

Oscar Alejandro Silva Zárate

**MÉTODO DE IMPLEMENTAÇÃO DE *LEAN SEIS SIGMA*
BASEADO NA ABORDAGEM *TOYOTA KATA***

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng.

Coorientador: Prof. Milton Pereira, Dr.Eng.

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva Zárate, Oscar Alejandro
MÉTODO DE IMPLEMENTAÇÃO DE LEAN SEIS SIGMA
BASEADO NA ABORDAGEM TOYOTA KATA / Oscar Alejandro
Silva Zárate ; orientador, Fernando Antônio
Forcellini, coorientador, Milton Pereira , 2018.
114 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Mecânica. 2. Abordagem Toyota Kata.
3. Lean Seis Sigma. I. Forcellini, Fernando Antônio . II. Pereira , Milton . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. IV. Título.

Oscar Alejandro Silva Zárate

**MÉTODO DE IMPLEMENTAÇÃO DE *LEAN SEIS SIGMA*
BASEADO NA ABORDAGEM *TOYOTA KATA***

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em engenharia Mecânica”, e aprovada em essa forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, 4 de maio de 2018

Prof. Jonny Carlos da Silva, Dr.Eng.
Coordenador do Curso

Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr.Eng.- Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Milton Pereira Dr. Eng.- Coorientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph. D.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. João Carlos Espindola Ferreira, Ph. D.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Helio Aisenberg Ferenhof, Dr. Eng
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho a minha família,
em especial, aos meus pais Enith,
Humberto e a minha irmã Camila.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, por todas as oportunidades dadas nos últimos 3 anos, as quais foram fundamentais em minha formação profissional.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica POSMEC, aos professores e demais funcionários, por todo o suporte dado durante no mestrado.

Ao orientador e professor Fernando Antonio Forcellini e ao Co-orientador Milton Pereira, pelos ensinamentos e por me fazer melhorar em diferentes aspectos da vida.

Aos membros da banca, pela disposição e considerações de melhoria nesta dissertação.

Aos colegas do Grupo de Engenharia de produto, Processo e serviço – GEPPS, pela ajuda, conhecimento e as reuniões. Em especial a Arthur, Steffan, Lúcio, Danilo, André, Andrei, e Júlio pelo apoio no desenvolvimento de meu projeto de pesquisa.

Aos meus amigos Sandra, Jair, Raul, Jeison, Juan, Diego, Selen, Thiago, Julian e Andrea, pessoal que me apoiou em momentos decisivos.

E por último, à toda minha família, Humberto, Camila, Maria e Marcia, em especial à minha mãe Enith, pelo carinho, apoio, pelas oportunidades de estudo, e pelos princípios que sempre me guiaram em todos os momentos da minha vida.

SILVA ZÁRATE, Oscar Alejandro. **Método de Implementação de Lean Seis Sigma Baseado na Abordagem Toyota Kata**. 2018. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, 2018.

RESUMO

Lean Seis Sigma tem sido bastante utilizado nos últimos anos pelas empresas que buscam excelência na qualidade de seus produtos, principalmente por meio da eliminação de desperdícios e controle de variabilidade em seus processos. Uma das metodologias mais conhecidas é o DMAIC (*define – measure – analyse – improve – control*) – (definir – medir – analisar – implementar – controlar), focado na melhoria por meio de controle estatístico de processo. Tradicionalmente, a implementação de Lean Seis Sigma ocorre em longos períodos de tempo até atingir a melhoria esperada, já existindo na literatura sistemáticas estruturadas para esse tipo de implementação. No entanto, a sustentabilidade das melhorias obtidas com iniciativas baseadas neste tipo de metodologia de implementação tem apresentado insucessos. Neste contexto, a Abordagem Toyota Kata, que visa proporcionar o desenvolvimento de soluções de maneira sistêmica e científica em situações dinâmicas e incertas, por meio de um padrão, ou rotina de interação contínua com o sistema, tem se mostrado apropriada para sustentar as melhorias realizadas no processo. Dessa forma, o trabalho propõe um método para a implementação do LSS com base na Abordagem Toyota Kata. O Neste método de implementação de LSS baseado na abordagem Toyota Kata são estabelecidas Condições-Alvo e as melhorias realizadas em ciclos curtos. O método foi avaliado utilizando-se a simulação baseada em cenários de manufatura (*Software SIMIO*), considerando como cenário uma montadora de bicicletas. O método mostrou ser possível alcançar as Condições-Alvo propostas e apontar reflexões sobre os obstáculos superados na implementação do LSS com as melhorias realizadas em ciclos curtos permitindo manter no tempo as melhorias implementadas.

Palavras-chave: Abordagem Toyota Kata, Lean Seis Sigma, DMAIC.

SILVA ZÁRATE, Oscar Alejandro. **Implementation Method of Lean Six Sigma Based on Toyota Kata approach**. 2018. 85p. Dissertation (Master's in Mechanical engineering). Postgraduate Program in Mechanical Engineering, UFSC, Florianópolis, 2018.

ABSTRACT

Lean Six Sigma (LSS) has been used in the last years for enterprises that seek quality excellence in their products, eliminating waste and control variability in each process. A more applied methodology is the DMAIC Cycle (Define, measure, analyze, improve and control). The target is defect reduction by means of statistic control process. Generally, the implementation of LSS takes a longer time of feedback for each cycle, while the present method decrease the time of feedback for each cycle and remain each improve for long time in the enterprise. However, a sustainable improvement standard is questioned with projects based on this kind of DMAIC methodology. In this context, the approach of Toyota Kata was developed as a new form of DMAIC implementation to obtain a systematic solution to the process. In this context was developed approach Toyota Kata, that tries to develop solutions of manner systemic a scientific, in situations dynamics an uncertain. The aim of this Thesis is to present a method implementation based on a combination of Lean Six Sigma and Toyota Kata approach through scenarios simulation with the Aid Software (SIMIO) to consider a bike-assembling scenario. In this form, a document shows a method for an implementation of LSS trough Toyota Kata approach. A method proposes a target condition suggested for the team and these improvements are performed in short cycles, with better efficacy.

Keywords: Toyota Kata approach, Lean Six Sigma, DMAIC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visão esquemática da metodologia utilizada na dissertação.	30
Figura 2– Método <i>SSF</i> (<i>SystematicSearchFlow</i>).....	33
Figura 3 – Sequência da rotina Kata de Melhoria.	38
Figura 4 – Etapas do Kata de melhoria.	38
Figura 5 – As Cinco Questões Kata.....	40
Figura 6 – Exemplo de storyboard para a abordagem Toyota Kata.....	41
Figura 7 – Ciclos PDCA em direção à condição alvo.	42
Figura 8 – Kata de Melhoria e Kata de <i>Coaching</i>	42
Figura 9 – Enfoque de treinamento da equipe.....	43
Figura 10 – Zona desconhecida entre a condição atual e Condição-Alvo	44
Figura 11 – Evolução das Condições-Alvo do sistema.	45
Figura 12 – Porcentagem de erros feitos no processo	51
Figura 13 – Matriz do FMEA.....	59
Figura 14 – Método Proposto.....	62
Figura 15 – Condição-alvo 1: Saída da fase Definir	63
Figura 16 – Condição-Alvo 2: Saída da fase Medir.	64
Figura 17 – Condição-Alvo 3: Saída da fase Analisar	65
Figura 18 – Condição-alvo 4: saída da fase Implementar	66
Figura 19 – Condição-alvo 5: Saída da fase controlar.....	75
Figura 20 – Um exemplo de Sala obeya.	71
Figura 21 – Lógica da modelagem do cenário.	73
Figura 22 – Visão esquemática da empresa ...	74

Figura 23 – Peças da Bicicleta (A, B e C).....	74
Figura 24 – Nova Condição Atual.	77
Figura 25– Condição -alvo 1: saída da fase Definir.	78
Figura 26 – Preenchimento de dados no <i>Storyboard</i>	79
Figura 27 – Registro de dados no <i>Storyboard</i>	79
Figura 28 – Layout da empresa.....	80
Figura 29 – Condição-Alvo 2: Saída da fase Medir.....	82
Figura 30 – Medição dos erros no software SIMIO com nível 2 Sigma	84
Figura 31 – Condição-Alvo 3: Saída da fase Analisar.	86
Figura 32 – Condição-Alvo 4: Saída da fase Implementar.	90
Figura 33 – Cálculo do processo nível 3 Sigma.....	90
Figura 34 – Nível 3 Sigma.	93
Figura 35 – Nível 4 Sigma.	96
Figura 36 – Condição-alvo 5: Saída da fase Controlar.	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Revisão sistemática de bibliografia.	35
Quadro 2 – Revisão Bibliográfica Abordagem Toyota Kata.	36
Quadro 3 – Revisão bibliográfica sistemática para LSS.....	102
Quadro 4 – Sinergia entre Lean e Seis Sigma.	56
Quadro 5 – <i>Storyboard</i> da primeira Condição-Alvo.	82
Quadro 6 – <i>Storyboard</i> da segunda Condição-Alvo.....	86
Quadro 7 – Dados de processo tubo A- Condição Atual.....	88
Quadro 8 – <i>Storyboard</i> da terceira Condição-Alvo.....	90
Quadro 9 – Dados de processo tubo A- Condição Atual.....	91
Quadro 10 – Dados de processo tubo A- Nova Condição Atual.	94
Quadro 11 – <i>Storyboard</i> da quarta Condição-Alvo.....	97
Quadro 12 – <i>Storyboard</i> da quinta Condição-Alvo.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Seis passos para o Seis Sigma.	50
Tabela 2 – Níveis do sigma e Cpk. 2 σ	89
Tabela 3 – Níveis do sigma e Cpk 3 σ	93
Tabela 4 – Níveis do sigma e Cpk 4 σ	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DMAIC	Definir, medir, analisar, implementar e controlar
EFQM	Modelo de excelência
ISO	Organização de Normas Internacionais
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
LSS	Lean Seis Sigma
SS	Seis Sigma
TQM	Gestão total da qualidade
	Modelo de excelência
SPC	Controle estatístico do processo
SIPOC	<i>Supplier, input, process, output, customer</i>
PDCA	Planejar, fazer, verificar, atuar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	25
1.1	Apresentação do Problema.....	25
1.2	Objetivo Geral.....	27
1.2.1	Objetivos específicos.....	27
1.3	Estrutura do Trabalho.....	28
1.4	Contribuições Esperadas.....	28
1.5	Metodologia Utilizada.....	29
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	33
2.1	Revisão Bibliográfica Sistemática.....	35
2.1.1	Introdução abordagem Toyota Kata.....	37
2.1.2	A rotina Kata de melhoria.....	38
2.1.3	Etapas da Kata de melhoria.....	38
2.1.4	Compreensão do desafio e desdobramento da visão.....	39
2.1.5	Entrega do desafio ao time.....	39
2.1.6	A rotina Kata de coaching.....	42
2.2	Revisão Bibliográfica Sistemática para LSS.....	45
2.3	Introdução ao Processo de Produção Lean.....	46
2.3.1	<i>Lean Manufacturing</i>	47
2.4	Seis Sigma.....	48
2.5	Conceitualização do DMAIC.....	52
2.5.1	Definir.....	52
2.5.2	Medir.....	53
2.5.3	Analisar.....	53
2.5.4	Implementar.....	54
2.5.5	Controlar.....	54
2.6	Lean Seis Sigma (LSS).....	55

2.6.1	Implementação do Lean Seis Sigma.....	57
2.7	Considerações do Capítulo.....	60
3	MÉTODO.....	61
3.1	Método Proposto.....	61
3.1.1	Condição-Alvo 1: saída da fase Definir.....	62
3.1.2	Condição-Alvo 2: saída da fase Medir.....	63
3.1.3	Condição-Alvo 3: saída da fase Analisar.....	64
3.1.4	Condição-Alvo 4: saída da fase Implementar.....	65
3.1.5	Condição-Alvo 5: saída da fase Controlar.....	66
3.2	Considerações do Capítulo.....	67
4	VERIFICAÇÃO DO MÉTODO.....	69
4.1	Cenário de Simulação.....	69
4.1.1	Sala integrada de projetos <i>OBEYA</i>	70
4.1.2	Equipe.....	71
4.1.3	Caracterização do cenário de simulação.....	72
4.1.4	Peças da bicicleta.....	74
4.1.5	Planejamento de avaliação do método proposto.....	75
4.2	Interação dos Ciclos PDCA na Implementação do Método.....	78
4.2.1	Condição-Alvo 1: saída da fase Definir.....	78
4.2.2	Condição-Alvo 2: saída da fase Medir.....	83
4.2.3	Condição-Alvo 3: saída da fase Analisar.....	86
4.2.4	Condição-Alvo 4: Saída da fase Implementar.....	90
4.2.5	Condição-Alvo 5: Saída da fase Controlar.....	99
4.3	Principais Resultados Obtidos.....	101
4.4	Considerações do Capítulo.....	101
5	CONCLUSÕES	103
	REFERÊNCIAS.....	105

ANEXO.....110

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo inicial são apresentadas as informações gerais sobre o tema de pesquisa. A dissertação inicia com uma contextualização sobre o tema a ser tratado. Em seguida são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos e então mostra-se a metodologia usada na pesquisa.

Por último, coloca-se a estrutura sobre o tema tratado para facilitar a compreensão do mesmo.

1.1 Apresentação do Problema

As empresas procuram aperfeiçoar os seus processos por meio de métodos e metodologias, visando redução de custos e desperdícios. Este intento pode ser atingido com diferentes práticas, como a implementação de *lean manufacturing* (Manufatura enxuta ou LM), que auxilia na estruturação dos processos e na redução de desperdícios (WAHAB, MUKHTAR e SULAIMAN, 2013).

Uma das metodologias que vem sendo largamente difundida é a metodologia Seis Sigma (SS), que pode ser considerada uma estratégia de negócio usada para reduzir a variabilidade do processo através da efetiva utilização de ferramentas e técnicas estatísticas (FERNANDES, AUGUSTO e MARINS, 2012).

A metodologia SS aplicada numa organização busca trazer como resultado a melhoria no rendimento organizacional. Essa metodologia tem um efeito direto no desempenho de uma equipe, resultando numa interação positiva dentro das organizações (LINDERMAN, SCHROEDER e CHOO, 2006).

Tanto *lean manufacturing* quanto Seis Sigma têm foco em processos, sendo que o LM busca reduzir desperdícios no processo e o SS busca diminuir variação dos parâmetros do processo que afetam as características de qualidade do produto (FERNANDES, AUGUSTO e MARINS, 2012).

Segundo Pacheco (2014), a utilização pelas organizações de metodologias focadas em melhoria contínua, está começando a atingir seu limite de desempenho frente à competitividade atual e à complexidade de diferentes mercados competitivos atuais. Além disso, faz-se necessário buscar elementos de outras metodologias para tornar

mais robustas as atuais estratégias de melhoria contínua atualmente adotadas nas empresas.

O desenvolvimento de LM e SS e sua combinação posterior resultou na chamada metodologia Lean Seis Sigma (LSS). No contexto de um mercado bastante competitivo, em que se encontram as empresas, essa integração de metodologias tem recebido crescente atenção devido à necessidade de aportar valor ao produto de acordo com as expectativas do consumidor e demandas dos usuários finais (GEORGE, 2003).

Atualmente, a qualidade no processo pode ser considerada como uma mudança contínua de um bom produto para um excelente produto, pois os clientes estão mudando suas expectativas e requisitos, por consequência da disponibilidade de informações e avaliações sobre os produtos, forçando, deste modo, os produtores a avaliar e garantir uma qualidade cada vez melhor.

A garantia e melhoria dos processos podem ser alcançadas através de vários métodos, como, por exemplo, as normas ISO, a gestão total da qualidade (TQM), o modelo de excelência (EFQM), e os métodos com fundamentos estatísticos, como o controle estatístico do processo (SPC), o ciclo planejar, fazer, verificar, atuar, (PDCA), DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar e controlar) e a concepção seis sigma (SIMANOVÁ, 2015).

Dahlgaard e Dahlgaard-Park (2006) compararam diferentes iniciativas de melhoria da qualidade e concluíram que LM e SS podem ser considerados como novas alternativas na direção do gerenciamento total da qualidade TQM.

A metodologia Lean Seis Sigma (LSS) permite a melhoria dos negócios visando maximizar o valor do cliente, melhorando a qualidade, velocidade, satisfação do cliente e custos. Essa metodologia atinge isto através da fusão das ferramentas e princípios do LM e SS.

De acordo com Besseris (2014), o LSS é uma iniciativa de excelência de negócios moderna que oferece uma grande variedade de ferramentas de melhoria contínua e técnicas para combater a instabilidade de processo e a ocorrência de produto defeituoso.

Segundo Fernandes, Augusto e Marins (2012), apesar da importância do LSS na indústria de manufatura, não existem informações suficientes do LSS em relação às aplicações práticas nas empresas e à forma com que esses processos são utilizados.

Adicionalmente Fernandes, Augusto e Marins (2012) citam que a proposta de treinamento diferenciada para as equipes de implantação

do LSS, consiste no ensino de conceitos e métodos Lean junto ao treinamento padrão do *Seis Sigma*, o qual pode ou não, ser suficiente para uma operacionalização dos dois processos de melhoria de forma integrada.

Por outro lado, a abordagem Toyota Kata descreve uma rotina de como fazer melhoria contínua. Com isto, proporciona a capacitação do pessoal via a aplicação do método científico e também a solução para problemas de uma forma sustentável no tempo. Além de obter perenidade no processo de melhoria contínua, interfere diretamente na forma de pensar e no comportamento das pessoas (ROTHER, 2010).

Esta abordagem pode ser utilizada simultaneamente durante a implantação do LSS ou de outras metodologias de melhoramento contínuo para garantir o comprometimento do pessoal responsável pela implantação.

O entendimento de como fazer a implementação de um projeto LSS nas empresas é fundamental para conseguir adotar práticas adequadas e obter os benefícios reais da metodologia de LSS.

O problema tratado nesta pesquisa está na implementação de LSS baseado na abordagem Toyota Kata como forma de conseguir melhorias de maneira perene destas, esta perenidade ou sustentabilidade no tempo não está relacionada ao aspecto de meio ambiente está especificamente relacionada a manter as melhorias implementadas no tempo.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é propor um método da implementação da metodologia LSS complementado com a abordagem Toyota Kata baseado em simulação de empresa de manufatura.

1.2.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar na literatura os métodos de implementação da metodologia LSS existentes para empresas de manufatura;

- Levantar os requisitos que devem ser atendidos da implementação da metodologia LSS por meio da abordagem Toyota Kata em empresas de manufatura;
- Avaliar o método de implementação do LSS por meio da simulação de cenários de manufatura.

1.3 Estrutura do Trabalho

O capítulo de introdução apresenta o problema geral a ser tratado sobre a implementação do LSS por meio da Abordagem Toyota Kata e conseguir sustentabilidade no tempo nas empresas de manufatura.

O capítulo 2 apresenta a revisão sistemática bibliográfica e o método utilizado na busca de informação sobre a Abordagem Toyota Kata e Lean Seis Sigma.

O capítulo 3 apresenta o método de implementação do LSS por meio da abordagem Toyota Kata que será utilizada ao longo da pesquisa.

O capítulo 4 mostra a avaliação da implementação do método utilizando-se a simulação de cenários de manufatura.

No capítulo 5, apresentam-se as conclusões e contribuições obtidas ao final da pesquisa.

1.4 Contribuições Esperadas

O presente estudo busca contribuir com o tema de implementação de LSS por meio de Abordagem Toyota Kata, a partir da elaboração de um método que pode ser usado em empresas de manufatura de grande, médio e pequeno porte. As contribuições serão relacionadas à aplicação do conhecimento necessário da abordagem Kata para manter as melhorias implementadas da metodologia LSS.

1.5 Metodologia Utilizada

Para que sejam atingidos os objetivos da pesquisa, é proposta uma metodologia que é composta por quatro passos, explicados a seguir:

- i. Fundamentação teórica**

O primeiro passo da pesquisa busca definir os conhecimentos existentes na literatura através de uma revisão bibliográfica sistemática sobre LSS e abordagem toyota kata.
- ii. Construção do método**

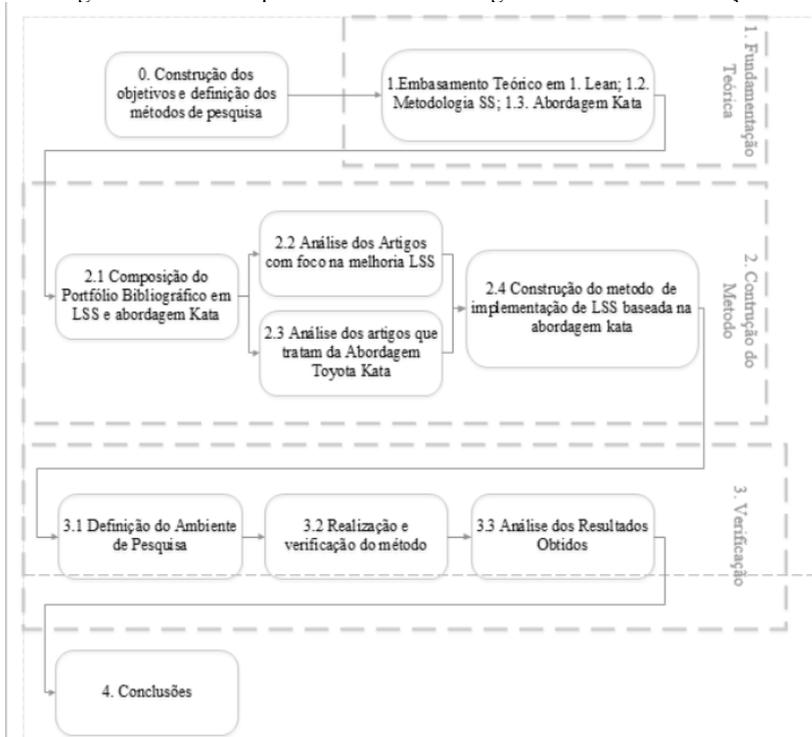
Para uma melhor compreensão, será apresentada uma visão processual da sistemática, especificando: as condições-alvo, suas entradas, ferramentas e técnicas a serem utilizadas, e assim como, as saídas de cada um dos passos.
- iii. Verificação**

Avaliar o método proposto por meio de simulação dos cenários de manufatura
- iv. Conclusões**

Descrição clara e análise rigorosa dos resultados obtidos a partir da implantação do método.

Na Figura 1, é apresentada uma visão esquemática da metodologia de pesquisa, utilizada nesta dissertação.

Figura 1 – Visão esquemática da metodologia utilizada na dissertação.



Fonte: Elaboração própria.

O primeiro passo objetivo construir o Estado de Arte. Desta forma, inicialmente realizou-se a composição do portfólio bibliográfico e bibliometria, referente a temática LSS e abordagem Toyota Kata, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, bem com um levantamento das principais práticas da implantação da abordagem.

O segundo passo trata-se da construção do método proposto, contrapondo aos métodos já existentes na literatura, visto que o mesmo será construído em base na Abordagem Toyota Kata.

O terceiro passo da pesquisa objetivava verificar a aplicabilidade do método proposto em um ambiente de simulação, segundo Banks et al. (1998), a simulação é a imitação de um processo ou sistema do mundo

real ao longo do tempo. Esta envolve a criação de uma história artificial e a observação desta história para se fazer inferência sobre as características da operação do sistema do qual representa. Para Balci (2003), a simulação é o ato de experimentar ou executar um modelo sob diversos aspectos, tentando atingir um objetivo pré-estabelecido.

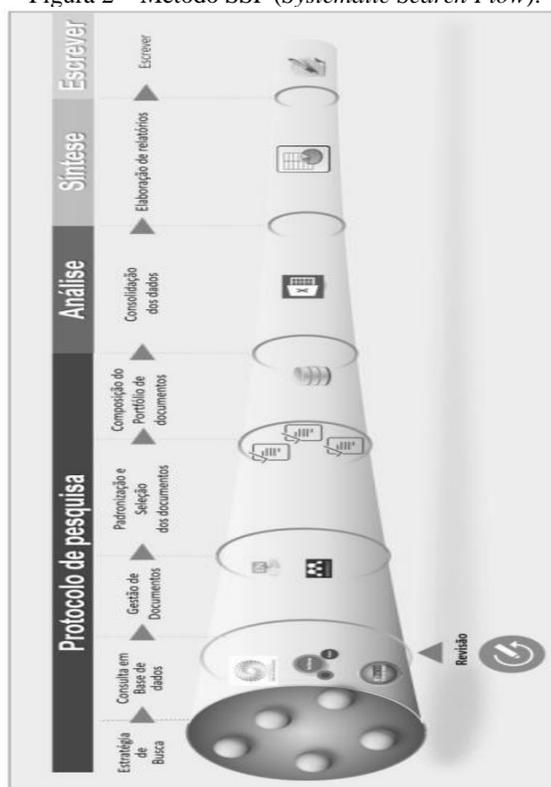
Como resultado dos passos anteriores, o quarto destina-se a consolidação da dissertação e preparação da defesa. Haverá descrição clara e análise rigorosa dos resultados obtidos a partir da implementação do método proposto, a fim de chegar a conclusão da pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, busca-se analisar os trabalhos existentes sobre a aplicação da metodologia LSS em nível mundial, assim como a fundamentação teórica da implantação do Abordagem Toyota Kata em empresas de médio ou pequeno porte.

Na revisão bibliográfica, utilizou-se o método SSF (*Systematic Search Flow*) de Ferenhof e Fernandes (2016), composto por 4 fases e 8 atividades, coloca-se na Figura 2.

Figura 2 – Método SSF (*Systematic Search Flow*).



Fonte: Ferenhof e Fernandes (2016).

O método utilizado na revisão bibliográfica consistiu numa revisão sistemática de literatura a partir de três bases de dados *Scopus*, *Engineering Village* e *Web of Knowledge*.

Inicialmente, foram realizadas buscas com palavras chaves que envolvessem ao mesmo tempo LSS e abordagem Toyota Kata. Nesta primeira busca não houve nenhuma publicação. O que fez com que a pesquisa fosse dividida em duas buscas separadas, em que se utilizou dois grupos distintos de *query*, uma para LSS e outra para abordagem Toyota Kata da seguinte forma:

- **Pesquisa "1": Abordagem Toyota Kata**
(Toyota KATA approach) AND (Toyota KATA) OR (Improvement KATA OR Coaching KATA)
- **Pesquisa "2": Modelos de implementação ou aplicação do LSS**
("lean six sigma") AND (implementation OR application OR model).

Na pesquisa "2" devido á complexidade da pesquisa sobre LSS e a amplitude de estudos envolvendo esse tipo de modelos, a seleção foi limitada para artigos nas línguas inglesa, portuguesa e espanhola, outro item de importância da busca é que não foi limitada por datas, obteve-se uma lista de 246 artigos na base de dados *online Scopus*, 85 artigos na base de dados *online Engineering Village* e 124 artigos na base de dados *Web of Knowledge*.

No total obteve-se 455 artigos, sendo necessário eliminar aqueles artigos duplicados. Após a busca todos os resultados foram armazenados num gerenciador bibliográfico.

No fim, excluem-se os artigos repetidos, obtendo-se 316 artigos.

Com os artigos restantes foi realizada uma leitura do título, palavras chave e resumos dos mesmos, com a finalidade de encontrar os artigos de maior aderência da pesquisa.

No Quadro 1 é apresentada a metodologia utilizada e a quantidade dos artigos que ficaram da seleção.

Quadro 1 - Revisão sistemática de bibliografia.

Número da pesquisa	1	2
Assunto	Abordagem Toyota Kata	Modelos de implementação ou aplicação do LSS
Bases de Dados	<i>Scopus, engineering village e web of knowledge</i>	<i>Scopus, engineering village e web of knowledge</i>
Query	<i>(Toyota Kata approach) AND (Toyota Kata) OR (Improvement Kata OR Coaching Kata).</i>	<i>("lean six sigma") AND (implementation OR application OR model).</i>
Restrição 1 Língua	Português, inglês e espanhol	Português, inglês e espanhol
Restrição 2 - Tipo de Publicação	Trabalhos completos	Trabalhos completos
Resultados encontrados	6	455
Após de retirar duplicados	6	316
Artigos selecionados para análise após leitura dos títulos palavras-chave e resumos	6	26
Total	6	26

Fonte: Elaboração própria (2018).

A busca não retornou artigos que tivessem informação conjunta sobre abordagem Toyota Kata e LSS, procedeu-se a busca no tema de Abordagem Toyota Kata em uma busca separada, a qual resultou em 6 artigos encontrados e para o LSS foram selecionados 26 artigos.

No total, foram analisados 32 artigos para os dois temas a tratar abordagem Toyota Kata e LSS.

2.1 Revisão Bibliográfica Sistemática

Partindo da Pesquisa "1": *(Toyota KATA approach) AND (Toyota KATA) OR (Improvement KATA OR Coaching KATA)* a pesquisa foi limitada a artigos nos idiomas inglês português e espanhol, a busca não foi limitada por datas, com esta busca gera-se uma lista de 6 artigos na base de dados *online Scopus*, 3 artigos na base de dados *online Engineering Village* e 2 artigos na base de dados *Web of Knowledge*.

No Quadro 2, coloca-se a revisão bibliográfica da abordagem Toyota Kata.

Quadro 2 - Revisão Bibliográfica Abordagem Toyota KATA

Número	Título dos artigos	AUTOR	ANO	VÍNCULO
1	<i>Construction Kata: Adapting Toyota Kata to a lean construction project production system</i>	Casten, M H Plattenberger, J Barley, J M Grier, C	2013	<i>21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013</i>
2	<i>Toyota kata: Lean implementation by empowering employees</i>	Kersten, W Ehni, M Hein, A	2015	<i>Productivity Management</i>
3	<i>Towards a formal model of the lean enterprise</i>	Masai, P Parrend, P Zanni-Merk, C	2015	<i>Procedia Computer Science</i>
4	<i>Organizing for Lean: autonomy, recursion and cohesion</i>	Sagalovsky, B	2015	<i>Kybernetes</i>
5	<i>A mentoring approach to implement lean construction</i>	Tillmann, P Ballard, G Tommelein, I	2014	<i>22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Understanding and Improving Project Based Production, IGLC 2014</i>
6	<i>Continuous innovation - Combining Toyota Kata and TRIZ for sustained innovation</i>	Toivonen, T	2015	<i>Procedia Engineering</i>

Fonte: Elaboração própria (2016).

2.1.1 Introdução abordagem Toyota Kata

Casten *et al.* (2013), com base no livro “Toyota Kata: gerenciando pessoas para a melhoria, adaptabilidade e resultados superiores” de Mike Rother, explicam como a visão cultural diferente do

sistema de produção Toyota, com base na melhoria contínua levou esta empresa de origem japonesa e com recursos limitados a ser a maior multinacional automotiva no mundo.

A abordagem Toyota Kata é uma forma de fazer melhoria contínua e proporciona capacitação do pessoal via a aplicação do método científico para a solução de problemas de uma forma sustentável, interferindo diretamente na forma de pensar e no comportamento das pessoas (ROTHER, 2010).

Toivonen (2015) afirma que a abordagem Toyota Kata sempre se foca em:

- Zero defeito, 100 por cento de valor agregado;
- Fluxo contínuo de peças dependendo exclusivamente da demanda do cliente *Single piece flow*;
- 100% de segurança para o empregado.

O autor Rother (2009) descreve em seu livro duas rotinas, uma denominada de Kata de Melhoria (KM) e outra denominada de Kata de Coaching (KC). Estas rotinas de comportamento não são visíveis e também não estão descritas na documentação da empresa Toyota e, para perceber este comportamento é necessário um longo tempo para reconhecê-las.

Kersten, Ehni e Hein (2015) descrevem brevemente a rotina de melhoria contínua como uma repetição constante que, de acordo com Rother (2009), contém quatro etapas básicas: (1) Consideração da visão cultural ou busca do objetivo levando em conta o processo sem desperdício, (2) Compreender de primeira mão a Condição Atual do processo, (3) O estabelecimento da Condição-Alvo depende da condição atual e da visão definida. Depois disto ocorre o avanço passo a passo, por meio de experimentos planejados para superar cada obstáculo, da Condição Atual em direção à Condição-Alvo.

2.1.2 A rotina Kata de Melhoria

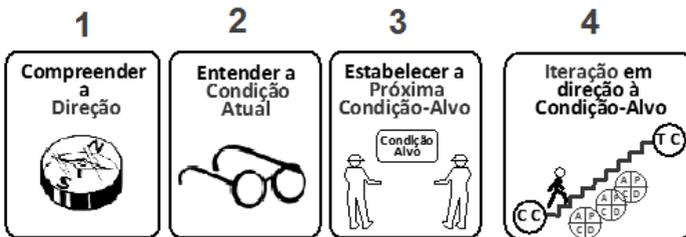
A rotina Kata de Melhoria é executada por meio do método científico e objetiva alterar o padrão de pensamento dos colaboradores por meio de uma rotina. O termo Kata pode ser compreendido, como “maneira de fazer”.

2.1.3 Etapas da Kata de Melhoria

Kata de Melhoria possui quatro etapas como colocado na Figura 3. Primeiramente, é definido o desafio. Na sequência, deve-se compreender a condição atual, que é definida por meio de observações e medições. Após isto é estabelecida a condição alvo e com a condição estabelecida é possível identificar os obstáculos que impedem que se vá da condição atual à condição alvo. Para transpor estes obstáculos, são utilizados ciclos curtos de experimentação.

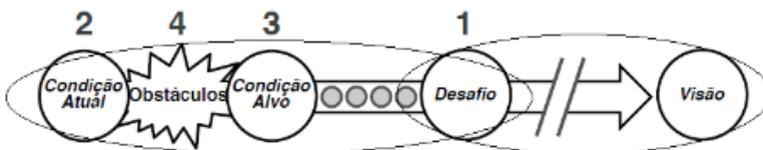
Kersten, Ehni e Hein (2015) descrevem brevemente a rotina de melhoria contínua como uma atividade que se repete constantemente, pode se ver nestes quatro passos básicos: (1) Consideração da visão cultural ou busca do objetivo levando em conta o processo sem desperdício, (2) Compreender de primeira mão a condição atual do processo, (3) Depende da condição atual para o estabelecimento da condição alvo seguinte no caminho da visão definida. Depois de tudo isto é possível avançar passo a passo em direção à condição alvo, conforme apresentado na Figura 3 e Figura 4.

Figura 3 - Sequência da rotina Kata de Melhoria.



Fonte: Rother (2009).

Figura 4 - Etapas do Kata de melhoria.



Fonte: Rother (2009).

2.1.4 Compreensão do desafio e desdobramento da visão

A direção do desafio é a primeira etapa da Abordagem Toyota Kata de Melhoria, a qual surge do desdobramento dos objetivos de maior importância da organização. Este desdobramento alinha as condições alvo desde o nível superior até o nível inferior da empresa e guia as equipes a procurar sempre os objetivos estratégicos (ROTHER, 2010).

Conforme mostrado no Capítulo 2, a primeira etapa é compreender claramente qual é o desafio, pois na compreensão do mesmo estão os objetivos de longo prazo da empresa e a direção final do experimento de aplicação (ROTHER, 2010).

2.1.5 Entrega do desafio ao time

Nesta terceira etapa, o desafio é desenvolvido pela equipe, sendo que o desafio deve ser apresentado com clareza e explicar o porquê da importância da implantação do LSS e sua importância no processo de controle de qualidade para todo processo de produção, atingindo o aprendiz o conhecimento necessário para a implantação do mesmo (ROTHER, 2010).

Para determinar a Condição-Atual deve ser realizada uma análise quantitativa ou qualitativa da Condição Atual do processo para sua caracterização e poder indicar as melhorias numa data futura (ROTHER, 2010).

O MFV-Estado Atual pode ser utilizado pela equipe para registrar os tempos de cada operação dentro de cada área envolvida no fluxo de processo e determinar onde estão os gargalos do mesmo e a oportunidade para a melhoria contínua (ROTHER, 2010).

A Condição-Alvo está alinhada com a visão e define como o sistema deverá operar num momento específico, esta Condição-Alvo não deve ser tão fácil de alcançar e também não pode ser impossível, pois desta forma desmotiva a equipe que está realizando os ciclos PDCA (ROTHER, 2010).

A interação ocorre a partir da Condição Atual até a Condição-Alvo e envolve o aprendizado, uma vez que, o caminho desde a Condição atual até a Condição-Alvo é desconhecido. A abordagem Toyota Kata de Melhoria possibilita uma maneira rotineira, por meio de ciclos PDCA de curta duração, que os times aprendam a medida em que

encontram obstáculos no caminho para alcançar a Condição-Alvo (ROTHER, 2010).

Na abordagem Toyota Kata uma segunda Condição-Alvo será definida depois que os obstáculos tenham sido superados e atingida a primeira Condição-Alvo. Na abordagem Toyota Kata, para cada experimentação utiliza-se o ciclo PDCA, e durante a interação entre o Coach e o Aprendiz, são cinco perguntas (Figura 5), que o *Coach* formula para o aprendiz (ROTHER, 2010).

Figura 5 – As Cinco Questões Kata.

Frente	Verso
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 5px;">COACHING KATA</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; flex-grow: 1;"> <p style="text-align: center;">As Cinco Questões</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Qual é a condição alvo? 2) Qual é a condição atual agora? -----/Vire o cartão)-----> 3) Quais os Obstáculos que você pensa que estão impedindo você de alcançar a Condição Alvo? Qual deles você vai abordar agora? 4) Qual é o seu próximo passo (experimento)? O que você espera? 5) Quando poderemos ir e ver o que aprendemos por termos dado este passo? </div> </div>	<p>Reflexão sobre o último passo tomado</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) O que você planejou no seu último passo? 2) O que você esperava? 3) O que realmente aconteceu? 4) O que você Aprendeu? <p style="text-align: right;">-----> <i>Volte para a Questão 3</i></p>

Fonte: Rother (2010).

Existe um meio que suporta a interação entre *Coach* e Aprendiz, e que é usado para registrar a evolução dos ciclos da Abordagem Toyota Kata, este meio é conhecido como *Storyboard*, e um exemplo deste meio é mostrado na Figura 6.

Os registros do que foi planejado e realizado nas rotinas Kata de Coaching e de Melhoria são feitos no *storyboard* pelo aprendiz. O aprendiz deve descrever a informação como um fluxo natural seguindo a orientação constante na sequência das cinco perguntas (ROTHER, 2010).

Figura 6 – Exemplo de um *storyboard* para a abordagem TK.

Processo:		Desafio: 1			
Condição Alvo: 3	Condição Atual: 2	Ciclos PDCA			
		O que planeja?	O que espera?	O que aconteceu?	O que aprendeu?
		Obstáculos 4			

Fonte: Rother (2009).

O aprendiz e equipe deve atuar no sistema, com experimentos rápidos (ciclo curto), com vistas a alcançar a Condição-Alvo definida, como mostrado na Figura 7. As ações sobre o sistema ou processo, são executados com base nos ciclos de PDCA (*Plan, do, check, act* - Planejar, Fazer, Verificar, Agir). Para cada obstáculo, o aprendiz e a equipe planejam e registram no *storyboard* a ação planejada, que após a seção de *coaching* com o *Coach*, é então executada como um experimento. Posteriormente o aprendiz e a equipe verificam e registram no *storyboard* o novo comportamento do sistema ou processo. Para finalizar o ciclo, é feita uma reflexão em que se busca evidenciar o aprendizado obtido. Esta reflexão é fundamental para a definição da Condição-Alvo seguinte, dos novos obstáculos, se for o caso, e dos próximos experimentos (ROTHER, 2010).

Figura 7 - Ciclos PDCA em direção à condição alvo.



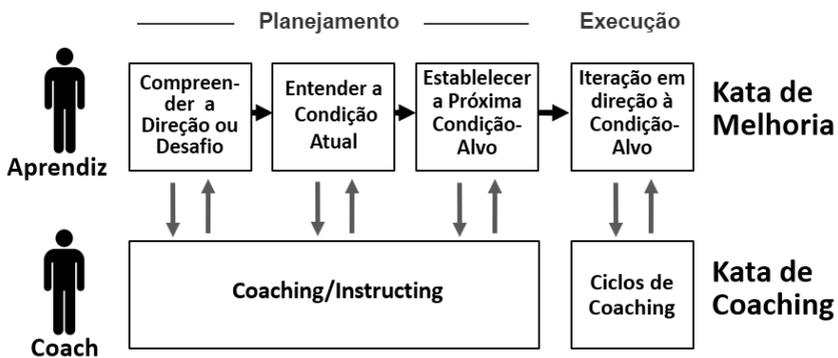
Fonte: Rother (2010).

2.1.6 A rotina Kata de *Coaching*

Na rotina Kata de *Coaching*, o *coach* o acompanha a equipe em todo o processo, ajuda no direcionamento do planejamento e acompanhamento dos ciclos PDCA do aprendiz e equipe, e para apoiar o sucesso da melhoria do processo.

As relações entre o *coach*, aprendiz e rotinas são apresentadas na Figura 8.

Figura 8 - Kata de Melhoria e Kata de *Coaching*.



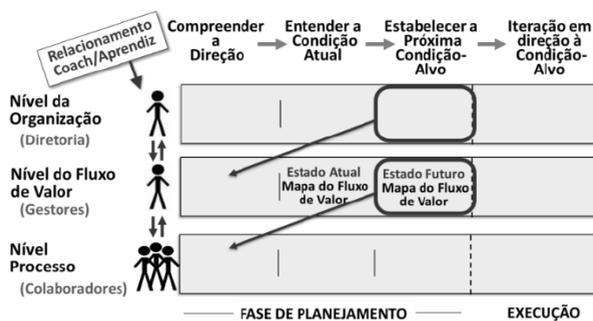
Fonte: Rother (2010).

O *Coach* atua bem perto da equipe, usando as perguntas sugeridas por Rother (2010), e assim acompanha as melhorias. Um

passo importante é a definição da Condição-Alvo. Esta pode estar localizada na chamada zona de aprendizagem, na qual o objetivo pode ser desafiador, mas não fora do alcance. Assim o aprendiz não fica frustrado, mas fica motivado. Sempre que o aprendiz apresenta alguma sugestão de ação a ser feita, e esta não vai à direção certa, o *Coach* pelo seu conhecimento e experiência, e por meio das cinco questões Kata auxilia que a própria equipe se redirecione e continue o experimento na direção certa (ROTHER, 2010).

Na Figura 9, mostra-se de maneira esquemática a abordagem Toyota Kata nos diferentes níveis de uma organização. Deste modo, na fase um, o nível superior de hierarquia recebe um profundo treinamento de Kata de Melhoria. Quando a rotina estiver interiorizada, a fase dois pode começar. A fase dois o nível superior da hierarquia assume o papel do *Coach*. Na fase seguinte, este processo é repetido até que os aprendizes do nível do processo sejam treinados (KERSTEN, EHNI e HEIN, 2015).

Figura 9 - Enfoque de treinamento da equipe.



Fonte: Rother (2010).

Como ponto de partida, identifica-se a necessidade de realizar a implementação, de maneira clara e organizada, e a necessidade de se identificar um meio que possibilite perenizar a melhoria implementada.

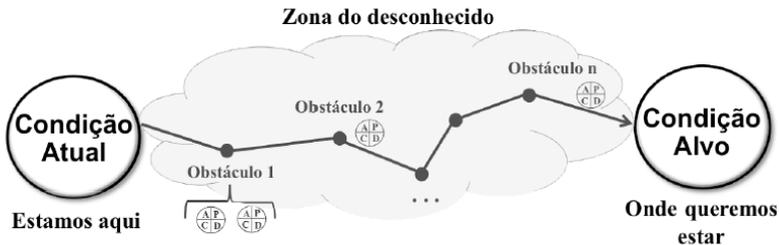
O que será realizado com a ajuda da rotina Kata de *Coaching*, em que o *Coach* e o aprendiz trabalham de maneira conjunta para superar os obstáculos e chegar ao desafio, que neste caso especificamente é a implementação de LSS.

Conforme o mencionado no Capítulo 2, existe uma série de obstáculos entre a Condição-Atual e a Condição-Alvo, que podem

impedir que o processo se comporte da maneira esperada. Estes obstáculos devem ser superados por meio de experimentos baseados no método científico, na forma de ciclos PDCA e utilizando o *storyboard* como forma de registro das atividades realizadas.

Para chegar ao desafio será necessário vencer estes obstáculos, conforme mostrado na Figura 14, os quais estão na zona do desconhecido, na qual não se conhece o comportamento do sistema. A equipe deve superar todos os obstáculos nesta zona, até chegar à Condição-Alvo e obter o comportamento desejado no sistema.

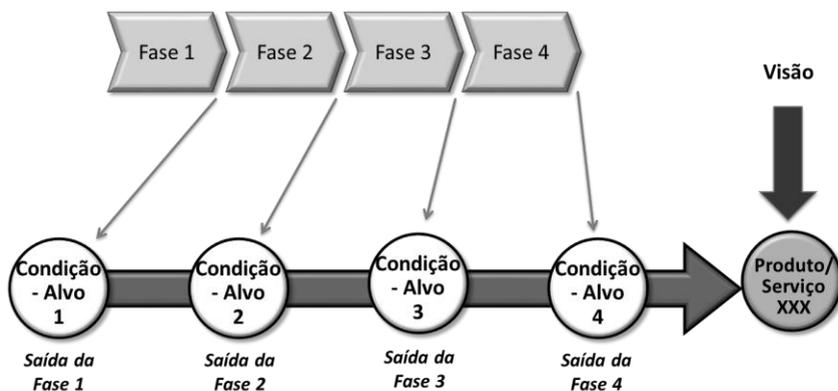
Figura 10 – Zona desconhecida entre a condição atual e Condição-Alvo.



Fonte: Adaptado de Rother (2010).

A Figura 15 apresenta uma integração da visão processual com a evolução das Condições-Alvo do sistema.

Figura 11 – Evolução das Condições-Alvo do sistema.



Fonte: Forcellini (2018).

2.2 Revisão Bibliográfica Sistemática para LSS

Dando continuidade à pesquisa bibliográfica, foi realizada uma busca por artigos ou revisões com o seguinte *query* de busca, usando o título pesquisa "2": ("*lean six sigma*") AND (*implementation OR application OR model*). A pesquisa foi limitada a artigos nos idiomas inglês, português e espanhol. A busca não foi limitada por datas. Esta busca, retornou em 26 artigos provenientes das bases de dados *online Scopus, Engineering Village e Web of Knowledge*".

No anexo desta dissertação apresenta-se um quadro com o resumo e análise da revisão Bibliográfica para LSS, do qual se extraíram os seguintes resultados:

- Implementação de LSS na indústria da manufatura (22 artigos);
- Evolução do LSS, desde seus inícios com *Japanese totality e controle Total quality management* (1 artigo);
- Fatores críticos de sucesso antes da implantação do LSS (1 artigo);
- Sinergia entre Lean e Seis Sigma (1 artigo);
- Correlação entre nível educativo da equipe e implementação do LSS (1 artigo).

2.3 Introdução ao Processo de Produção Lean

Segundo Krafcik (1988), o desperdício de maior importância e que demanda mais cuidado é a superprodução, pois deste desperdício começa a geração dos outros tipos de perdas.

Partindo desde o ponto de vista, Krafcik (1988) aponta que o STP não é simplesmente um conjunto de ferramentas para usar em determinados momentos, mas sim um sistema robusto e global atuando conjuntamente em toda a organização, trabalhando desde a base até a alta gerência para dar apoio a todo o sistema produtivo.

Por outro lado, Krafcik (1988) relata que os catorze princípios administrativos desenvolvidos por Taiichi Ohno no STP são os seguintes:

- Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento das metas financeiras de curto prazo;
- Criar um fluxo contínuo de processo e trazer os problemas à tona;
- Usar sistemas puxados para se evitar a superprodução;
- Nivelar a carga de trabalho (*heijunka*);
- Construir uma cultura baseada na premissa: “para resolver os problemas” (*jidoka*), procurando obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa;
- Tarefas padronizadas e a capacitação dos funcionários é a base para a melhoria contínua;
- Usar controles de processo para que nenhum problema fique oculto;
- Usar tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos;
- Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros;
- Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa;
- Fortalecer e manter a sua rede de fornecedores respeitando-os e ajudando-os a melhorar;
- Ver por si mesmo para compreender totalmente a situação (*genchi genbutsu*);
- Tomar decisões lentamente por consenso considerando completamente todas as opções e implementá-las com rapidez;

- Tornar-se uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável (*hansei*) e da melhoria contínua (*kaizen*).

2.3.1 *Lean Manufacturing*

O surgimento do sistema toyota de produção iniciou no Japão na década de 1950, com os sistemas japoneses desenvolvidos por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, que combinaram conhecimentos e habilidades por meio da padronização, do trabalho em equipe e conceito de equipes de trabalho. Krafcik (1988) utilizou o termo *lean production system* em sua revisão do Sistema de Produção Toyota (KRAFCIK, 1988).

Lean enquanto a filosofia baseia-se na identificação e eliminação de desperdícios que devem ser entendidos a fim de orientar de forma eficaz a aplicação das diversas ferramentas *Lean*. Em geral as transformações *Lean* empregam técnicas como *Kaizen*, troca rápida de ferramenta *SMED*, mapeamento de fluxo de valor e os cinco S, a fim de eliminar os desperdícios e proporcionar melhorias em áreas específicas (WOMACK e JONES, 2004).

Lean Manufacturing é um enfoque sistemático para a modificação do processo de produção com a diminuição dos desperdícios. A lógica do enfoque *Lean Manufacturing* consiste em remover os desperdícios dentro da empresa, ação fundamental para um fluxo de valor se tornar contínuo e puxado. O aprimoramento da produtividade conduz a operações mais enxutas e, como consequência, os problemas de desperdícios e de qualidade vão ficando cada vez mais visíveis no sistema (TAYLOR, 2000).

O conceito *Lean* foi evoluindo na procura de produzir produtos customizados e que atinjam a satisfação do cliente tendo um custo baixo.

Lean nos sistemas de produção japoneses combinam as vantagens da produção manual e da produção em massa com foco na satisfação do cliente. Este sistema sempre está procurando a melhoria contínua focando-se cada dia no pensamento enxuto sem desperdício no processo e produzindo de acordo a demanda do cliente (WOMACK e JONES, 2004).

Como resultado do estudo da empresa Toyota e devido ao sucesso no entorno de processos industriais nos anos 90 o termo *Lean* foi utilizado para descrever o Sistema Toyota de Produção (STP). Este

sistema é baseado em dois pilares: *Jidoka* ou *autonomação* e *Just in time* que são representadas normalmente pela casa do sistema Toyota de produção. A casa do STP evidencia o pensamento japonês e permite identificar como suas evoluções de melhoria contínua transformam uma pequena montadora de carros japonesa em uma das maiores empresas de venda de carros a nível mundial.

De acordo com Dahlgard Su Mi e Dahlgard-Park *et al.* (2006), existem cinco princípios para a redução desperdícios e construção de processos enxutos:

- Especificar o valor para o produto específico;
- Identificar o fluxo de valor para cada produto;
- Construir o fluxo de valor, sem interrupções;
- Permitir que o cliente obtivesse valor agregado do produto;
- Atingir a perfeição.

Segundo Clegg, Pepper e Spedding (2010), *Lean* tem tido sucesso limitado devido à falta direcionamento e compromisso da gestão. Pelo argumento anterior surge uma necessidade de utilizar outro tipo de metodologias para auxiliar no desenvolvimento dos projetos *Lean* nas indústrias de manufatura.

2.4 Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma pode ser definida como o gerenciamento dos processos que vai ao nível de qualidade excelente através de processos de melhoria (ERBIYIK e SARU, 2015).

A aplicação da metodologia Seis Sigma passa pelas etapas de definir, analisar, corrigir e melhorar as variáveis que afetam a qualidade do processo da cadeia de fornecimento, de modo a diminuir o número de defeitos e as falhas propondo um melhoramento significativo do processo. A metodologia procura a eliminação dos erros do processo no projeto do produto, produção, entrega e gerenciamento do processo. Na medida em que aumenta o controle da variabilidade aumenta também a qualidade do processo (SIMANOVA, 2015).

A metodologia Seis Sigma baseia-se no uso da estatística. O Seis Sigma foca em obter excelentes resultados e utiliza uma abordagem bem definida para a resolução de problemas a partir de ferramentas estatísticas. O direcionamento foca no incremento da satisfação do

cliente, a redução dos tempos de ciclo, e a redução das falhas (ERBIYIK e SARU, 2015).

Segundo Simanova (2015), a metodologia Seis Sigma é baseada principalmente na compreensão das necessidades e expectativas dos clientes, usando disciplinadamente os fatos, dados e análise estatística e uma abordagem cuidadosa para gestão, melhora e criação de novos processos de negócios, de produção e de serviços.

Os princípios da metodologia Seis Sigma são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Seis passos para o Seis Sigma.

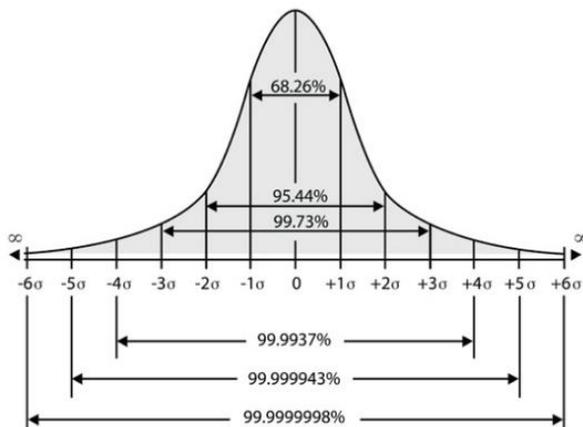
Manufatura (produtos manufaturados)	Produtos não manufaturados (serviços, administração)
1. Identificar requisitos (necessidades) físicos e funcionais do cliente.	1. Identificar o produto que a empresa cria ou o serviço que a empresa fornece aos clientes externos ou internos.
2. Determinar as características críticas do produto.	2. Identificar o cliente para seu produto ou serviço e determinar o que ele considera importante (o seu cliente vai dizer o que exige para estar satisfeito, já que, a falta de atenção aos requisitos críticos do cliente é considerada como um defeito).
3. Determinar para cada característica o melhor controle por partes, processo ou ambos.	3. Identificar suas necessidades (incluindo as necessidades de seus fornecedores) para fornecer o produto ou serviço, a fim de garantir a satisfação do cliente.
4. Determinar o máximo alcance (faixa ou limite) de cada característica.	4. Definir o processo no qual trabalhar (mapear o processo).
5. Determinar a variação do processo para cada característica.	5. Fazer prova de erro do processo e eliminar desperdício e atrasos.
6. Se a capacidade do processo é menor do que dois, redesenhar os materiais, processos e produtos de acordo com os requisitos.	6. Garantir melhoras contínuas medindo, analisando, e controlando a melhora do processo (estabelecer qualidade e ciclo de medições de tempo e metas de melhora. A métrica de qualidade comum é o número de defeitos por unidade de trabalho).

Fonte: Adaptado de Dahlgard Su Mi e Dahlgard-Park (2006)

Segundo Simanová (2015), sob o ponto de vista estatístico, o sigma é uma medida de variabilidade intrínseca de um processo, definido pelo desvio padrão e representado pela letra (σ). Sob condições de normalidade, a medida Seis Sigma representa duas partes por bilhão. Entretanto, considerando a flutuação de 1,5 sigmas do processo em uma perspectiva de longo prazo, o processo ideal operacionalmente alcançável atinge uma taxa de 3,4 defeitos por milhão (PPM), o que efetivamente equivale a 4,5 sigmas em relação à média (EHIE e SHEU, 2005).

Para um melhor entendimento do significado dos sigmas (σ) ou dos desvios padrão, Breyfogle III (2003) explica que esses se encontram entre o limite inferior de especificação (LIE) e o limite superior de especificação (LSE). Segundo os autores, estes são determinados pela quantidade de erros que foram gerados no processo e como forma de evidenciá-los, são mostrados em forma de porcentagem (Figura 10).

Figura 12 – Porcentagem de erros feitos no processo.



Fonte: Breyfogle III, (2003).

Desta forma, se o valor do desvio padrão é baixo, mais uniforme será o processo e menor variação existirá entre os resultados; e quanto menor for o desvio padrão, então melhor será o processo e menor será a possibilidade de falhas (TRAD e MAXIMIANO, 2009).

Segundo Simanová (2015), a essência do Seis Sigma é uma metodologia que se baseia no princípio de melhoria dos processos de negócios, reduzindo sua variabilidade. A base para alcançar a estabilidade do processo consiste em reduzir o número de defeitos dos produtos e os desvios a partir dos valores limites desejados do processo. Estes defeitos são a causa da falha do produto e são demorados e caros.

De acordo com Bendell (2006), a implementação propriamente dita do Seis Sigma envolve uma série de etapas focadas na melhoria contínua e utiliza modelos tais como o DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*), DFSS (*Design for Six Sigma*), e o DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design e Verify*). O modelo

DMAIC foi concebido e aperfeiçoado para aplicações em processos já existentes em ambientes de manufatura, processos e serviços, enquanto que o modelo DMADV é adotado quando novas implantações de processos, produtos, serviços, entre outros serão feitas ou quando o nível sigma atual já está alto, em torno de cinco sigmas.

Seis Sigma se baseia no uso de métodos estatísticos para identificar defeitos e melhorar os processos e, ao mesmo tempo, responder às necessidades dos clientes. O anterior sugere que existe uma correlação direta entre os defeitos que aparecem nos produtos ou serviços e a satisfação do cliente (TSIRONIS, PSYCHOGIOS e AL-MASHARI, 2016).

2.5 Conceitualização do DMAIC

O DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) ou ciclo de melhoria contínua que representa Definir-Medir-Analisar-Implementar-Controlar, é uma metodologia bastante utilizada pelas empresas na melhoria de seus processos, devido á flexibilidade na utilização, sendo uma ferramenta que pode ser implementada em diferentes setores da manufatura, com a possibilidade de utilização da metodologia numa quantidade incontável de industrias.

O DMAIC é uma metodologia usada para atingir a melhoria de um processo que é composta por cinco etapas que estão descritas abaixo, observando que cada uma de estas etapas está ligada e cada etapa posterior depende intrinsecamente da etapa anterior.

2.5.1 Definir

Segundo Anderson e Kovach (2014), a etapa Definir estabelece a forma que vai ter o projeto Seis Sigma e identifica a necessidade particular de cada empresa, devido que a metodologia é aplicável na maioria de empresas de manufatura. Esta etapa inicial precisa do entendimento das entradas do processo e das saídas do processo e também compreender “A voz do cliente” identificando e observando detalhadamente os problemas dos clientes.

Timans *et al.* (2014), apresentam algumas ferramentas na implementação do DMAIC na etapa definir:

- Seleção do projeto;
- Plano estratégico;

- Saber os requisitos do cliente;
- Caracterizar o produto;
- Conhecer as variáveis a controlar;
- Caracterizar os instrumentos de medição.

2.5.2. Medir

Segundo, Timans *et al.* (2014) a etapa Medir envolve um estudo e entendimento das variáveis que afetam a qualidade. Este requer um desenvolvimento operacional definido para cada variável, deve se garantir a repetitividade e reprodutibilidade na medição. Determinando se os sistemas de medida são apropriados para cada necessidade do estudo, e estabelecendo uma linha base de referência de capacidades no processo.

Timans *et al.* (2014) indicam algumas ferramentas na implementação do DMAIC na etapa Medir:

- Estabelecer os limites do processo (máx. e min);
- Identificar o tipo de respostas do sistema;
- Definir a quantidade de dados a utilizar;
- Controle estatístico de processo (conceitos, implicações da instabilidade).

2.5.3 Analisar

Segundo Anderson e Kovach (2014), a etapa Analisar envolve a identificação dos principais problemas para as variáveis que influenciam na qualidade, definindo e caracterizando uma análise para cada problema, seguido da reflexão sobre o mesmo para cada variável identificada, organiza-se do mesmo modo as variáveis de maior importância e realiza-se um trabalho de análise com os dados coletados na etapa de medição, utilizando-se um desenho experimental que ajuda a determinar as possíveis melhorias a ser implantadas no controle da variabilidade do processo.

Timans *et al.* (2014) apontam algumas ferramentas na implementação do DMAIC na etapa Analisar:

- Analisar a capacidade do processo por métodos estatísticos;
- Analisar os desvios padrão;
- Estabelecer causas do erro ou do desperdício.

2.5.4 Implementar

Montgomery e Woodall (2008), argumentam que na etapa de Medir e Analisar, as equipes determinam o tipo de coleta de dados e como analisam os mesmos, identificam as fontes de variabilidade e determinar a interpretação dos dados obtidos. Na etapa de Implementação realiza se alterações específicas no processo e outras que podem estar fora dele, mas estão impactando.

Algumas ferramentas são utilizadas na etapa de Implementar no planejamento dos novos processos de melhoria e fluxo de trabalho, também reduzindo os gargalos. Algumas vezes são utilizados *mistake proofing* feitos para que a operação consiga ser feita em uma soa direção e a operação seja útil (MONTGOMERY e WOODALL, 2008).

Timans *et al.* (2014), apresentam algumas ferramentas na implementação do DMAIC na etapa implementar:

- Projeto de experimentos DOE;
- Implementar um projeto robusto.

2.5.5 Controlar

Montgomery e Woodall (2008) argumentam que um dos objetivos da etapa de Controle é completar o trabalho faltante do projeto e melhorar o processo com um plano de controle e outros procedimentos necessários para ter a certeza que o projeto será mantido na empresa.

O processo de controle é um sistema de monitoramentos das soluções que foram implementadas nas etapas anteriores, incluindo métricas para auditorias periódicas.

Quadro de controle é uma ferramenta estatística importante utilizada na etapa de controle do DMAIC, outros processos de controle envolvem métricas críticas de processo. Isto inclui checar os resultados obtidos durante muitos meses depois de acabar o projeto, para assegurar que os resultados da melhoria continuem funcionando conforme o esperado.

Timans *et al.* (2014) indicam algumas ferramentas na implementação do DMAIC na etapa “Controlar”.

- Análises de sensibilidade;
- Prova de erros no sistema;
- Testes de validação;

- Estratégias de controle;
- Controle estatístico de processo (Quadros de controle).

2.6 Lean Seis Sigma (LSS)

A metodologia Lean Seis Sigma (LSS) consiste na integração das metodologias Lean (L) e Seis Sigma (SS) sendo que o principal foco do Lean é a melhoria em processos reduzindo desperdício, enquanto o SS principalmente concentra-se na melhoria de processos por se mesmos examinando relações causais por meio de uma coleção e análises de dados reais (TIMANS, 2016).

O LSS vem liderando o melhoramento em processos por meio de características chaves das duas metodologias e fazendo uma combinação destas características focando-se na criação de valor para o cliente (THOMAS e FRANCIS, 2016).

Seis Sigma complementa Lean oferecendo uma abordagem mais científica, na qual, através do uso de ferramentas como os gráficos de controle, os processos podem ser controlados e se diminui o desperdício causado por um processamento defeituoso (CLEGG, PEPPER e SPEDDING, 2010).

Segundo Antony (2012), para reduzir os desperdícios e custos, deve se reduzir o número de passos que não geram valor agregado através da eliminação sistemática em processos críticos de negócios e leva a uma entrega mais rápida do serviço. No entanto é vital que a gerência comece a mudança.

Clegg, Pepper e Spedding (2010) adaptaram uma proposta sobre os aspectos chaves de Lean e de Seis Sigma e apresentaram o sinergismo entre as duas metodologias (ver Quadro 4).

Quadro 4 – Sinergia entre Lean e Seis Sigma

Lean	Seis Sigma
Estabelecer metodologia para melhoria	Cria as políticas para a implementação de metodologias
Foco no fluxo de valor do cliente	Medição de requisitos do cliente
Usar uma implementação baseada em projeto	Desenvolve as habilidades de gerenciamento de projetos
Compreender as condições atuais	Descoberta de conhecimento
Coletar dados de produtos e produção	Ferramentas de coleta e análise de dados
Documento de <i>layout</i> e fluxo atual	Mapeamento de processo e fluxograma
Tempo do processo	Ferramentas e técnicas de coleta de dados, SPC
Calcula capacidade de processo e <i>takt-time</i> (<i>takt-time</i> e a razão entre o tempo disponível para a produção e a demanda de mercado)	Ferramentas e técnicas de coleta de dados, SPC
Criar folhas de combinação de trabalho padrão	Planejamento do controle de processo
Avalia as opções	Causa e efeito, FMEA
Planejar novos layouts	Habilidades de equipe, gerenciamento de projetos
Teste para confirmar a melhora	Métodos estatísticos para a comparação válida, SPC
Reduzir tempos de ciclo, defeitos do produto, Tempo, falhas de equipamento, etc.	Sete ferramentas de gestão, sete ferramentas de controle de qualidade, desenho de experimentos

Fonte: Clegg, Pepper e Spedding (2010).

As organizações que introduzem os conceitos *Lean* e SS buscam a redução de custos, a satisfação do cliente, a qualidade, a

produtividade e a melhora dos processos (YADAV e DESAI, 2016). Segundo GEORGE (2003), a fusão do *Lean* e SS é necessária, uma vez que a metodologia *Lean* não conta com o controle estatístico do processo e o SS não tem mecanismos para acelerar o processo.

Atualmente, as contribuições teóricas e metodológicas do desenvolvimento LSS são escassas, pois são poucos os estudos de caso onde se realiza uma estrita aplicação da metodologia LSS. Um dos principais desafios para a implementação bem-sucedida LSS é a falta de indicadores de desempenho como base para a sua aplicação, bem como a falta de compromisso e pouca clareza percebida pelos gerentes e gestores de nível médio sobre os efeitos positivos de uma cultura de melhoria contínua, que se reflete em um baixo comprometimento para mudar.

Segundo Thomas (2008), outro desafio é a ideia errônea de que a implementação da metodologia LSS envolve necessariamente a redução dos benefícios financeiros e/ou materiais, ou uma redução da força de trabalho, por isso as aplicações destas metodologias mediante estudos de casos são importantes para verificar as ferramentas da metodologia LSS.

2.6.1 Implementação de Lean-Seis Sigma

Segundo Filardi, Berti e Moreno (2015), LSS pode ser implementada a partir de várias metodologias dependendo das necessidades da empresa. Assim, por exemplo, quando a empresa precisa inserir um produto o serviço no mercado pela primeira vez, pode-se aplicar a metodologia **CQDFSS** (*Commercial Quality Design for Six Sigma*). Para o desenvolvimento de novos produtos sem ter uma referência para avaliar pode-se usar o **IDOV** (*Identify, Design, Optimize, Validate*). Para a melhoria de processos existentes aplica-se o **DMAIC** (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), porém, se o objetivo é redesenhar os processos que não estão cumprindo com os objetivos de melhoria, então pode-se aplicar o **DMADV** (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*).

Segundo Filardi, Berti e Moreno (2015), a implementação de LSS geralmente deve ser realizada ajustando a metodologia às características da empresa. Os autores indicam que inicialmente deve ser realizado um reconhecimento da empresa de acordo com número de empregados, os principais grêmios a que pertencem, as alianças

estratégicas, a quantidade e tipo de fornecedores e a organização interna. Também é importante coletar informação específica sobre as linhas de produção, os custos de produção, o tipo e frequência da manutenção, os materiais e otimização de materiais, o grau de capacitação, o grau de apropriação do conhecimento e a otimização do recurso humano. Esta metodologia permitirá identificar os processos internos para o uso dessa informação na implementação do LSS.

Filardi, Berti e Moreno (2015), indicam que, inicialmente, com a coleta de dados é fundamental a identificação dos problemas. A primeira etapa deve validar a percepção dos problemas que a empresa possui com relação a tempo e custos, derivados dos problemas identificados pelos funcionários. Deve ser realizada uma coleta representativa de respostas com o pessoal de gestão e também com o pessoal do chão de fábrica.

Na implementação do LSS, deve-se também definir o tempo de duração do projeto de melhoria dentro da empresa. Adicionalmente é necessário definir a equipe de trabalho que acompanhará o processo e, embora nem todo o pessoal possua um cargo administrativo, alguns deles serão responsáveis por participar da análise e da elaboração relatórios.

Lean e Seis Sigma devem ser combinados por meio de uma gestão integrada de qualidade, que otimiza os sistemas como um todo e se concentra nas estratégias corretas nos lugares corretos. Assim, qualquer modelo deve ser estratégico e centrado no processo, deve ter um equilíbrio entre complexidade e sustentabilidade do projeto e cada solução deve ser estruturada em torno do tipo de problema experimentado (PEPPER e SPEDDING, 2010).

Segundo Tsironis, Psychogios e Al-mashar (2016), LSS pode ser considerada como outra evolução dos instrumentos de gestão para enfrentar uma maior concorrência e as mudanças no mercado. Porém, a sua implementação deve ser abordada como um processo multifatorial (Integração do LSS com a estratégia do negócio, satisfação do cliente, liderança comprometida, manejo da cultura organizacional, cultura de grupo, a cultura desenvolvimento e cultura racional), treinamento, trabalho em equipe, inovação e importância dos sistemas técnicos, entre outros.

A implementação da metodologia LSS alcança melhorias de forma rápida na satisfação do cliente, custo de qualidade, e velocidade do processo (TSIRONIS, PSYCHOGIOS e AL-MASHARI, 2016)

2.7 Considerações do Capítulo

Este capítulo apresentou a revisão em que inicialmente, apresentaram-se alguns conceitos com o objetivo de compreender os principais temas que são desenvolvidos na pesquisa. Posteriormente, por meio de busca sistemática foram identificadas publicações sobre LSS e a Abordagem Toyota Kata.

A busca retornou vários processos de implantação do LSS em diferentes setores da manufatura e foram identificadas algumas praticas que os autores destacaram de importância no processo de implementação do LSS.

No portfolio de trabalhos sobre abordagem Toyota Kata, percebeu-se que essa temática tem sido abordada em diferentes ambientes indústrias. Os trabalhos apontam que o sucesso dessas iniciativas se deve principalmente aos líderes das equipes, pois eles são os principais atores nas mudanças junto com a equipe.

Ainda, constata-se que as empresas precisam tempo e dedicação para se tornar eficientes, a abordagem Toyota Kata foca na mudança da cultura, por meio da superação de obstáculos com ajuda do método científico em sua forma de ciclos PDCA.

Este capítulo deixa como resultado uma visão da produção acadêmica dos temas tratados e ajudou o pesquisador a obter informações necessárias para desenvolver o método de uma forma sistêmica.

3 MÉTODO PROPOSTO

No presente capítulo será apresentado o método proposto, que integra a abordagem Toyota Kata e a metodologia LSS. Para tanto, inicia-se o capítulo explicando o desenvolvimento do método, a interação dos ciclos PDCA na superação dos obstáculos, bem como as saídas das Condições-Alvo para cada fase (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar).

O método é utilizado na implantação do LSS por meio da abordagem Toyota Kata como base teórica da pesquisa que posteriormente será efetuada no experimento de avaliação do método.

Tem como base a orientação da abordagem Toyota Kata e LSS, visando alcançar a melhoria contínua dos processos empresariais e a sustentabilidade dessas melhorias no tempo, mediante a utilização da rotina.

A utilização da abordagem Toyota Kata na implantação de LSS se justifica pela obtenção dos seguintes benefícios nos processos empresariais relacionados com a manufatura:

- Gerar o envolvimento ativo da equipe e o *coach* na análise e desenvolvimento das melhorias;
- Possibilitar a obtenção de um processo da melhoria alinhado com os objetivos estratégicos da empresa, e não de maneira isolada;
- Trazer melhorias por meio da geração das ideias da equipe e a implementação das mesmas para uma posterior análise das ações no caminho na superação dos obstáculos;
- Possibilitar reflexão sobre cada ação planejada com a análise dos resultados, para gerar conhecimento.

3.1 Método Proposto

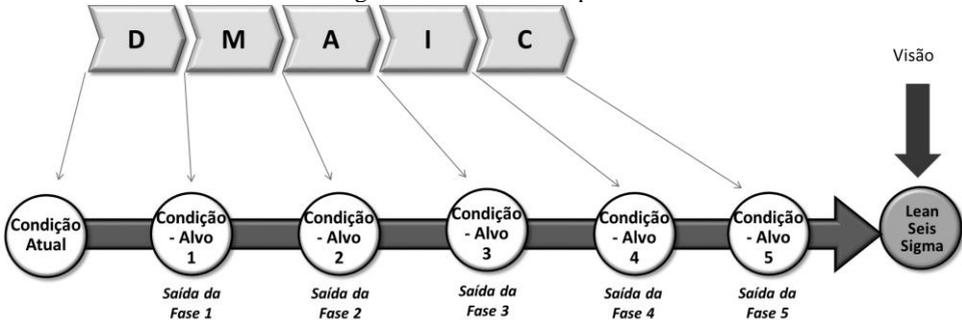
Conforme mostrado no Capítulo 2, os principais problemas identificados na metodologia LSS são a falta de perenidade das melhorias e a falta de um método eficaz e de fácil compreensão para as equipes na implementação da metodologia LSS em empresas de manufatura.

O método baseia-se na utilização das rotinas Kata de Melhoria e de *Coaching*. Para implantação do LSS por meio das fases do DMAIC,

a iniciativa de melhoria foi inserida no contexto da Abordagem Toyota Kata.

Para que a visão mostrada na Figura 14 seja atingida, são definidas previamente Condições-Alvo na implantação do LSS, em que o atingimento de cada Condição Alvo determina a saída de cada fase.

Figura 14 – Método Proposto



Fonte: Elaboração própria.

3.1.1 Condição-Alvo 1: saída da fase Definir

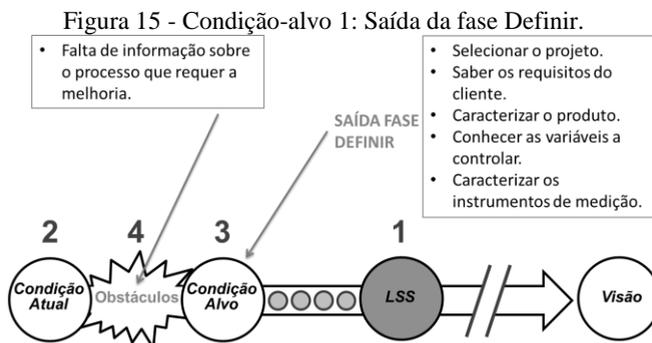
A primeira Condição-Alvo é a saída da fase definir do DMAIC, para a qual identifica-se o problema, os requisitos dos produtos, os requisitos das melhorias (por exemplo defeitos ou desperdícios) as características e especificações atuais da linha ou do produto (especificações legais e do cliente), a quantidade de variáveis a controlar e a instrumentação para medir o comportamento do processo.

Nesta fase são selecionadas algumas ferramentas essenciais do LSS dependendo do tipo de problema e do tipo de empresa, que auxiliam na identificação de possíveis problemas para os quais é aplicável a melhoria contínua.

Os possíveis objetivos a serem alcançados na fase Definir, são:

- Seleção do produto;
- Plano estratégico;
- Saber os requisitos do cliente;
- Caracterizar o produto;
- Conhecer as variáveis a controlar;
- Caracterizar os instrumentos de medição.

A Figura 15 apresenta a primeira Condição-Alvo, a qual é a saída da fase “Definir” baseada na Abordagem Toyota Kata, a fim de garantir a compreensão do problema.



Fonte: Elaboração própria.

3.1.2 Condição-Alvo 2: saída da fase Medir

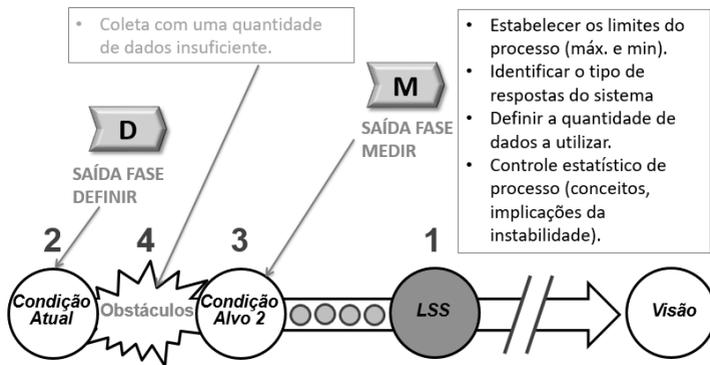
Na segunda Condição-Alvo, identifica-se a saída da fase Medir do LSS como elemento quantificador das variáveis do processo, identificando os limites mínimos e máximos do processo para cada variável e o tempo máximo de cada subprocesso, ou outras medições como tamanho, número máximo de defeitos e a quantidade de dados a coletar para realizar a estatística (histogramas de frequência, desvios padrão, variabilidade, entre outros).

As possíveis ferramentas a serem usadas na fase Medir, são:

- Estabelecer os limites do processo (máx. e min);
- Identificar o tipo de respostas do sistema;
- Definir a quantidade de dados a utilizar.;
- Controle estatístico de processo (conceitos, implicações da instabilidade);

A Figura 16 apresenta a segunda Condição-Alvo saída da fase Medir baseada na abordagem Toyota Kata.

Figura 16 – Condição-Alvo 2: Saída da fase Medir.



Fonte: Elaboração própria.

3.1.3 Condição-Alvo 3: saída da fase Analisar

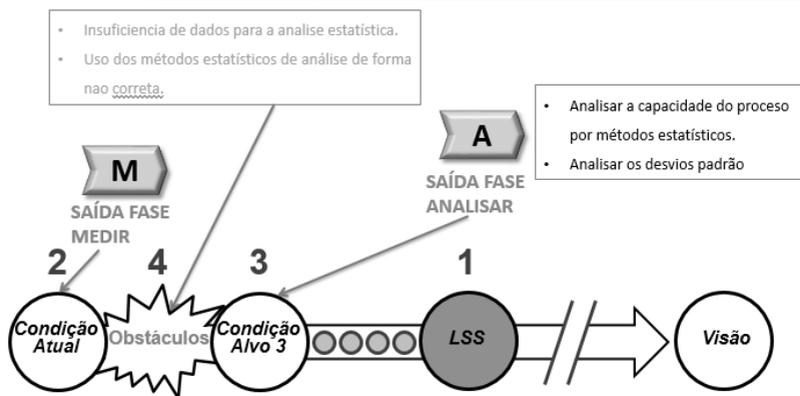
A terceira Condição-Alvo é a saída da fase Analisar do LSS e consiste em avaliar o comportamento do processo mediante a capacidade de processo. A partir do resultado será definido se o processo é capaz e se está dentro das especificações. Nesta etapa de análise são elaborados diagramas de causa/efeito para identificar a causa dos problemas e dos desvios padrão e as possíveis formas de agir frente a cada defeito, desperdício ou problema.

As possíveis ferramentas a serem usadas na fase Analisar, são:

- Analisar a capacidade do processo por métodos estatísticos;
- Analisar os desvios padrão;
- Estabelecer causas do erro ou do desperdício.

A Figura 17 apresenta a terceira Condição-Alvo da fase Analisar.

Figura 17 – Condição-Alvo 3: Saída da fase Analisar.



Fonte: Elaboração própria.

3.1.4 Condição-Alvo 4: saída da fase Implementar

A quarta Condição-Alvo é a saída da fase Implementar a qual é executada por meio da abordagem Kata de Melhoria e *Coaching*. O objetivo consiste em fazer a melhoria no processo analisado na fase anterior, devendo ser ensinada por meio de Kata *Coaching* com ajuda da liderança das pessoas que mais conhecem do processo para que o conhecimento passe de um nível superior até um nível inferior do processo.

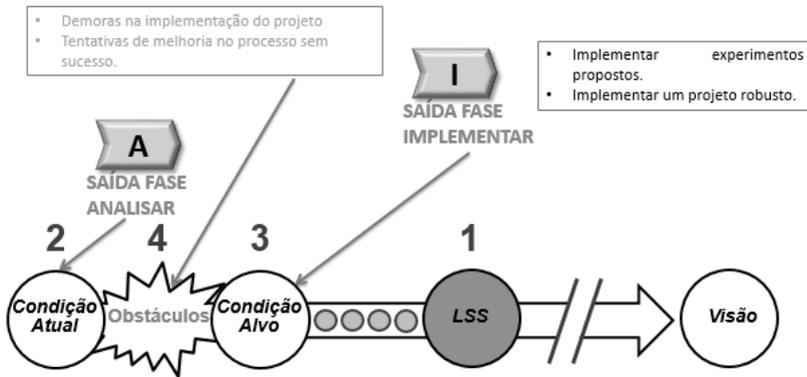
Esta Condição-Alvo se torna uma necessidade de alteração da maneira de fazer e desenvolver ações para diminuir o impacto das causas dos problemas na qualidade. Da mesma forma, o objetivo da qualidade é melhorar o produto sem alterar os tempos de produção.

As possíveis ferramentas a serem usadas na fase Implementar são:

- Implementar os experimentos propostos;
- Implementar um projeto robusto.

A Figura 18, apresenta a quarta Condição Alvo saída da fase Implementar.

Figura 18 - Condição-alvo 4: saída da fase Implementar.



Fonte: Elaboração própria.

3.1.5 Condição-Alvo 5: saída da fase Controlar

A Quinta Condição-Alvo é a saída da fase Controlar, na qual são comparados os resultados iniciais e finais do processo de melhoria, também é realizada uma avaliação dos resultados obtidos para assegurar que a melhoria vai-se manter no tempo.

Esta Condição-Alvo garante que não retorne o processo na condição inicial. Uma boa maneira de fazer ciclos Kata continuamente na empresa e estimular que o processo de melhoria faça parte da rotina diária da empresa e não eventos isolados de melhoria.

As possíveis ferramentas a serem usadas na fase Controlar são:

- Análises de sensibilidade;
- Prova de erros no sistema;
- Testes de validação;
- Estratégias de controle;
- Controle estatístico de processo (Quadros de controle).

A Figura 19 apresenta a quinta Condição-Alvo: saída da fase Controlar.

4 VERIFICAÇÃO DO MÉTODO

No presente capítulo será verificado o comportamento do método proposto, que integra a abordagem Toyota Kata e a metodologia LSS. Para tanto, inicia-se o capítulo explicando a simulação de cenários de manufatura como ferramenta de ajuda na avaliação do comportamento do método proposto.

Como objetivo deste capítulo será verificar se o método proposto consegue alcançar os resultados esperados que são a implementação de LSS com cada uma de suas fases (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) e a sustentabilidade no tempo das melhorias implementadas no processo.

Para a verificação do método proposto utilizou-se a simulação baseada em cenários de manufatura devido a seu baixo custo de utilização e sua grande flexibilidade para desenvolver diferentes áreas da manufatura.

Busca-se verificar os aspectos positivos e negativos do método de implementação do LSS utilizando a abordagem Toyota Kata, observar processo e as principais dificuldades na reprodução do mesmo.

Definindo-se desde o início a direção do experimento de aplicação e alcançando as condições alvos sempre na direção do desafio que é implantação do LSS por meio de *Coach* e aprendiz.

4.1 Cenário de Simulação

Segundo (PROBST et al., 2005), as ferramentas de simulação de processos de manufatura apresentam uma simulação tipo cenário, usado para a avaliação sobre os efeitos de parâmetros particulares sobre o comportamento da simulação. Neste tipo cenário só os parâmetros considerados conseguem ser variados, enquanto todos os outros parâmetros permanecem constantes sobre valores pré-estabelecidos pelo usuário.

O campo da manufatura permite a aplicação da simulação de cenários sendo uma ferramenta eficaz para validação de métodos e arquiteturas antes de serem aplicadas no chão de fábrica. Sistemas de tecnologia têm demonstrado utilidade para sistemas de manufatura com a interação e a cooperação de cenários com agentes específicos para

facilitar a simulação da manufatura em um caminho apropriado e flexível (KAIHARA *et al.*, 2017).

De acordo com Ruiz *et al.* (2014), os modelos de simulação têm o potencial de prover mais do que a informação que é requerida e também reduz os riscos no projeto, análises e a operação em sistemas complexos. Muitas das ferramentas de simulação são focadas para resolver problemas relacionados ao planejamento de manufatura. Existem ferramentas de simulação que oferecem otimizações para melhorar modelos estatísticos antes de simular o processo, e outras ferramentas de simulação que permitem usar e modificar o modelo.

Ferramentas atuais de simulação de manufatura permitem a definição de modelos estatísticos de acordo com as necessidades do cliente e ao mesmo tempo prover modificações da manufatura durante o processo de simulação que se adequem as alterações da fábrica. Para atingir este propósito o modelo deve permitir definir variáveis e suas capacidades de uma maneira flexível (RUIZ *et al.*, 2014).

De acordo com Ruiz *et al.* (2014), a simulação permite avaliar de uma forma eficaz diferentes tipos de variáveis num processo produtivo e sem alteração real dos processos da empresa o que levaria a custos desnecessários.

A seguir serão apresentados os elementos utilizados na simulação.

4.1.1 Sala integrada de projetos *OBEYA*

Segundo Morgan e Liker (2006), *obeyas* são uns espaços dedicados, tanto para a coordenação quanto para a resolução de problemas, e são projetadas para minimizar barreiras organizacionais.

O gerenciamento visual é o aspecto chave, com as paredes da *obeya* tipicamente preenchidas com gráficos, tabelas e outros dados ou comunicações para os membros da equipe revisar e agir.

Além disso, uma *obeya* é um ambiente colaborativo e o resultado final: soluções mais rápidas e mais eficazes.

A *obeya* é um mecanismo de integração que contribui para manter a coesão dos diferentes grupos funcionais. A Figura 20 exemplifica estes espaços.

Figura 20 – Um exemplo de Sala *obeya*



Fonte: Morgan e Liker (2006).

4.1.2 Equipe

Primeiramente, é definida a equipe para desenvolver a implementação e avaliação do método proposto. Dentre a equipe, deve-se escolher um aprendiz e ele é o representante da equipe nos ciclos da Abordagem Kata de *Coaching*.

O aprendiz será o responsável de fazer a implantação do LSS por meio da Kata de Melhoria e *Coaching*, utilizando o software de simulação de processos de manufatura *Simio*.

O *Coach* será o responsável por apoiar a equipe a planejar as ações de melhoria na direção correta em cada ciclo PDCA e na verificação e análise do preenchimento do *Storyboard*.

A equipe que participou na avaliação foi formada por integrantes do grupo de pesquisa GEPPS, devido a possuírem conhecimento na área de manufatura, são eles:

- SMW, Engenheiro de Produção, Mestre em Engenharia e doutorando do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, atuou no papel de **Aprendiz**;
- ABR, Engenheiro Mecânico e mestrando do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, atuou no papel do segundo **Aprendiz**;
- ASZ, mestrando do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, atuou no papel de **Coach**.

4.1.3 Caracterização do cenário de simulação

O cenário preparado representa uma montadora de bicicletas de pequeno porte que opera com um turno de 8 horas, das 8:00 às 12:00 h e das 13:00 às 17:00 h, com 30 min de intervalo, sendo que 19 trabalhadores compõem a equipe de colaboradores da empresa, sendo a capacidade média atual da empresa de 270 bicicletas/semana.

A empresa busca alcançar diferenciais competitivos para conquistar maior participação no mercado tornando-se referência em qualidade dentro dos próximos quatro anos.

No planejamento estratégico, a diretoria decidiu focar sua visão no aumento de 15% na participação do mercado regional e na melhoria aumento da sua produção de 270 unidades/semana para 360 unidades/semana.

A empresa tem focado em um mercado de clientes que necessitam de bicicletas simples e de boa qualidade, e com durabilidade para usarem no dia a dia.

Seus processos internos vêm apresentando frequentes problemas de qualidade, manufatura do produto e atrasos nas entregas, com uma variação em sua capacidade produtiva e em sua qualidade.

Para buscar eficiência, grupos de melhoria foram criados conforme as respectivas subáreas de gestão (Planejamento estratégico, produção e qualidade) para as quais as metas estratégicas foram respectivamente desdobradas.

Neste desdobramento os setores: fabricação, pintura e montagem foram incumbidos de reduzir o tempo de produção, aumentar utilização da mão de obra dos colaboradores e melhorar a qualidade do produto, para assim, alcançar o objetivo comum da empresa e posteriormente melhorar ainda mais o lucro por bicicleta.

Foram identificados alguns problemas, entre eles:

1. Elevada porcentagem de peças erradas no processo de corte e dobra (10% de peças com não conformidade do total de peças produzidas com os parâmetros estabelecidos);

2. Baixa utilização de colaboradores, em que alguns destes passam grande parte dos dias com ociosidade (40 % do tempo dos trabalhadores é ineficiente);

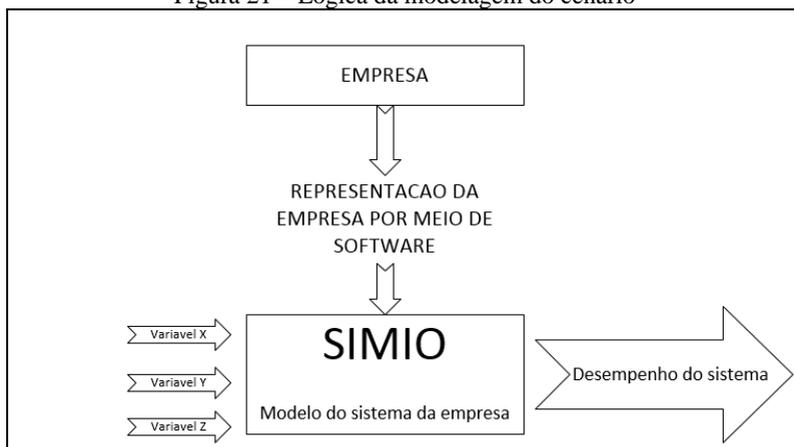
3. Elevado tempo para setup do processo de pintura (uma hora por cada dia), sendo então que o equipamento de pintura necessita um longo período para a sua preparação;

4. Atividades que não agregam valor e que são realizadas durante o processo produtivo como retrabalho nas peças e demoras de entrega de material entre cada processo:

- Retrabalho nas peças produzidas;
- Estoque entre os processos.

A modelagem do processo de fabricação das bicicletas foi feita por meio do *software* de simulação SIMIO. Este *software* requer variáveis de entrada (tempo por setor, quantidade de erros por peça) para conseguir estruturar o funcionamento do processo e as variáveis de saída. Com estes parâmetros obtém-se um resultado do desempenho no sistema. A Figura 21 apresenta esquematicamente a lógica da modelagem que está na programação do *software* SIMIO.

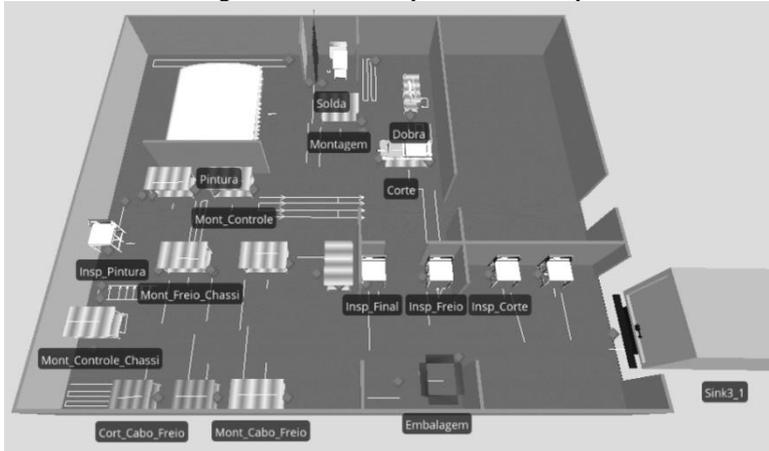
Figura 21 – Lógica da modelagem do cenário



Fonte: Elaboração própria (2018).

Na representação gráfica da empresa é possível evidenciar o cenário utilizado no programa de simulação. A Figura 22 ilustra uma visão esquemática da empresa a ser simulada no *software* SIMIO com todas as áreas da montadora de bicicletas.

Figura 22 - Visão esquemática da empresa

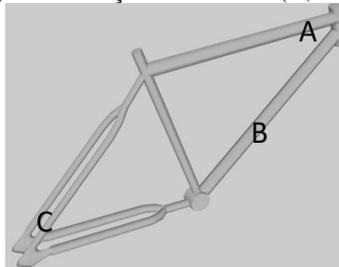


Fonte: Werner (2017).

4.1.4 Peças da bicicleta

A bicicleta montada se compõe basicamente de três peças na estrutura para sua construção (A, B, C) mostradas esquematicamente na Figura 23, as quais são produzidas diariamente nos turnos especificados anteriormente.

Figura 23 - Peças da Bicicleta (A, B e C)



Fonte: Werner (2017).

4.1.5 Planejamento de avaliação do método proposto

Dos quatro setores da empresa (corte, soldagem, pintura e montagem), foi selecionado o setor de corte para ser utilizado para avaliar o método proposto, pois é o setor dentro da empresa com mais

quantidade de peças produzidas e com algumas causas dos defeitos das bicicletas como a falta de um sistema de medição nas peças, falta de um sistema de fixação da tubulação e ferramenta de corte sem manutenção, isto evidencia a possibilidade da implementação de LSS e da melhoria na qualidade.

O objetivo de utilizar a simulação de cenários de manufatura é usá-la como ferramenta de auxílio para a equipe. Esta ferramenta possibilitará a extração de informações sobre o funcionamento da empresa. Ademais, permitirá a equipe caracterizar a Condição-Atual e posteriormente, visualizar as melhorias do nível do sigma nas peças produzidas no setor de corte. À medida que os ciclos de PDCA são realizados, cada obstáculo será superado e a Condição-Atual vai mudando, podendo também ser visualizada no *software*.

Alcançar as Condições Alvo é um objetivo fundamental na avaliação do método a fim de permitir reflexões da equipe para examinar se o método está sendo utilizado de uma maneira eficaz e clara. A seguir, apresenta-se o planejamento para alcançar as Condições Alvo do método:

- Condição-Alvo 1

Inicialmente, é planejado que a equipe compreenda os conceitos básicos da abordagem Toyota Kata e a metodologia LSS, além de observar o funcionamento da empresa, por meio da simulação do cenário da montadora de bicicletas. Estas atividades são contempladas na etapa “definir”, provenientes do cenário de simulação na Condição-Atual da montadora de bicicletas.

Como passo seguinte, a equipe vai preencher os obstáculos, “o que planeja?”, “o que espera?”. Após a equipe superar os obstáculos, será registrado “o que aconteceu?” e “o que aprendeu?”. Se o obstáculo foi superado, vai para o próximo. Se o obstáculo não foi superado, deve-se planejar outra ação para superá-lo.

- Condição-Alvo 2

Planeja-se que a equipe colete os dados do processo para saber os erros de cada peça (A, B e C). A equipe analisará quais são os dados necessários na coleta e solicitará estes para o *Coach*. Esta etapa faz parte da fase medir do DMAIC.

Como passo seguinte, a equipe vai preencher e escolher o obstáculo. Após o *Coach* validar as melhorias no processo e a equipe registra “o que planeja?” e “o que espera?”. Depois da ação de melhoria realizada e consequentemente, na superação do obstáculo, a equipe registra “o que aconteceu?” e “o que aprendeu?”.

- Condição-Alvo 3

Planeja-se que a equipe determine as principais causas dos erros de qualidade no processo de corte por meio de análise estatística. Esta etapa corresponde a fase analisar do DMAIC com o propósito de calcular se o processo é capaz.

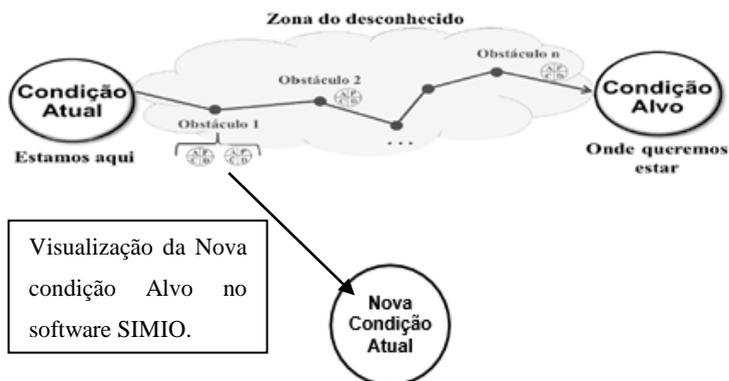
Como passo seguinte, a equipe vai preencher e escolher o obstáculo, “o que planeja?” e “o que espera?”. O *Coach* faz uma rodada para validar a realização da ação de superação do obstáculo, depois a equipe registra “o que aconteceu?” e “o que aprendeu?” no *Storyboard*.

- Condição-Alvo 4

Planeja-se que a equipe consiga obter a mínima quantidade de defeitos e o máximo nível de Sigma no processo de corte das peças (A, B e C). Em vista disso, a equipe deve realizar iterações para aumentar o nível de sigma no processo de corte.

Na Figura 24 mostra-se a condição atual variando de acordo com a superação de obstáculos em cada ciclo PDCA até alcançar a Condição-Alvo. Esta variação da Condição Atual do processo de corte é possível visualizá-la no *Software* SIMIO.

Figura 24 – Nova Condição Atual.



Fonte: Elaboração própria.

Como passo seguinte, a equipe vai preencher, para cada obstáculo, os campos: “o que planeja?” e “o que espera?”. Após a implementação da ação planejada, e da verificação do comportamento do sistema, preenche-se o campo “o que aconteceu?” e depois o campo “o que aprendeu?”. Tudo isto registrado no *storyboard*.

- Na Condição-Alvo 5

Planeja-se que, a equipe na saída da fase Controlar, consiga manter o máximo nível de Sigma no processo de qualidade da empresa. Como passo seguinte, a equipe vai preencher para os obstáculos, “o que planeja?” e “o que espera?”. Após da superação dos mesmos preenche-se “o que aconteceu?” e “o que aprendeu?”. Tudo isto deve ser registrado no *storyboard*.

4.2 Interação dos Ciclos PDCA na Implementação do Método

A Condição-Atual precisa ser estabelecida para iniciar a abordagem Toyota Kata. O processo apresenta problemas resultantes do planejamento da produção e problemas na qualidade do produto. Assim,

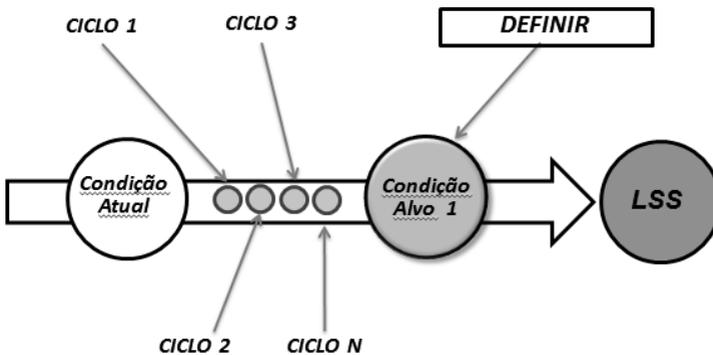
com base no anteriormente exposto, busca-se melhorar esta Condição-Atual com a utilização do método proposto.

A partir do desafio entregue, deu-se início efetivamente aos ciclos de Kata de Melhoria e Kata *Coaching*. Com isto, seguindo a sistemática desenvolvida, apresentam-se os registros resultantes da utilização das duas rotinas da abordagem Toyota Kata, de acordo com as com as cinco Condições-Alvo definidas no Capítulo 3.

4.2.1 Condição-Alvo 1: Saída da fase Definir

Foi necessário definir a Condição-Alvo “Introduzir os conceitos básicos da abordagem Toyota Kata e a metodologia LSS, bem como conhecer a condição atual no chão de fábrica”, conforme apresentado na Figura 25. Esta etapa teve como objetivo iniciar a interação da equipe com o processo de melhoria por meio de curtos ciclos de PDCA.

Figura 25 - Condição-Alvo 1: Saída da fase Definir.



Fonte: Adaptado de Rother (2014).

Após o registro das primeiras informações, o *Coach* solicitou que os Aprendizes se reunissem para discutir e listar os obstáculos que entendem estarem impedindo de atingir a primeira Condição-Alvo proposta. Dessa maneira, a equipe definiu e planejou o que pretendiam fazer para a resolução dos obstáculos, além de registrarem o que esperam com esse primeiro experimento (Kata de Melhoria). O *Coach* teve como papel fundamental auxiliar os aprendizes, a fim de garantir

que eles não planejassem ações que poderiam desviar a melhoria da direção apontada pelo desafio.

O *Coach* ajudou a equipe no preenchimento do *storyboard*, pois inicialmente a mesma não tinha conhecimento suficiente para inserir os dados corretamente, conforme mostra a Figura 26.

Figura 26 – Preenchimento de dados no *storyboard*.



Fonte: Elaboração própria.

As informações foram registradas nos dois primeiros campos do registro dos Ciclos PDCA no *Storyboard*, respectivamente; “O que planeja?”, e “O que espera?”. Neste caso, o obstáculo escolhido foi “Falta de conhecimento de metodologias de melhoria da qualidade”, conforme mostra a Figura 27.

Figura 27 – Registro de dados no *Storyboard*.



Fonte: Elaboração própria.

Dessa forma, a primeira ação planejada foi a caracterização do desafio e foram realizados treinamentos sobre os temas pertinentes para desenvolver a aplicação do método proposto. O que se esperava era deixar a equipe com um nível igual de conhecimento, objetivando avançar na implementação.

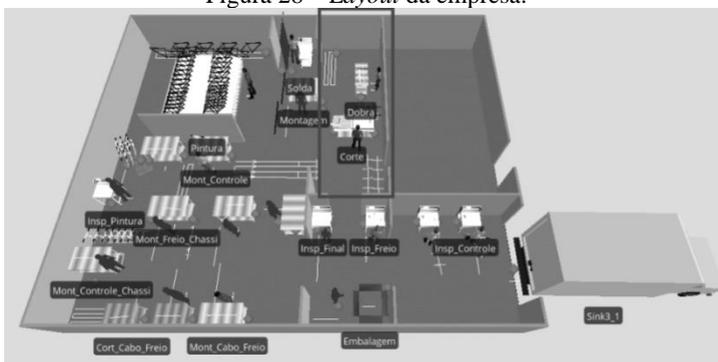
Capacitou-se a equipe nos princípios básicos de LSS e na rotina Toyota Kata, o tempo de capacitação foi de uma hora devido a que a equipe tem um bom nível de conhecimento sobre os temas tratados, mas no geral o tempo da capacitação é variável de acordo com o conhecimento no assunto por parte da equipe, objetivando ensinar a abordagem e orientar a equipe sobre a importância da abordagem.

Após da superação do primeiro obstáculo por parte da equipe, eles registraram a informação do que aconteceu no *storyboard*. Em seguida registraram o que aprenderam, caracterizando assim o primeiro ciclo PDCA.

Para o segundo obstáculo que foi a falta de clareza no uso da Abordagem Toyota Kata, no preenchimento do *storyboard*, utilizou-se um ciclo PDCA na superação do mesmo. Houve novamente uma explicação sobre os conceitos utilizados na Abordagem Toyota Kata para seu melhor entendimento, pois houve uma dificuldade no uso da abordagem Kata de Melhoria no ciclo anterior.

Para o terceiro obstáculo que foi a falta de clareza na simulação do processo bicicletas, utilizou-se um terceiro ciclo PDCA, no qual houve uma definição sobre a necessidade de ir ao *Gemba* na busca de informação sobre o processo da produção das bicicletas. A representação do *Gemba* foi simulada no programa SIMIO, e encontra-se representado na Figura 28.

Figura 28 – *Layout* da empresa.



Fonte: Werner (2017).

A Condição-Alvo 1 foi alcançada, no Quadro 5 mostra-se o *storyboard* com os dados registrados por parte da equipe do processo de melhoria.

Quadro 5 - *storyboard* da primeira Condição-Alvo

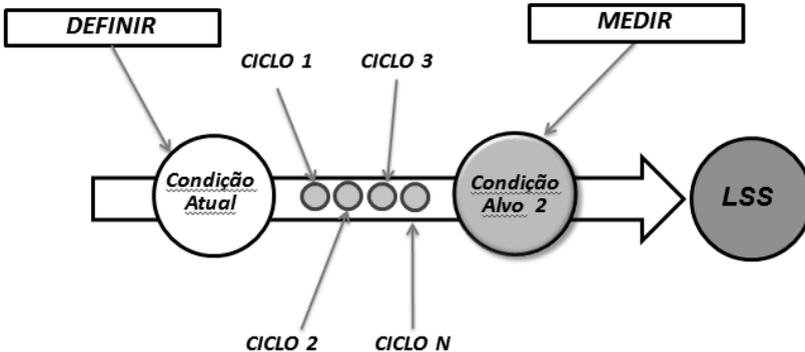
Processo: Corte dos tubos das peças A, B e C		Desafio: Implementação de Lean Seis Sigma	
Condição - Alvo:	Condição Atual:	O que planeja:	O que espera:
Saida da fase Definir Introduzir os conceitos básicos da abordagem Toyota Kata e a metodologia a LSS e conhecer a condição atual no chão de fábrica.	Planejamento da produção inadequado e problemas na qualidade do produto.	Ciclo 1: Explicação dos conceitos básicos utilizados na abordagem Toyota Kata.	Ciclo 1: Entendimento da Abordagem Toyota Kata por parte da equipe.
		Ciclo 2: Revisão dos conceitos utilizados na abordagem Toyota Kata e explicar o desafio.	Ciclo 2: Esclarecer as dúvidas que ficaram no primer ciclo PDCA e esclarecer o desafio.
		Ciclo 3: Necessidade de ir ao <i>Gemba</i> na busca de informação sobre o processo da produção das bicicletas.	Ciclo 3: Entendimento do processo de produção por parte da equipe.
		O que aconteceu:	O que aprendeu:
		Ciclo 1: Treinamento sobre a abordagem Toyota Kata.	Ciclo 1: Entendimento dos fundamentos da Abordagem Toyota Kata por parte da equipe.
		Ciclo 2: Determinou-se qual é o desafio a ser alcançado pela empresa (Implantação de LSS).	Ciclo 2: Devido a que a equipe tinha um bom conhecimento da Abordagem Toyota Kata e LSS só foi necessário fazer uma curta explicação.
		Ciclo 3: A equipe entendeu o processo de produção da montadora de bicicletas.	Ciclo 3: O entendimento do funcionamento da empresa é de importância para o desenvolvimento do método de implementação do LSS.
		Obstáculos	
		1. Falta de conhecimento sobre a abordagem Toyota Kata e metodologia LSS.	
		2. Dificuldade na aplicação da abordagem Toyota Kata e preenchimento do <i>storyboard</i> .	
	3. A simulação no SIMIO teve que ser melhorada para um melhor entendimento do processo por parte da equipe.		

Fonte: Elaboração própria.

4.2.2 Condição-Alvo 2: Saída da fase Medir

Na segunda Condição-Alvo, apresentada na Figura 29, estabelece como é o comportamento do processo por meio de dados e como obter uma base numérica para uma posterior análise dos dados recolhidos.

Figura 29 – Condição-Alvo 2: Saída da fase Medir



Fonte: Adaptado de Rother (2014).

Para que esta Condição-Alvo fosse atingida, novamente a equipe realizou as rotinas *Kata Coaching* e *Kata de Melhoria*, e inseriu os dados no *storyboard*. Assim, os registros dos ciclos PDCA e das Condições Atuais associadas a essa etapa estão representados no Quadro 2.

Para esta segunda Condição-Alvo, planejou-se medir por meio de amostragem os erros do processo na área de corte onde são produzidas as peças A, B e C. Com base na análise estatística, estas foram selecionadas para o estudo de melhoria a fim de verificar a qualidade. Na Figura 32 apresenta-se os dados de medição obtidos das peças A, B e C.

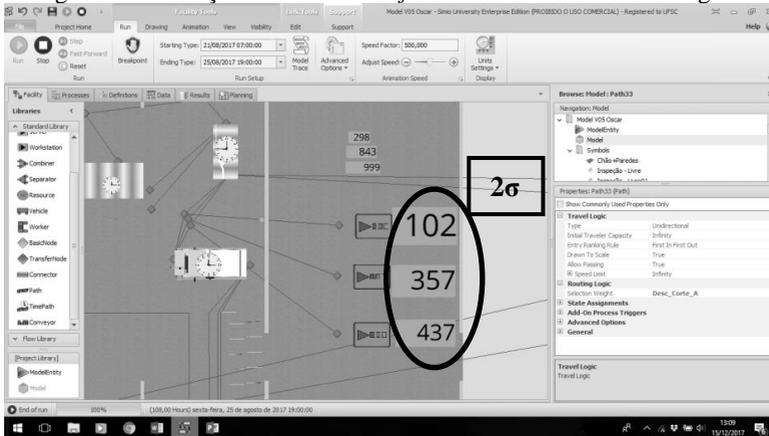
Na superação deste obstáculo, planejou-se diminuir a quantidade de amostras tiradas do processo, porém manteve-se um número suficiente para a análise estatística com um error amostral de 5% e um nível de confiança de 90%, o número da amostra para cada peça é: A=162, B=221 e C=225. Vale ressaltar que para obter um nível de confiança determinado de uma análise estatística, deve-se ter uma amostra de tamanho adequado.

O segundo obstáculo foi a falta de dados identificada pela equipe como uma necessidade para medir de uma maneira correto o processo de corte nas peças. Para a superação deste obstáculo planejou-se revisar com atenção o funcionamento do cenário de simulação da montadora de bicicletas por meio de *software* SIMIO.

O terceiro obstáculo identificado por parte da equipe foi a falta de informações sobre o processo de corte, para que pudesse ser realizada a análise estatística de qualidade das peças deste setor. Especificamente, na superação deste obstáculo a equipe planejou revisar atenciosamente o funcionamento do setor de corte mostrado no cenário de simulação no *software* SIMIO e que foi programado pelo *coach* com a condição atual do processo com um nível 2 Sigma para o desenvolvimento da avaliação do método por parte da equipe. Na peça A o cenário de simulação da área de corte mostra um valor medido de 102 erros em 400 peças produzidas. Na peça B, obteve-se um valor medido de 357 erros em

1200 peças produzidas e por último na peça C, obteve-se um resultado de 437 erros em 1306 peças produzidas. A Figura 30 mostra a medição dos erros, no qual obteve-se um nível de 2 Sigma de qualidade.

Figura 30 - Medição dos erros no *software* SIMIO com nível 2 Sigma.



Fonte: Elaboração própria.

Sendo assim, a considerou-se que Condição-Alvo 2 foi alcançada. No Quadro 6, mostra-se o *storyboard* com os dados registrados pela equipe e referente ao processo de melhoria.

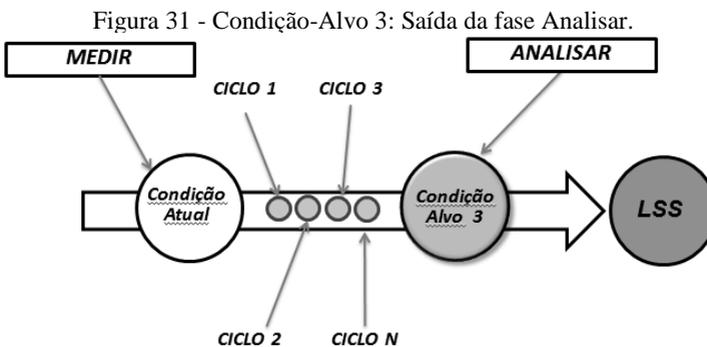
Quadro 6 - *Storyboard* da segunda Condição-Alvo.

Processo: Corte da tubulação peças A, B e C		Desafio: Implementação de Lean Seis Sigma	
Condição-Alvo:	Condição Atual:	O que planeja:	O que espera:
Medir	Definir	Ciclo 1: Medir amostras das peças A, B e C.	Ciclo 1: Obter informação sobre o comportamento do processo de corte.
Coletar dados do processo para saber os erros por peça (A, B e C).	Introduzir os conceitos básicos da abordagem Toyota Kata e a metodologia LSS e conhecer a condição atual no chão de fábrica.	Ciclo 2: Obter os dados de funcionamento da Condição Atual da empresa.	Ciclo 2: Com os dados de funcionamento fazer a simulação da empresa no <i>software</i> SIMIO.
		Ciclo 3: Obter os dados dos erros da produção por meio de simulação no processo de corte.	Ciclo 3: Com os dados de funcionamento do setor de corte, fazer a simulação da empresa no <i>software</i> SIMIO.
		O que aconteceu:	O que aprendeu:
	Atualização da Condição Atual:	Ciclo 1: O <i>Coach</i> proporciona ao time amostras insuficientes para o análise.	Ciclo 1: O número de amostras deve ter uma quantidade mínima para o análise estatístico.
	1. Amostras para fazer a análise estatística.	Ciclo 2: Com os dados subministrados pelo <i>Coach</i> , foi possível ingressar os dados de funcionamento do processo e simular o comportamento.	Ciclo 2: A simulação de processos é uma ferramenta útil para não alterar os processos de produção antes de analisar as causas dos erros de qualidade.
	2. Simulação do comportamento da empresa no <i>software</i> SIMIO.	Ciclo 3: Com a obtenção dos dados do setor de corte foi possível inserir os dados no <i>software</i> SIMIO.	Ciclo 3: Deve-se ter de maneira organizada e clara os dados para poder inserir no <i>software</i> de simulação.
	3. Simulação no <i>software</i> SIMIO	Obstáculos	
	detalhada do setor de corte.	1. Devido a os elevados pedidos pelo cliente não foi possível tirar amostras da produção.	
	2. A informação da fábrica deve ser clara e suficiente para poder simular o processo.		
	3. Falta de informação sobre o processo de corte.		

Fonte: Elaboração própria.

4.2.3 Condição-Alvo 3: Saída da fase Analisar

Após atingir a segunda Condição-Alvo, parte-se para a terceira Condição-Alvo do método proposto, cuja representação pode ser visualizada na Figura 31. Esta consiste em analisar os dados coletados e buscar identificar as causas dos erros observados nas peças da bicicleta (peças A, B e C).



Fonte: Adaptado de Rother (2014).

Após a Condição-Alvo ser registrada no *storyboard*, os obstáculos que impediam de alcançar a Condição-Alvo foram identificados.

Para superar o primeiro obstáculo, foi planejado o primeiro ciclo PDCA para o qual foi planejado o cálculo de Cpk e do nível de sigma correspondente a peça B, identificada como a peça com mais problemas de qualidade pela área de qualidade.

Foi necessário saber os dados de medição do processo. O *Coach* subministrou para a equipe uma amostra do processo da peça A na condição atual, visando a necessidade da análise dos dados.

Quadro 7 – Dados de processo tubo A- Condição Atual

Diâmetro tubo A			
Amostra	Medição		
1	45		
2	45,1		
3	45,3	Limite superior	1,05
4	45	Limite inferior	0,95
5	44	Desvio padrão (σ)	0,48765311
6	45,1	Media (\bar{X})	45,035
7	45,05		
8	46		
9	44,8		
10	45		

Fonte: Elaboração própria.

A equipe para o cálculo dos índices de capacidade da peça B, procurou os seguintes dados: **O Desvio padrão do processo (σ)** = 0,48 e a **Média do processo (\bar{X})** = 45,03, limite inferior de especificação (LIE), limite superior de especificação (LSE). Estes dados são necessários para identificar se o processo é capaz, e a equipe utilizou as seguintes equações para o cálculo da capacidade no processo:

- Cp_i – Índice de Capacidade Inferior:

$$Cp_i = \frac{\bar{X} - LIE}{3 * \sigma} \quad (1)$$

- Cp_s – Índice de Capacidade Superior:

$$Cp_s = \frac{LSE - \bar{X}}{3 * \sigma} \quad (2)$$

A equipe calculou as capacidades na Condição Atual do processo e obteve os seguintes resultados $Cp_i = 0,67$ e $Cp_s = 0,69$.

Utiliza-se o Cpk que é o mínimo valor entre o Índice de Capabilidade inferior e o Índice de Capabilidade superior. Nesta condição atual o $Cpk=0,67$ e de acordo á Tabela 3 apresenta-se a Condição Atual do processo conta com um nível de 2σ .

Tabela 3 – Níveis do sigma e Cpk.

Sigma	DPPM	Cpk	% Conforme
1,5	500.000,00	0,50	50,0
2	308.529,98	0,67	69,1
3	66.796,75	1,00	93,3
4	6.206,73	1,33	99,4
5	232,71	1,67	99,97
6	3,40	2,00	99,9997

Fonte: Gošnik, Beker e Kavčič (2014).

Na superação do segundo obstáculo foi planejado um ciclo PDCA e o monitoramento do processo para identificar as causas dos problemas. O monitoramento permitiu que a empresa avaliasse o seu processo com o objetivo de melhoria a qualidade.

Após esta análise foram identificadas três principais causas do problema:

- Falta de um sistema de medição robusto para as peças ou sistema de medição ruim;
- Falta de um sistema de fixação;
- A qualidade no corte da serra não é suficiente.

O que se percebeu foi que a principal causa é a falta de um sistema robusto de medição para as peças.

Assim, entendeu-se que a Condição-Alvo 3 foi alcançada. No Quadro 7, mostra-se o *storyboard* com os dados registrados por parte da equipe e referentes ao processo de melhoria.

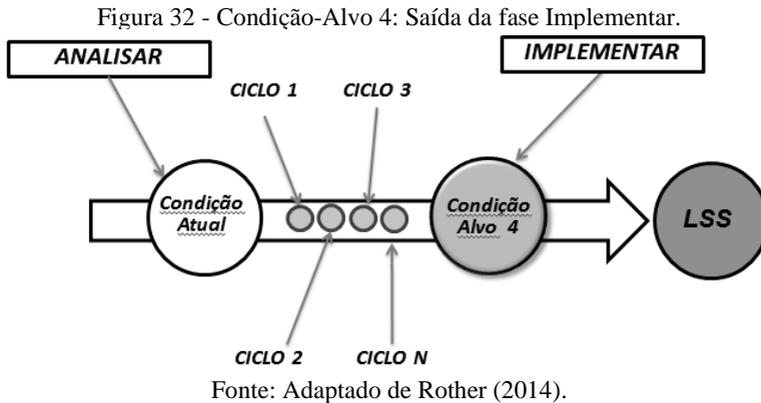
Quadro 8 - *Storyboard* da terceira Condição-Alvo.

Processo: Corte dos tubos das peças A, B e C.		Desafio: Implementação de Lean Seis Sigma	
Condição - Alvo:	Condição Atual:	O que planeja:	O que espera:
ANALISAR	MEDIR	Ciclo 1: Analisar estatisticamente os dados coletados na simulação.	Ciclo 1: Obter o Cpk e o nível do sigma.
Determinar as principais causas dos erros de qualidade no processo de corte.	Coletar dados do processo para saber os erros por peça (A, B, C). Atualização da Condição Atual: 1. Calculo do Cpk e resultado do nível de Sigma do processo de Corte. 2. Principais problemas que afetam a qualidade estão identificados.	Ciclo 2: Analisar no <i>Gemba</i> as possíveis causas do erro no processo de corte.	Ciclo 2: Identificar as principais causas dos erros no processo de corte.
		O que aconteceu:	O que aprendeu:
		Ciclo 1: Desenvolvimento dos cálculos para saber o CPk e o nível do sigma no processo.	Ciclo 1: Entendimento das variáveis necessárias para calcular o CPk e o nível do sigma no processo.
		Ciclo 2: Identificação dos problemas: - A falta de sistema de medição, falta de um sistema de fixação e qualidade da serra ruim.	Ciclo 2: Para identificar as causas dos problemas na fábrica é necessário ir ao <i>Gemba</i> e observar o processo.
		Obstáculos	
		1. Falta de informação para os cálculos estatísticos	
		2. Falta de informação sobre a causa raiz dos problemas de qualidade e necessidade de observar o processo no <i>Gemba</i> para saber os principais problemas.	

Fonte: Elaboração própria.

4.2.4 Condição-Alvo 4: Saída da fase Implementar

Com as três Condições-Alvos anteriores atingidas, chega-se a quarta condição-alvo que versa em confirmar se a análise feita sobre as causas de erro no processo é de utilidade para alcançar um aumento do nível de sigma, e está representada na Figura 32.



A condição Atual do processo de corte foi calculada estatisticamente na Condição-Alvo 3, tendo um nível de 2 sigma na qualidade das peças analisadas.

Para esta Condição-Alvo 4, inicialmente, a equipe reuniu-se e realizou uma identificação dos obstáculos que impedem o processo de aumentar o nível de sigma.

Para superar o primeiro obstáculo que é a falta de medição verificação que as medidas estão dentro dos limites especificados de qualidade por peça no processo de corte, planejou-se fazer um ciclo PDCA para mudar o sistema de medição, podendo ser executado um plano de ações para a implantação de este sistema de medição.

Após a execução do plano de ações, espera-se que o *software* aponte o aumento do nível de sigma. Conforme mostra a Figura 33, o aprendiz está simulando o processo do nível 3 Sigma.

Figura 33 – Um dos membros da equipe inserindo os dados do cálculo do nível 3 Sigma.



Fonte: Elaboração própria.

Foi necessário saber os dados de medição do processo. O *Coach* subministrou para a equipe uma amostra do processo da peça A nesta condição, visando a necessidade da análise dos dados.

Quadro 9 – Dados de processo tubo A- Condição Atual

Diâmetro tubo A			
Amostra	Medição		
1	45,02		
2	45,04		
3	45,05	Limite superior	1,05
4	45	Limite inferior	0,95
5	44,99	Desvio padrão	0,30
6	45,1	Media(X)	45,12
7	45,05		
8	45,98		
9	44,99		
10	44,99		

Fonte: Elaboração própria.

A equipe para o cálculo dos índices de capacidade da peça B, procurou os seguintes dados: **O Desvio padrão do processo (σ) = 0,30** e a **Média do processo (\bar{X}) = 45,121**, limite inferior de especificação (LIE), limite superior de especificação (LSE). Estes dados são necessários para identificar se o processo é capaz, e a equipe utilizou as seguintes equações para o cálculo da capacidade no processo:

- Cp_i – Índice de capacidade Inferior:

$$Cp_i = \frac{\bar{X} - LIE}{3 * \sigma}$$

(1)

- Cp_s – Índice de capacidade Superior:

$$Cp_s = \frac{LSE - \bar{X}}{3 * \sigma} \quad (2)$$

A equipe calculou as capacidades na Condição Atual do processo e obteve os seguintes resultados $Cp_i = 1,17$ e $Cp_s = 1,01$.

Utiliza-se o Cpk que é o mínimo valor entre o Índice de Capabilidade inferior e o Índice de Capabilidade superior. Nesta condição atual o $Cpk=1,01$ e de acordo á Tabela 3 apresenta-se a Condição Atual do processo conta com um nível de 3σ .

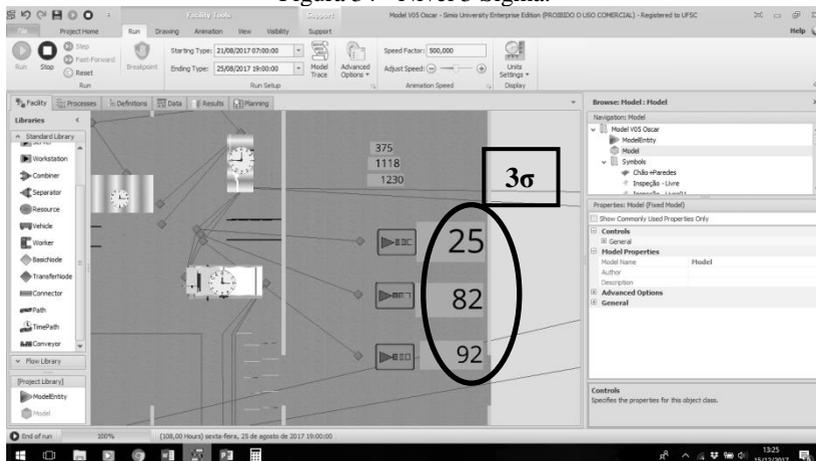
Tabela 3 – Níveis do sigma e Cpk.

Sigma	DPPM	Cpk	% Conforme
1,5	500.000,00	0,50	50,0
2	308.529,98	0,67	69,1
3	66.796,75	1,00	93,3
4	6.206,73	1,33	99,4
5	232,71	1,67	99,97
6	3,40	2,00	99,9997

Fonte: Gošnik, Beker e Kavčič (2014).

Conforme mostra a Figura 36, observou-se que os erros nas peças A, B e C diminufram, acarretando um aumento do nível do sigma até 3 Sigma no processo de corte. Na peça A, obteve-se um resultado de 25 erros em 400 peças produzidas. Na peça B, obteve-se um resultado de 82 erros em 1200 peças produzidas e por último, na peça C, obteve-se um resultado de 92 erros em 1306 peças produzidas. A Figura 34 mostra a medição dos erros, obtendo um nível 3 Sigma de qualidade.

Figura 34 - Nível 3 Sigma.



Fonte: Elaboração própria.

Para superar o segundo obstáculo que é a falta de um sistema de fixação robusto no processo de corte, planejou-se fazer um ciclo PDCA para implementar uma melhoria no sistema de fixação, neste ciclo houve um planejamento da implantação deste sistema na fábrica.

Foi necessário saber os dados de medição do processo. O *Coach* subministrou para a equipe uma amostra do processo da peça A nesta condição, visando a necessidade da análise dos dados.

Quadro 10 – Dados de processo tubo A- Condição Atual

Diâmetro tubo A			
Amostra	Medição		
1	45,01		
2	45,02		
3	45,03	Limite superior	1,05
4	45,02	Limite inferior	0,95
5	44,81	Desvio padrão	0,21
6	45,03	Media	44,90
7	45,04		
8	44,99		
9	44,7		
10	44,4		

Fonte: Elaboração própria.

A equipe para o cálculo dos índices de capacidade da peça B, procurou os seguintes dados: **O Desvio padrão do processo (σ)** = 0,21 e a **Média do processo (\bar{X})** = 44,90 limites inferior de especificação (LIE), limite superior de especificação (LSE). Estes dados são necessários para identificar se o processo é capaz, e a equipe utilizou as seguintes equações para o cálculo da capacidade no processo:

- Cp_i – Índice de Capacidade Inferior:

$$Cp_i = \frac{\bar{X} - LIE}{3 * \sigma} \quad (1)$$

- Cp_s – Índice de Capacidade Superior:

$$Cp_s = \frac{LSE - \bar{X}}{3 * \sigma} \quad (2)$$

A equipe calculou as capacidades na Condição Atual do processo e obteve os seguintes resultados $Cp_i = 1,80$ e $Cp_s = 1,35$.

Utiliza-se o Cpk que é o mínimo valor entre o Índice de Capabilidade inferior e o Índice de Capabilidade superior. Nesta condição atual o **Cpk=1,35** e de acordo a Tabela 3 apresenta-se a Condição Atual do processo conta com um nível de **3 σ** .

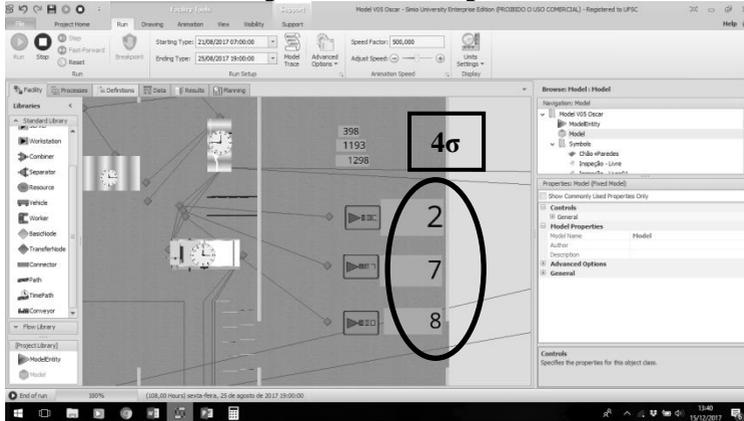
Tabela 3 – Níveis do sigma e Cpk.

Sigma	DPPM	Cpk	% Conforme
1,5	500.000,00	0,50	50,0
2	308.529,98	0,67	69,1
3	66.796,75	1,00	93,3
4	6.206,73	1,33	99,4
5	232,71	1,67	99,97
6	3,40	2,00	99,9997

Fonte: Gošnik, Beker e Kavčič (2014).

Após de implementar as melhorias no sistema de fixação espera-se comprovar, por meio do *software*, o aumento no nível de sigma. Na Figura 37, observa-se que os erros nas peças A, B e C diminuíram aumentando o nível do sigma para 4 Sigma no processo de corte. Na peça A, obteve-se um resultado de 2 erros em 400 peças produzidas. Na peça B, obteve-se um resultado de 7 erros em 1200 peças produzidas e por último, na peça C, obteve-se um resultado de 8 erros em 1306 peças produzidas. A Figura 35 mostra a medição dos erros, que aponta um nível 4 Sigma de qualidade.

Figura 35 - Nível 4 Sigma.



Fonte: Elaboração própria.

Para superar o terceiro obstáculo, que é a falta de um sistema de fixação no processo de corte, planejou-se fazer um ciclo PDCA para trocar a ferramenta de corte do tubo por uma serra melhor. Para isto, houve um planejamento para a construção da mesma.

Após de trocar a ferramenta de corte, se inserem as porcentagens de erros por peça no simulador, evidencia-se que o nível de sigma no processo não se alterou e continua no mesmo nível de 4 Sigma e com a mesma quantidade de erros, conforme representado na Figura 35. Isto evidencia que existem possíveis tentativas de melhorias que foram implementadas e que não vão impactar significativamente na melhoria da qualidade do processo.

No Quadro 8, apresenta-se o *Storyboard* com os dados registrados por parte da equipe do processo de melhoria para o alcance da Condição-Alvo 4.

Quadro 11 – *Storyboard* da quarta Condição-Alvo.

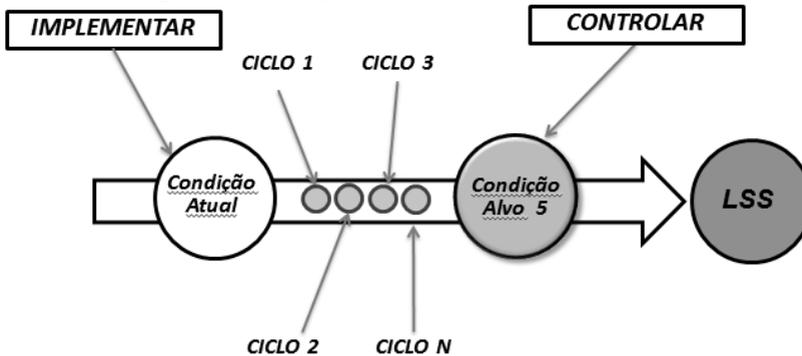
Processo: Corte dos tubos das peças A, B e C.		Desafio: Implementação de Lean Seis Sigma	
Condição - Alvo:	Condição Atual:	O que planeja:	O que espera:
Implementar	Analisar	Ciclo 1: Mudar o sistema de medição, testar e analisar estatisticamente o processo (CPk, Nível sigma)	Ciclo 1: Reduzir defeitos e aumentar o nível de sigma.
Alcançar a mínima quantidade de defeitos e alcançar o máximo nível de Sigma.	Determinar as principais causas dos erros de qualidade no processo de corte.	Ciclo 2: Modificar o sistema de fixação, testar e analisar estatisticamente o processo (CPk, Nível sigma)	Ciclo 2: Reduzir defeitos e aumentar o nível de sigma.
		Ciclo 3: Modificar a serra de corte, testar e analisar estatisticamente o processo (CPk, Nível de sigma)	Ciclo 3: Reduzir defeitos e aumentar o nível de sigma
		O que aconteceu:	O que aprendeu:
	Atualização da Condição Atual:	Ciclo 1: Devido à mudança no sistema de medição o processo alcançou um nível de 3 Sigma.	Ciclo 1: Atacar a causa principal analisada no <i>Gemba</i> impacta diretamente na solução do problema.
	1. Novo sistema de medição no processo de corte.	Ciclo 2: Devido à mudança no sistema de fixação o processo alcançou um nível de 4 Sigma.	Ciclo 2: Identificar e analisar as causas dos problemas, leva a um aumento de nível sigma.
	2. Novo sistema de fixação no processo de corte.	Ciclo 3: Com a alteração de uma nova serra de corte o processo contínuo em um nível de 4 Sigma.	Ciclo 3: Não todas alterações no processo levam a uma melhoria pois existem alterações que tem pouco impacto.
	3. Nova ferramenta de corte.	Obstáculos	
		1. Falta de um sistema de medição no processo de corte.	
		2. Falta de um sistema de fixação no processo de corte.	
		3. Falta de uma boa ferramenta de corte.	

Fonte: Elaboração própria

4.2.5 Condição-Alvo 5: Saída da fase Controlar

Com as quatro primeiras condições-alvo atingidas, chega-se à quinta e última, na qual objetiva-se garantir a perenidade no tempo do LSS na empresa e sustentabilidade dos ganhos alcançados, conforme visualizado na Figura 36. Para isto, a empresa deve realizar continuamente as mudanças para poder garantir as melhorias no processo.

Figura 36 - Condição-Alvo 5: Saída da fase Controlar.



Fonte: Adaptado de Rother (2014).

Para o primeiro obstáculo, planejou-se desenvolver um controle estatístico de processo, objetivando que este possa indicar com antecedência os possíveis desvios na qualidade.

Para o segundo obstáculo, planejou-se simular possíveis variáveis que interferem no processo e saber com antecedência as possíveis alterações no processo que possam alterar a qualidade.

No Quadro 9, mostra-se o *storyboard* com os dados registrados por parte da equipe do processo de melhoria para o atingimento da Condição-Alvo 5.

Quadro 12 - *Storyboard* da quinta Condição-Alvo.

Processo: Corte dos tubos das peças A, B e C		Desafio: Implementação de Lean Seis Sigma	
Condição - Alvo:	Condição Atual:	O que planeja:	O que espera:
Controlar	Implementar	Ciclo 1: Fazer um Controle Estatístico de Processo (CEP).	Ciclo 1: Ser capaz de conhecer com antecedência quando o processo está desviando.
Manter em um nível de 4 SIGMA devido á quantidade peças produzidas pela empresa.	Alcançar a mínima quantidade de defeitos e alcançar o máximo nível de Sigma. Atualização da Condição Atual: 1.Implementar um controle estatístico de processo. 2.Prevencao de possíveis problemas de qualidade.	Ciclo 2: Acompanhar as possíveis alterações no processo, por meio da simulação para um Nível 4 Sigma.	Ciclo 2: Identificar com antecedência as possíveis causas de erro antes de que aconteçam.
		O que aconteceu:	O que aprendeu:
		Ciclo 1: Com o controle estatístico de processo consegue-se manter um nível de 4 Sigma.	Ciclo 1: Utilizar a simulação como ferramenta para manter o processo sem erros.
		Ciclo 2: Foi possível acompanhar as alterações do processo com antecipação.	Ciclo 2: Prever possíveis problemas de qualidade com antecedência.
		Obstáculos	
		1.Não ter meios para manter o processo em 4 Sigma.	
		2.Os dados de simulação devem estar concordando com os dados da realidade na fábrica.	

Fonte: Elaboração própria.

4.3 Principais Resultados Obtidos

Ao fim da implementação do método, verificaram-se os resultados implementados no âmbito do LSS para o processo de melhoria na qualidade da empresa. Ao todo demandou-se uma semana para verificar a aplicabilidade do modelo proposto. Utilizou-se a rotina Kata desde o primeiro até o último dia da implementação, usou-se um dia para alcançar cada Condição-Alvo do método proposto desta pesquisa.

Com a abordagem Toyota Kata, estimulou-se a melhoria como uma rotina entre os participantes da equipe ao promovê-los um alto grau de consciência sobre a importância da melhoria contínua na qualidade, pois gera no cliente uma maior satisfação.

De modo geral, a implantação de cada fase do método ocorreu conforme mostrado no Capítulo 4, por meio do alcance das Condições-Alvo.

Um aspecto relevante foi a disposição da equipe e seu grande interesse em aprender o método por meio da abordagem Toyota Kata.

Pode-se assim garantir a busca contínua pela melhoria, bem como atingir os melhores níveis de Sigma para o processo de qualidade.

Caso uma empresa precise utilizar o método proposto terá que modelar o seu próprio processo no *software* SIMIO e aprender a maneira de utilizá-lo.

4.4 Considerações finais do Capítulo

Este capítulo apresentou o ambiente de pesquisa e as intervenções realizadas pela equipe, em forma de ciclos PDCA. Além disso, o progresso do estado atual do processo e as Condições-Alvo alcançadas foram especificados.

Inicialmente, o Capítulo 4 apresentou, uma definição do ambiente de pesquisa e identificando o perfil da empresa, analisando o processo em prol da qualidade. Depois, mostra-se as fases da implementação do modelo estruturadas em cinco condições-alvo que foram alcançadas pela equipe por meio de ciclos de Kata de Melhoria e Kata de *Coaching*, realizando a implantação de LSS no processo de qualidade de uma montadora de bicicletas.

Conforme a realização dos ciclos PDCA, as informações eram registradas no *Storyboard*, evidenciando como esta ferramenta foi útil para o desenvolvimento da implantação do LSS.

A implementação de LSS no cenário de simulação da montadora de bicicletas promoveu a melhoria na qualidade do produto e satisfação da equipe, além de minimizar retrabalhos e desperdícios no processo.

A equipe avaliou que a maneira de implementar a metodologia LSS foi ensinada de maneira clara e que esta auxilia no desenvolvimento do projeto devido ao uso de ciclos PDCA curtos, pois esta ação traz uma retroalimentação constante de como se encontra o sistema.

A avaliação do método proposto permitiu conhecer uma nova forma de implementação alcançando as cinco etapas do DMAIC da metodologia LSS por meio de ciclos PDCA curtos baseados na rotina Kata e aumentando a disponibilidade de tempo no processo de corte devido às melhorias implementadas.

Houve uma capacitação de uma equipe conformada por estudantes do laboratório GEPPS num ambiente de simulação de cenário de manufatura, mas não houve uma implementação em uma empresa real.

5 CONCLUSÕES

Neste capítulo final apresentam-se as principais conclusões obtidas com a realização deste trabalho. Este estudo teve como foco a proposição de um método de implementação de LSS baseado na abordagem Toyota Kata. Os resultados da avaliação do método mostram uma nova alternativa de melhoria na área de qualidade das empresas devido á facilidade na implementação do DMAIC.

Para atender o primeiro objetivo específico foi necessária a utilização do método *Systematic Search Flow* de Ferenhof e Fernandes (2016) e de gerenciadores de artigos científicos como *Endnote* e *Mendeley Desktop*. Desta maneira, foi possível identificar os limites de conhecimento sobre implementação LSS e a possibilidade de implementar LSS por meio da abordagem Toyota Kata.

Para atender o segundo objetivo específico, foi necessário selecionar artigos e livros analisando as informações relacionadas na implementação do LSS e utilização da abordagem Toyota Kata. Além disso, foi necessário criar um método para atender os requisitos de implementação do LSS e alcançar a melhoria em ciclos curtos PDCA, envolvendo as equipes de trabalho em cada fase da implementação e com um alto grau de consciência sobre a importância da melhoria continua na qualidade.

O uso contínuo da Abordagem Toyota Kata levou a equipe a uma melhoria na utilização do método proposto, pois a cada obstáculo superado pela equipe observou-se um grau de compreensão mais profundo do conceito das rotinas Kata. Isto indica que as rotinas podem ser rapidamente absorvidas e facilmente mantidas como uma rotina habitual.

O uso do *storyboard* como um instrumento de gestão visual é muito importante para a gestão do conhecimento e aprendizado, e com isso possibilitar que se alcance as Condições-Alvo e posteriormente o desafio. Mostra-se que registrar os dados de cada ciclo e ter espaços de reflexão da superação de cada obstáculo estabelece que o resultado da melhoria seja de melhor qualidade.

Para atender o terceiro objetivo específico foi necessário conhecer o funcionamento de *software* de modelagem de processo SIMIO para fazer a simular os diferentes processos que acontecem nas empresas de manufatura.

Na avaliação do sistema considerando os quatro setores da empresa caracterizados por corte, soldagem, pintura e montagem, foi selecionado o setor de corte para avaliar o método proposto, em virtude de este ser o setor com mais quantidade de peças produzidas, o que deu a possibilitou a implementação de LSS.

Após a implementação, percebe-se que o método proposto tem possibilidade de ser aplicado a qualquer tipo de empresa de manufatura com ajuda do programa de simulação de processos SIMIO, pois é possível fazer modelagem das diferentes empresas de manufatura.

Na avaliação do método, percebeu-se que a maneira de implementar a metodologia LSS por meio da abordagem Toyota Kata foi útil no desenvolvimento da implementação, visto que o método traz uma retroalimentação constante de como se encontra o sistema.

Os resultados foram a implementação e avaliação do método proposto por meio de simulação de cenários em processos de manufatura e a aplicação da abordagem Toyota Kata de Melhoria e *Coaching* no setor de corte da montadora de bicicletas.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, N. C.; KOVACH, J. V. *Reducing welding defects in turnaround projects: A lean six sigma case study*. **Quality Engineering**, v. 26, n. 2, p. 168–181, 2014.
- MANVILLE, G.; GREATBANKS, R.; KRISHNASAMY, R. *Critical success factors for Lean Six Sigma programmes: a view from middle management*. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 29, n. 1, p. 7–20, 2012.
- BANKS, J. **Handbook of simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- BALCI, O. *Verification, validation, and certification of modeling and simulation applications*. In: **Winter Simulation Conference, Proceedings**. New Orleans, Louisiana, USA, 2003.
- BENDELL, T. *A review and comparison of six sigma and the lean organisations*. **The TQM Magazine**, v. 18, n. 3, p. 255–262, 2006.
- BREYFOGLE III, F. W. **Implementing six sigma: smarter solutions using statistical methods**. John Wiley & Sons, 2003.
- CASTEN, M.; PLATTENBERGER, J.; BARLEY, J.; GRIER, C. **Construction Kata: Adapting Toyota Kata to a lean construction project production system**. 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013. **Anais...** 2013. Acesso em: 15 ago. 2017.
- CLEGG, B.; PEPPER, M. P. J.; SPEDDING, T. A. *The evolution of lean Six Sigma*. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27, n. 2, p. 138–155, 2010.
- DAHLGAARD SU MI DAHLGAARD-PARK, J. J. **The TQM Magazine Lean production, six sigma quality, TQM and company culture** v. 18, 2006.

ERBIYIK, H.; SARU, M. *Six Sigma Implementations in Supply Chain: An Application for an Automotive Subsidiary Industry in Bursa in Turkey*. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 195, p. 2556–2565, 2015.

FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: Método SSF. **Revista ACB**, v.21, n.3, 2016.

FERNANDES, S. T.; AUGUSTO, F.; MARINS, S. Aplicação do Lean Six Sigma na Logística de Transporte, *Lean Six Sigma Application To Transportation Logistics*. **Revista Produção Online**, v. 12, n. 2, p. 297–327, 2012.

FILARDI, F.; BERTI, D.; MORENO, V. *Information technology and quantitative management (itqm 2015) implementation analysis of lean sigma in IT applications. a multinational oil company experience in Brazil*. **Procedia Computer Science**, v. 55, n. Itqm, p. 1221–1230, 2015.

BESSERIS, G. *Multi-factorial Lean Six Sigma product optimization for quality, leanness and safety*. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 3, p. 253–278, 2014.

GEORGE, M. L. **Lean Six Sigma for Service**. New York: [s.n.], 2011.

GOŠNIK, D.; BEKER, I.; KAVČIČ, K. *Lean six sigma in Slovenian and serbian manufacturing companies*. **International Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 5, n. 3, p. 123–130, 2014.

HICKS, B. J. *Lean information management: Understanding and eliminating waste*. **International Journal of Information Management**, v. 27, n. 4, p. 233–249, 2007.

INDRAWATI, S.; RIDWANSYAH, M. *Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application*. **Procedia Manufacturing**, v. 4, n. Iess, p. 528–534, 2015.

ISMAIL, A.; GHANI, J.; RAHMAN, M.; DEROS, B.; HARON, C.

Application of Lean Six Sigma Tools for Cycle Time Reduction in Manufacturing: Case Study in Biopharmaceutical Industry. Arabian Journal for Science and Engineering, v. 39, n. 2, p. 1449–1463, 2014.

KAIHARA, T.; KATSUMURA, Y.; SUGINISHI, Y.; KADAR, B. *Simulation model study for manufacturing effectiveness evaluation in crowdsourced manufacturing. CIRP Annals*, v. 66, n. 1, p. 445–448, 2017.

KERSTEN, W.; EHNI, M.; HEIN, A. *Toyota kata: Lean implementation by empowering employees. Innovations and Strategies for logistics and Supply Chains*, v. 20, n. 4, p. 27–30, 2015.

KRAFCIK, J. F. *Triumph of the lean production system. MIT Sloan Management Review*, v. 30, n. 1, p. 41, 1988.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota-Manual de Aplicação: Um Guia Prático para a Implementação dos 4Ps da Toyota.** [s.l.] Bookman Editora, 2007.

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

MONTGOMERY, D.; WOODALL, H. *An Overview of Six Sigma. International Statistical Review*, v.76,n. 3.329-346,2008.

MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. **The Toyota product development system.** [s.l: s.n.]. v. 13533, 2015.

PACHECO, D. A. DE J. Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. Produção*, v. 24, n. 4, p. 940–956, 2014.

PROBST, M.; BERENZEN, N; LENTZEN, A.; SHULZ, R. *Scenario-based simulation of runoff-related pesticide entries into small streams on a landscape level. Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 62, n. 2, p. 145–159, 2005.

ROTHER, M. *Toyota Kata: managing people for improvement, adaptiveness and superior results.* [s.l.] **McGraw-Hill Professional**, 2009.

ROTHER, M. *Toyota Kata: gerenciando pessoas para a melhoria, adaptabilidade e resultados superiores.* **McGraw-Hill**, p. 1-400, 2010.

ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício: manual de trabalho de uma ferramenta enxuta.* [s.l.] **Lean Institute Brasil**, 2007.

RUIZ, N. *An intelligent simulation environment for manufacturing systems.* **Computers & Industrial Engineering**, v. 76, n. Supplement C, p. 148–168, 2014.

SHAH, R.; WARD, P. T. *Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance.* **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 2, p. 129–149, 2003.

SIMANOVÁ, E. *Specific Proposal of the Application and Implementation Six Sigma in Selected Processes of the Furniture Manufacturing.* **Procedia Economics and Finance**, v. 34, n. 15, p. 268–275, 2015.

TAYLOR, P. H. *Going lean.* **Australian Journal of Pharmacy**, v. 95, n. 1124, p. 42–46, 2000.

THOMAS, R. B. *Applying lean six sigma in a small engineering company - a model for change.* **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 1, p. 113–129, 2008.

TIMANS, W.; AHAUS, K. *Road towards Lean Six Sigma in Service Industry.* **Business Process Management Journal**, v. 22, n. 4, 2016.

TOIVONEN, T. *Continuous innovation - Combining Toyota Kata and TRIZ for sustained innovation.* **Procedia Engineering**. Anais...2015. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84960516939&partnerID=40&md5=d479b89307d10ea95f76a185e91b344d>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

TSIRONIS, L. K.; PSYCHOGIOS, A.; AL-MASHARI, M. *Road towards Lean Six Sigma in service industry: a multi-factor integrated framework. Business Process Management Journal*, v. 22, n. 4, 2016.

WAHAB, A. N. A.; MUKHTAR, M.; SULAIMAN, R. *A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. Procedia Technology*, v. 11, n. Ictei, p. 1292–1298, 2013.

WERNER, S. M. Universidade Federal de Santa Catarina. Tese em desenvolvimento. PPGEP Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 2017.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** [s.l.] Gulf Professional Publishing, 2004.

YADAV, G.; DESAI, T. N. *Lean Six Sigma: a categorized review of the literature. International Journal of Lean Six Sigma*, v. 7, n. 1, p. 2–24, 2016.

ANEXO

Quadro 3 – Revisão bibliográfica sistemática para LSS.

Número	Artigo LSS	AUTOR	ANO	VÍNCULO	ANÁLISE
1	<i>Road towards Lean Six Sigma in service industry: a multi-factor integrated framework</i>	Tsironis, Loukas K	2016	<i>Business Process Management Journal</i>	Discutiram a implementação de LSS com estudos de caso para os quais revelaram os fatores críticos de sucesso para cada caso e sua importância antes da implementação.
2	<i>Identification of performance measures of Lean Six Sigma in small-and medium-sized enterprises: a pilot study</i>	Shah, P P	2016	<i>Business Process Management Journal</i>	Realizou um estudo sobre a implementação de LSS em empresas de meio e pequeno porte na Índia e os fatores de sucesso no projeto.
3	<i>Investigating the readiness of people in manufacturing SMEs to embark on Lean Six Sigma projects</i>	Shokri, Alireza	2010	<i>International Journal of Quality and Reliability Management</i>	Investigaram uma relação positiva sobre o nível de educação da equipe e a implementação de LSS nas empresas.
4	<i>Global corporation rollout of ruggedized handheld devices: Lean Six Sigma case study</i>	Burch V, Reuben F	2013	<i>Journal of Engineering, Design and Technology</i>	Realizou-se um estudo sobre a redução de variabilidade e desperdício no processo depois da implantação de LSS.
5	<i>Implementation of continuous improvement based on Lean Six Sigma in small- and medium-sized enterprises</i>	Antony, Jiju	2013	<i>International Journal of Lean Six Sigma</i>	Investigaram sobre implementação eficaz sobre LSS em empresa de pequeno e médio porte e concluíram que a implementação LSS deve estar fortemente relacionada com os objetivos da empresa.
6	<i>When Lean and Six Sigma converge: A case study of a successful implementation of Lean Six Sigma at an aerospace company</i>	Akbulut-Bailey, A Y	2013	<i>International Journal of Lean Six Sigma</i>	Realizou um estudo sobre a implantação de LSS em uma indústria aeroespacial e encontraram os fatores de maior importância para o sucesso da mesma.
7	<i>Becoming successful at six sigma deployments how to make six sigmas last?</i>	Anand, B	2009	<i>SAE International Journal of Materials and Manufacturing</i>	Discutiram os benefícios sobre a implementação do LSS e o retorno financeiro.
8	<i>Reducing welding defects in turnaround projects: A lean six sigma case study</i>	Anderson, N C	2014	<i>Quality Engineering</i>	Realizou se a implementação de LSS em uma empresa de soldagem e mostra os benefícios desta implementação no processo de qualidade.
9	<i>Relationship between lean six sigma, environmental management systems, and organizational performance in the Malaysian automotive industry</i>	Habidin, N F	2012	<i>International Journal of Automotive Technology</i>	Estudou a implementação do LSS em uma montadora de carros e mostra os benefícios na variabilidade no processo de qualidade.

10	<i>Observation: A Lean tool for improving the effectiveness of Lean Six Sigma</i>	Arumugam, V	2012	<i>TQM Journal</i>	Realizou se a implementação do LSS num aeroporto e mostra o procedimento detalhadamente, eliminando o desperdício e reduzindo as causas de vibração.
11	<i>Forces affecting one lean six sigma adoption process</i>	Assarlind, M	2014	<i>International Journal of Lean Six Sigma</i>	Discutiram a implementação de LSS de uma forma gradual e descreve de forma clara o processo da mesma em uma empresa suíça.
12	<i>Multi-faceted views on a Lean Six Sigma application</i>	Assarlind, M	2012	<i>International Journal of Quality and Reliability Management</i>	Investigaram sobre a forma de fazer implantação de LSS e descreve teoricamente o processo e depois a parte pratica.
13	<i>Literature survey: Lean six sigma methodology</i>	Atmaca, E	2013	<i>Quality and Quantity</i>	Discutiram sobre a implantação do LEAN e SEIS SIGMA e como as duas metodologias conseguem trabalhar de forma sistemática.
14	<i>Quality as a second language</i>	Basquill, E D	2007	<i>Journal / American Water Works Association</i>	Discutiram a qualidade como aspeto fundamental das empresas e como LSS do suporte para a melhoria continua da qualidade.
15	<i>Enabling imagination</i>	Brandt, D	2007	<i>Industrial Engineer</i>	Discutiram sobre os principais problemas de implementação em uma empresa de colchões.
16	<i>Application of lean six sigma in oilfield operations</i>	Buell, R S	2004	<i>SPE Production and Facilities</i>	Realizou se um resumo de das experiências e os resultados da implementação de LSS explicando o processo com exemplos nas diferentes áreas.
17	<i>Successful systems sustaining change</i>	Bullas, S	2007	<i>Successful systems sustaining change</i>	Discutiram se sobre os fatores críticos de sucesso e explica a importância destes fatores antes da implantação do LSS.
18	<i>Global corporation rollout of ruggedized handheld devices: Lean Six Sigma case study</i>	Burch V, R F	2016	<i>Total Quality Management and Business Excellence</i>	Discutiram sobre a melhoria continua na qualidade em aparelhos celulares, reduzindo a variabilidade e o desperdício nos processos da empresa.
19	<i>Lean manufacturing and Six Sigma based on Brazilian model "PNQ" an integrated management tool</i>	Campos, L M S	2004	<i>SPE Production and Facilities</i>	Realizou se a implementação de LSS em uma empresa do Sul do Brasil e mostra o desenvolvimento da melhoria continua.
20	<i>Lean Six Sigma (LSS): An implementation experience</i>	Chakravorty, S S	2004	<i>SPE Production and Facilities</i>	Discutiram sobre a implementação de LSS e propõem as seguintes fases de desenvolvimento: 1. Planejar 2. Treinar 3. Preparar 4. Implementar 5. Alterar o processo e os fatores de sucesso.

21	<i>Eight steps to PAT: Using the design for lean six Sigma toll-gate process as best practice</i>	Chatterjee, B	2007	<i>Pharmaceuticall Engineering</i>	Discutiram a proposta de implementação de LSS por meio de 8 passos e descrevem a melhoria na qualidade depois dos mesmos.
22	<i>Framework to improve performance through implementing Lean Six Sigma strategies to oil exporting countries during recession or depression</i>	Chaurasia, B	2016	<i>International Journal of Productivity and Performance Management</i>	Discutiram uma proposta para a implantação de LSS em empresas com crises e descrevem a melhoria de uma empresa que utilizarão como estudo de caso.
23	<i>A Lean Six-Sigma approach to touch panel quality improvement</i>	Chen, M	2009	<i>A Lean Six-Sigma approach to touch panel quality improvement</i>	Realizou se uma implantação numa empresa de manufatura por médio do ciclo DMAIC. (Definir- medir- analisar- implementar, controlar), concluindo que é uma forma eficaz e com bons resultados.
24	<i>A comparison between time-driven activity-based costing and value stream accounting in a lean Six Sigma manufacturing case study</i>	Chiarini, A	2014	<i>International Journal of Productivity and Quality Management</i>	Discutiram sobre quanto é o custo sobre o produto depois da implantação do LSS em uma empresa e avaliaram num estudo do caso.
25	<i>Improvement of OEE performance using a Lean Six Sigma approach: An Italian manufacturing case study</i>	Chiarini, A	2015	<i>International Journal of Productivity and Quality Management</i>	Discutiram sobre a pouca clareza sobre implementação de ferramentas Lean e Seis Sigma e um estudo de caso com sucesso em uma empresa de plásticos.
26	<i>Japanese total quality control, TQM, deming's system of profound knowledge, BPR, lean and six sigmas: Comparison and discussion</i>	Chiarini, A	2011	<i>International Journal of Lean Six Sigma</i>	Discutiram sobre a evolução do LSS, desde seus inícios com <i>Japanese totality controle e total quality managment</i> .

Fonte: Elaboração própria (2018).