), *Information technology (IT) diffusion policies for small and medium-sized enterprises (SMEs)*, Organisation For Economic Co-Operation and Development/OECD, Paris.
- Ost, J. H.; Silveira, C. G. (2018), “Avaliação do processo de transição da ISO 9001:2008 para a ISO 9001:2015: um estudo voltado para empresas químicas do Estado do Rio Grande do Sul”, *Gestão & Produção*, Vol. 25, No. 4, pp. 726-736.
- Powell, D.; Lundeby, S.; Chabada, L. et al. (2017), “Lean six sigma and environmental sustainability: the case of a Norwegian dairy producer”, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 8, pp. 53-64.
- Raval, S. J.; Kant, R.; Shankar, R. (2018), “Revealing research trends and themes in lean six sigma: from 2000 to 2016”, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 9, No. 3, pp. 399-443.
- Schumpeter, J. A.; Mcdaniel, B. (2009), *The nature and essence of economic theory*, Transaction Publications, Piscataway.
- Severino, A. J. (2018), *Metodologia do trabalho científico*, Cortez, São Paulo.
- Sony, M. (2018), “Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions”, *Production & Manufacturing Research*, Vol. 6, pp. 416-432.
- Suresh, S.; Antony, J.; Kumar, M. et al. (2012), “Six sigma and leadership: some observations and agenda for future research”, *The TQM Journal*, Vol. 24, No. 3, pp. 231-247.
- Thomas, A. J.; Francis, M.; Fisher, R. et al. (2016), “Implementing lean six sigma to overcome the production challenges in an aerospace company”, *Production Planning & Control*, Vol. 27, No. 7-8, pp. 591-603.
- Thomas, A.; Barton, R.; Chuke-Okafor, C. (2008), “Applying lean six sigma in a small engineering company – a model for change”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 20, pp. 113-129.
- Vrellas, C. G.; Tsiotras, G. (2015), “Quality management in the global brewing industry”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 32, pp. 42-52.-

**Recebido:** 13 set. 2019

**Aprovado:** 18 nov. 2019

**DOI:** 10.20985/1980-5160.2019.v14n4.1577

**Como citar:** Barbosa, F. A.; Vergara, W. R. H.; Yamanari, J. S. et al. (2019), “Proposição de um modelo para aprimoramento do sistema de gestão da qualidade”, *Sistemas & Gestão*, Vol. 14, No. 4, pp. 435-447, disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1577> (acesso dia mês abreviado. ano).