

PROJETO DE GRADUAÇÃO

ESTUDO MULTICASOS EM EMPRESAS BRASILEIRAS SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS LEAN SEIS SIGMA.

Por,
Matheus Pacheco dos Santos

Brasília, 09 de setembro de 2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**ESTUDO MULTICASOS EM EMPRESAS
BRASILEIRAS SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO
DOS PRINCÍPIOS LEAN SEIS SIGMA.**

Por,
Matheus Pacheco dos Santos

Relatório submetido como requisito para obtenção
do grau de Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Prof. Dr. Annibal Affonso Neto, UnB/EPR (Orientador) _____

Prof. Dr. Clóvis Neumann, UnB/ EPR _____

Brasília, 09 de setembro de 2022

Agradecimentos

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pelo dom da vida e por todas as oportunidades a mim concedidas.

Agradeço também a minha mãe Sebastiana, ao meu pai Vilmar, minhas irmãs Ingrid e Luana, minha namorada Maria de Fátima e a todos os meus familiares e amigos pelo apoio e compreensão durante minha graduação. Foram longos anos de muitos aprendizados, crescimento pessoal e profissional.

Agradeço ao meu orientador Annibal e a todos os professores que contribuíram para meu crescimento profissional. Por fim, agradeço ao meu colega de turma e amigo Daniel Machado por toda parceria nos últimos anos.

Matheus Pacheco dos Santos

RESUMO

A indústria brasileira, salvo algumas exceções, possui resultados pouco significativos na aplicação de técnicas para melhoria de seus processos comprometendo a competitividade da indústria nacional quando comparada ao mercado internacional. O presente estudo tem por objetivo analisar as aplicações dos princípios *Lean seis sigmas* (LSS) em empresas brasileiras, identificar e apresentar uma alternativa de *framework* para implementação. A metodologia utilizada foi a pesquisa qualitativa de caráter exploratório, consistindo na análise documental através do levantamento da literatura para a realização de análises secundárias de estudos de caso elaborados sobre a metodologia *Lean Seis Sigma*. A aplicação dos princípios *LSS* dentro das entidades brasileiras ainda são tímidos dado o poder de melhoria que a filosofia pode trazer. Como resultado, foi constatada a flexibilidade da filosofia, pois mesmo aplicada em áreas distintas, trouxe resultados significativos dentro das empresas estudadas, comprovando a efetividade da implementação. Por fim, foi elaborado uma alternativa de *Framework* para implementação do programa *LSS* dentro das empresas visando a melhoria contínua dos processos.

Palavras-chave: *Lean Seis Sigma*; *Industria Brasileira*; *Framework*.

ABSTRACT

The Brazilian industry, with a few exceptions, has little significant results in the application of techniques to improve its processes, compromising the competitiveness of the national industry when compared to the international market. The present study aims to analyze the applications of *Lean Six Sigma* (LSS) principles in Brazilian companies and to present an alternative framework for implementation. The methodology used was qualitative exploratory research, consisting of document analysis through literature survey to carry out secondary analyzes of case studies elaborated on the *Lean Six Sigma* methodology.. The application of *LSS* principles within Brazilian entities are still timid given the power of improvement that philosophy can bring. As a result, the flexibility of the philosophy was verified, because even when applied in different areas, it brought significant results within the companies studied, proving the effectiveness of the implementation. Finally, an alternative *Framework* was developed for the implementation of the *LSS* program within companies, aiming at the continuous improvement of processes.

Keywords: *Lean Six Sigma*; *Brazilian industry*; *Framework*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 PROBLEMÁTICA.....	10
1.2 OBJETIVO GERAL.....	11
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.4 JUSTIFICATIVA.....	11
1.5 RESULTADOS ESPERADOS	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 CONTEXTO HISTÓRICO DO LEAN SEIS SIGMA	13
2.2 LEAN MANUFACTURING	14
2.2.1 PRINCÍPIOS DO LEAN THINKING.....	14
2.2.2 OS SETE DESPERDÍCIOS DA PRODUÇÃO	16
2.2.3 PRINCIPAIS FERRAMENTAS LEAN	17
2.2.3.1 KAIZEN	17
2.2.3.2 KANBAN.....	19
2.2.3.3 METODOLOGIA 5S	21
2.2.3.4 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV)	22
2.2.3.5 GESTÃO VISUAL.....	23
2.2.3.6 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM).....	24
2.2.3.7 TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (SMED).....	26
2.2.3.8 CICLO PDCA	26
2.3 SEIS SIGMAS.....	27
2.3.1 AS SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE	29
2.4 LEAN SEIS SIGMAS	31
2.4.1 DMAIC.....	32
2.5 ETAPAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS LEAN SEIS SIGMA.	33
3. METODOLOGIA DO ESTUDO	37
3.1 PESQUISA EXPLORATÓRIA	37
3.2 PESQUISA DESCRITIVA	37
3.3 PESQUISA EXPERIMENTAL	37
3.4 PESQUISA QUANTITATIVA.....	38
3.5 PESQUISA QUALITATIVA.....	38
3.5.1 ESTUDO QUALITATIVO POR MEIO DE ESTUDOS DE CASOS MULTIPLOS	39

3.5.2	ESTUDO QUALITATIVO POR MEIO DE ANÁLISE DOCUMENTAL.....	39
3.6	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA REALIZADA	40
4.	INDÚSTRIA BRASILEIRA.....	42
4.1	COMPETITIVIDADE BRASILEIRA DE ACORDO COM CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI).....	43
4.1.2	FATOR TRABALHO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA.....	43
4.1.3	FATOR FINANCIAMENTO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA	44
4.1.4	FATOR INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA NA INDÚSTRIA BRASILEIRA	45
4.1.5	FATOR TRIBUTAÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA.....	46
4.1.6	FATOR TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA.....	47
4.2	ADOÇÃO DOS PRINCÍPIOS LEAN NAS EMPRESAS BRASILEIRAS	48
4.3	DESCRIÇÃO E CONTEXTO DAS EMPRESAS DOS ESTUDOS APLICADOS	51
5.	RESULTADO E DISCUSSÕES.....	52
5.1	RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DAS ANÁLISES SECUNDÁRIAS.....	52
5.1.1	VARIÁVEIS DAS DIMENSÕES LEAN NA EMPRESA A.....	54
5.1.2	VARIÁVEIS DAS DIMENSÕES LEAN NA EMPRESA B	55
5.1.3	VARIÁVEIS DAS DIMENSÕES LEAN NA EMPRESA C	55
5.2	IDENTIFICAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA ALTERNATIVA DE <i>FRAMEWORK</i> PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS <i>LEAN SEIS SIGMA</i>	56
5.2.1	<i>DEFINE</i> (DEFINIR)	57
5.2.2	<i>MEASURE</i> (MEDIR)	64
5.2.3	<i>ANALYZE</i> (ANALISAR)	69
5.2.4	<i>IMPROVE</i> (MELHORAR).....	72
5.2.5	<i>CONTROL</i> (CONTROLAR).....	74
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de desperdícios.	16
Figura 2 - Guarda chuva Kaizen.....	18
Figura 3 - Fluxo do sistema Kanban.	20
Figura 4 - Mapa do fluxo de valor.....	22
Figura 5 - Quadro talk para gestão visual.....	24
Figura 6 - Exemplo do cálculo da OEE.....	25
Figura 7 - Ciclo PDCA.....	27
Figura 8 - Segredo do sucesso do Seis Sigma.	28
Figura 9 - Como o Seis Sigma e o Lean Manufacturing contribuem para a melhoria dos processos.....	31
Figura 10 - Método DMAIC.	32
Figura 11 - Ciclo PDCA e sua relação com o DMAIC.....	33
Figura 12 - Estrutura Básica para implementação do LSS.....	36
Figura 13 - Domínio dos métodos de pesquisa.	38
Figura 14 - Estrutura metodológica para levantamento e análise da literatura.	40
Figura 15 - Ranking Fator Trabalho.....	44
Figura 16 -Ranking Fator Financiamento.	45
Figura 17 - Ranking Fator Infraestrutura e logística.	46
Figura 18 - Ranking do Fator Tributação.	47
Figura 19 - Ranking do Fator tecnologia e inovação.	48
Figura 20 - Dimensões da produção enxuta resultados da aplicação.	50
Figura 21 - Frequência de utilização das ferramentas LSS.	54
Figura 22 - Framework para implementação do DMAIC.	57
Figura 23 – Estrutura da etapa Define.....	58
Figura 24 - Exemplo de caso de negócio.	62
Figura 25 - Modelo de Project Charter.....	63
Figura 26 - Etapas do Measure.....	65
Figura 27 - Exemplo de folha de verificação.	66
Figura 28 – Diagrama de Pareto.....	67
Figura 29 - Histograma para os valores do Defeito 2.....	67
Figura 30 – Carta de Controle do processo.	68
Figura 31 - Etapas da fase Analyze.	69

Figura 32- Mapa de processos.....	70
Figura 33 – Diagrama de dispersão.....	70
Figura 34 - FMEA de processo.	71
Figura 35 - Estrutura de aplicação do Improve.	72
Figura 36- Matriz de priorização de soluções.	73
Figura 37 - Estrutura para aplicação do Control.	75

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Princípios Lean Thinking.....	14
Quadro 2 – Ferramentas da qualidade.....	30
Quadro 3 - Descrição dos princípios LSS encontrados nos estudos aplicados.....	52
Tabela 4 - Matriz de avaliação de impacto nos objetivos estratégicos.....	59
Tabela 5 - Matriz de priorização de projetos LSS.....	60

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo tem por objetivo analisar as aplicações dos princípios *Lean* seis sigmas (LSS) em empresas brasileiras, identificar e apresentar uma alternativa de *framework* para implementação. Serão observadas as principais ferramentas utilizadas, dimensões *Lean* contempladas e resultados alcançados com a aplicação do LSS.

1.1 PROBLEMÁTICA

Com o intuito de resolver o crescente número de reclamações de produtos eletrônicos manufaturados dentro do período de garantia, em 1987, a empresa Motorola assumiu o desafio de introduzir uma filosofia que garantisse produtos livres de defeitos através da implantação de atividades que enfatizavam a melhoria contínua e, assim, proporcionar o aumento da confiabilidade do produto final (SENAPATI, 2004). No ano seguinte, 1988, a entidade recebeu o prêmio *Malcolm Baldrige* de qualidade dando notoriedade e reconhecimento a filosofia que foi denominada de Seis Sigma e foi responsável pelo sucesso alcançado pela organização no ano em questão e fez com que outras empresas como General Electric, Allied Signal e Citibank adotassem a filosofia (WERKEMA, 2012).

Um dos casos de maior sucesso da aplicação da filosofia Seis Sigma é o da General Electric, pois alcançou significativo crescimento na margem de lucro operacional e que registrou depois de três anos uma economia de US\$ 1,5 bilhão (BAÑUELAS; ANTONY, 2002). Dessa forma, é notável o poder da adoção da filosofia. O Lean Six Sigma (LSS) é a união entre duas filosofias, *Lean Manufacturing* e Seis Sigma, com o objetivo de utilizar os pontos fortes de ambas em conjunto, mostrando-se mais eficazes quando aplicadas juntas do que de forma individual (DIRGO, 2005). A utilização do LSS oferece as entidades um conjunto de ferramentas que ajudam no controle dos processos tornando-os mais enxutos e estáveis (WERKEMA, 2012).

Entretanto, é importante verificar se tal filosofia possibilita melhorias no quesito competitividade em organizações brasileiras. Os resultados alcançados são significativos diante do esforço empregado para a implementação da filosofia?

1.2 OBJETIVO GERAL

Analisar a aplicação dos princípios *Lean Seis Sigma* (LSS) dentro das empresas brasileiras, identificar e apresentar uma alternativa de *framework* para implementação da filosofia.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar quais são as principais ferramentas utilizadas na aplicação da filosofia LSS;
- Analisar as principais dimensões *Lean* abordadas na implementação da filosofia LSS;
- Identificar os resultados proporcionados pela aplicação do LSS;
- Identificar e apresentar uma alternativa de *framework* para implementação.

1.4 JUSTIFICATIVA

Para sobreviverem no mercado global, as empresas buscam alternativas que possam trazer competitividade. Técnicas para melhorar o processo produtivo, visando a redução de custos, promovem uma melhoria dos processos dentro das entidades e contribuem para uma maior competitividade dessas empresas. Entretanto, os impactos e resultados obtidos nas empresas brasileiras, salvo algumas exceções, são poucos significativos e, entre diversos fatores, a baixa produtividade do trabalho na indústria Brasileira tem significativa contribuição (AFFONSO NETO, 2018).

Dessa forma, filosofias de produção *Lean* podem contribuir para a elevação da competitividade das entidades brasileiras frente ao mercado global, promovendo uma melhor utilização dos recursos disponíveis. Contudo, as empresas podem encontrar dificuldades para aplicar os modelos consolidados pelas empresas japonesas. A identificação das principais variáveis que contribuem para o sucesso na implementação da filosofia *Lean* é importante para ser levada em consideração no momento de planejamento da adoção da filosofia de produção japonesa.

Mapear os casos de sucesso e insucesso e os resultados obtidos dentro de uma realidade semelhante pode trazer uma perspectiva de possíveis desfechos que podem ser alcançados através da aplicação da filosofia *Lean*. Também possibilita as empresas a analisarem os casos de aplicação dentro do mesmo segmento, contribuindo para a tomada de decisão em investir, ou não, em projetos para implementação das filosofias de produção enxuta, além de proposição de uma estrutura para aplicação dos princípios LSS.

1.5 RESULTADOS ESPERADOS

De forma objetiva, os resultados esperados estão ligados a confirmação das hipóteses levantadas inicialmente. Ao fim, busca-se verificar os resultados proporcionados pela aplicação do LSS são positivos, quais variáveis e ferramentas são fundamentais para o sucesso da implementação do programa, quais são as principais dimensões *Lean* abordadas dentro das entidades, além de apresentar uma alternativa de estrutura para aplicação. Através das análises dos resultados encontrados, busca-se proporcionar uma maior clareza para a tomada de decisão da implementação ou não do projeto para adoção do *LSS*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo é o embasamento teórico que visa analisar e associar conceitos que tangem os princípios de produção *Lean*. Analisa as metodologias *Lean Manufacturing* e Seis sigma de forma separada e, posteriormente, faz o paralelo entre as duas.

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO DO LEAN SEIS SIGMA

Após a Segunda Guerra Mundial, em 1945, a empresa Toyota, no Japão, originou o modelo de produção enxuto, *Lean Manufacturing (LM)*. Antes da introdução do sistema enxuto, a empresa possuía produtividade muito inferior a encontrada nos EUA devido aos desperdícios na produção japonesa (VIEIRA, 2018). O modelo de produção americano em massa era de difícil aplicação nas empresas japonesa devido a diversos desafios encontrados em solo asiático, entre eles: mercado interno reduzido, necessidade de uma maior variedade de produtos, mão de obra não aceitava ser considerada peças intercambiáveis, a economia era instável e não possuía recursos financeiros para grandes investimentos (HOLWEG, 2007).

O objetivo principal da filosofia *LM* era a eliminação de desperdícios encontrados dentro da cadeia de valor e, dessa forma, aumentar da produtividade. O *LM* busca o atendimento das necessidades dos clientes, dentro do prazo, baixo custo e qualidade elevada, através da associação das vantagens de uma produção artesanal com trabalhadores altamente qualificados e polivalentes, utilizando ferramentas flexíveis na produção e com uma elevada produtividade conseguida no sistema de produção em massa (WERKEMA, 2012). A filosofia *LM* possui algumas premissas que visam a redução de desperdícios dentro das entidades que devem ser identificados e eliminados, entre eles: desperdício de superprodução, o desperdício de material esperando no processo, o desperdício de transporte, o desperdício de produzir peças defeituosas e o desperdício de estoque (OHNO, 1988).

A filosofia Seis Sigma (SS) surgiu em 1987 na Motorola com o intuito de reduzir o número crescente de reclamações relacionadas a seus produtos. As entidades que aderiram a filosofia, buscavam reduzir a variabilidade dos processos, produtos e serviços que causavam defeitos e, como consequência, a obtenção da redução nos custos e aumento da satisfação dos seus clientes (VIEIRA, 2018). A letra grega sigma (σ) representa o desvio padrão em relação à média, ou seja, a variação dos produtos originados do processo entorno da média. Assim, quanto menor o desvio padrão, menor será a variação do processo devido a sua uniformidade produzindo produtos com menor possibilidade de falhas e defeitos (TRAD; MAXIMIANO, 2009).

2.2 LEAN MANUFACTURING

Para Cackmakci (2008), o sistema de produção *LM* tem como característica principal a flexibilidade, possibilitando retornos expressivos com a fabricação de pequenos lotes de produção que são monitorados por métodos que permitem a identificação de desperdícios. Para Karlsson (1996), as práticas de produção *Lean* devem percorrer a empresa como um todo, desde o desenvolvimento, aquisição de insumos, fabricação e distribuição. Dessa forma, os princípios de produção *Lean* permitem produzir cada vez mais com menos e foi denominado como produção enxuta no livro “A máquina que mudou o mundo”, publicada em 1990 nos EUA (WOMACK, 2004).

A produção enxuta segundo Ohno (1988), idealizador do modelo, possui dois pilares importantes para a eliminação dos desperdícios: *Just-in-time* e a automação. *Just-in-time* traz a ideia de produzir na hora certa, a quantidade solicitada e em conformidade com as necessidades do cliente. A automação é a junção da interferência humana com a automação abrangendo o aumento da produtividade através da separação do tempo das atividades das máquinas e de seus operadores, dessa forma, erros de produção em série podem ser evitados, pois há possibilidade de parada automática de máquina.

2.2.1 PRINCÍPIOS DO LEAN THINKING

Segundo Womack (2004): “Existe um poderoso antídoto para o desperdício: O pensamento enxuto (*Lean Thinking*) que especifica valor e alinha ações que criam valor, realizando as atividades sem interrupções toda vez que alguém as solicita e de modo cada vez mais eficaz”. Para isso, a filosofia *Lean* se baseia em 5 princípios descritos pelo *Lean Institute* Brasil no Quadro 1.

Quadro 1 - Princípios *Lean Thinking*.

OS CINCO PRINCÍPIOS *LEAN THINKING*

ESPECIFICAR VALOR

Está ligado diretamente ao cliente sendo definido por ele o que é valor e não pela empresa. As necessidades dos clientes geram valor e cabe as entidades identificarem qual são as necessidades procurando satisfazê-las.

IDENTIFICAR O FLUXO DE VALOR

Está intrinsicamente ligado a identificação do fluxo de valor, separando a cadeia produtiva em três tipos de processos: Os que efetivamente geram valor, processos que não geram valor, mas dão suporte para a manutenção dos processos e da qualidade e, por fim, os que não geram valor algum e devem ser eliminados.

FLUXO CONTÍNUO

Criar processos fluidos sem a ideia de departamentos que possuem fronteiras determinadas. A construção de um fluxo contínuo não é uma tarefa simples. Fluxos contínuos promovem efeitos imediatos como a redução dos tempos de fabricação de produtos e de processamento de pedidos e contribuem para a diminuição dos estoques que possuem custos de capital associados. Dessa forma, a empresa pode atender à necessidade dos clientes de forma quase instantânea.

PUXAR

O benefício do fluxo contínuo é a inversão do fluxo produtivo, ou seja, não fabricar para vender, mas vender para fabricar. As empresas não precisam empurrar produtos para que seus clientes consumam e sim “puxar” a produção, eliminando estoques e gerando valor ao produto.

PERFEIÇÃO

As empresas devem buscar de forma constante a perfeição no que tange o fluxo de valor, buscando um estado ideal que deve nortear os esforços da empresa, para isso, os processos devem ser transparentes e todos os membros da cadeia devem possuir conhecimento aprofundado dos processos como um todo e, assim, buscar as melhores formas de criar valor.

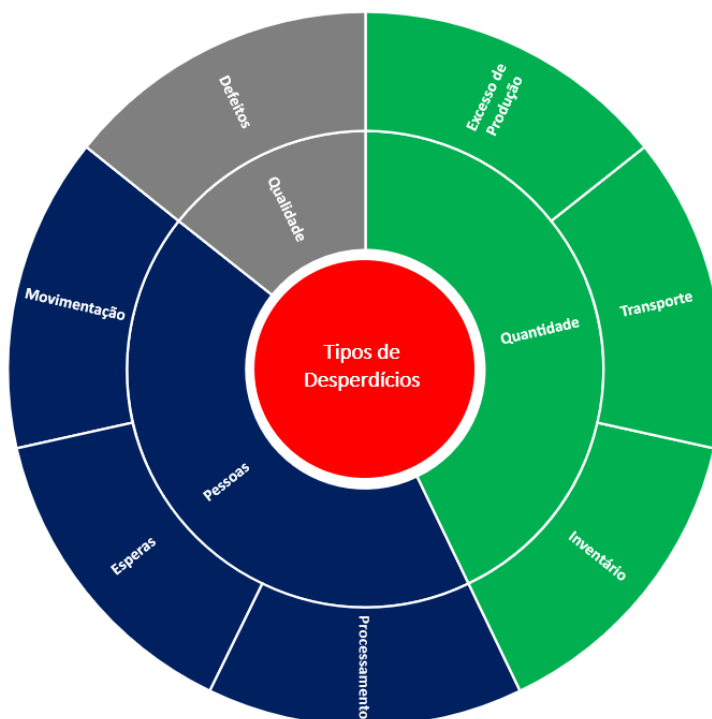
Fonte: Adaptado de Zayko (2008).

Dessa forma, a proposta dos princípios *Lean Thinking* é trazer a mentalidade da melhoria contínua de processos e colocar o cliente como foco principal, buscando a priorização dos processos que efetivamente agregam valor, minimizando/eliminando desperdícios encontrados ao longo do sistema e, como consequência, a redução/eliminação de custos desnecessários.

2.2.2 OS SETE DESPERDÍCIOS DA PRODUÇÃO

Pode ser considerado desperdício todas as atividades que são realizadas e utilizam recursos, mas não agregam valor ao produto ou ao cliente (OHNO, 1988). Existem sete tipos de desperdícios na fabricação de produtos que quando eliminado resultam na produção enxuta e estão descritos na Figura 1.

Figura 1- Tipos de desperdícios.



Fonte: Adaptado de Ferraz (2006, p. 20).

A Figura 1 associa os desperdícios encontrados na produção a três fatores: quantidade, qualidade e as pessoas. A quantidade está ligada ao excesso de produção, transporte e inventário, já a qualidade está ligada aos defeitos e, por fim, a movimentação, esperas e processamentos estão ligados às pessoas.

DEFEITOS: São produtos que não estão em conformidade com os requisitos dos clientes. É desperdício visível e que possui vários custos associados, entre eles: insumos, mão de obra, maquinário, armazenamento entre outros.

EXCESSO DE PRODUÇÃO: Acontece quando existe uma superprodução e acúmulo de estoques desnecessários. Excesso de produtos em estoques ocasiona custos de capital, além dos custos com armazém e com transportes.

ESPERAS: O custo com esperas é relativo ao período em que os recursos ficam esperando para serem processados. Podem ocorrer por diversos motivos como: falta de matéria prima, esperas por máquinas que estão em processamento ou máquinas quebradas, entre outros.

MOVIMENTAÇÃO: Está ligado as movimentações desnecessárias por parte dos colaboradores. Ocorrem geralmente por conta de *layout's* mal elaborados.

PROCESSAMENTO DESNECESSÁRIOS – Acontece quando são executadas atividades que não agregam valor ao produto. Reprocessamento por conta de falhas na produção é um exemplo comum.

TRANSPORTE – Está ligado as movimentações desnecessárias de insumos e produtos intermediários ou finalizados. Podendo, também, está ligado a *layout's* mal elaborados.

INVENTÁRIO – Ocorre quando existe um acúmulo desnecessário de insumos ou produtos gerando gastos desnecessários com espaço físico, produção e custos de capitais atrelados ao excesso de insumos e/ou produtos no estoque.

Para identificação e eliminação dos desperdícios encontrados dentro dos processos nas organizações, faz-se necessário a utilização de algumas ferramentas que contribuem para a implementação dos princípios *LM*.

2.2.3 PRINCIPAIS FERRAMENTAS LEAN

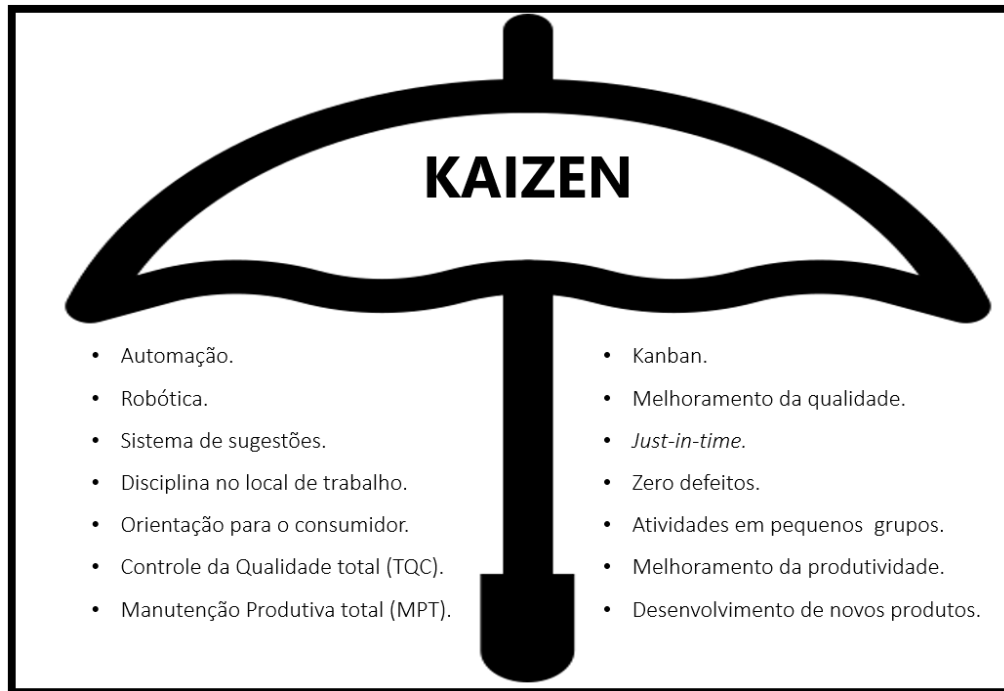
A produção enxuta necessita do auxílio de algumas ferramentas para atingir seus objetivos, as ferramentas, quando aplicadas de forma correta, contribuem para os resultados alcançados pelas entidades. Algumas das principais ferramentas serão descritas a seguir.

2.2.3.1 KAIZEN

Para Green (2010), o Kaizen é um dos pilares dos princípios *Lean*. Kaizen é uma palavra japonesa para “melhoria contínua e mudança incremental” (ORTIZ, 2009). O objetivo da melhoria contínua é a busca da eliminação dos desperdícios de forma gradual tendo como foco o alcance da perfeição. O *Kaizen* busca envolver todas as pessoas dentro da organização na

busca por melhorias globais sendo uma técnica que abrange a maioria das práticas japonesas e que pode ser visualizada na Figura 2.

Figura 2 - Guarda chuva *Kaizen*.



Fonte: Adaptado de Imai (1992, p.4).

De forma resumida, o *Kaisen* busca: procurar a causa raiz dos problemas, abandonar ideias engessadas, elaborar plano de ação ao invés de explicações sobre os problemas, corrigir erros imediatamente, buscar por soluções em meio as dificuldades e, por fim, a melhoria deve ser infinita, ou seja, sempre buscar a perfeição dentro das operações.

Para Imai (2011), a participação constante e frequente dos gerentes da empresa no repasse dos princípios de melhoria contínua contribui para um aperfeiçoamento dos processos e atividade dentro das organizações, dessa forma, os líderes conseguem transmitir aos seus colaboradores a importância da melhoria nos locais de trabalho, assim, os colaboradores conseguem sugerir de forma individual ou em grupo melhorias em seus postos de trabalho.

Para o sucesso do *Kaizen*, faz-se necessário o envolvimento de todos os colaboradores nos processos da entidade. A busca por melhoria deve ser contínua, ou seja, não pode ter um fim e o acúmulo de pequenas melhorias levam a grandes evoluções dos processos da entidade.

2.2.3.2 KANBAN

A ferramenta teve início na Toyota como objetivo controlar os estoques que estão em processo, a produção e o suprimento de componentes, de forma resumida, faz a gestão do fluxo de produção em todo o sistema produtivo (LAGE JUNIOR, 2008). O sistema pode também ser visto como uma estratégia para possibilitar melhorias na produtividade e na qualidade dos produtos e processos produtivos (SHINGO, 1996). A tradução literal de *Kanban* significa anotação visível ou sinal, geralmente, é nome dado aos cartões de controle que são utilizados para autorizar a produção e a movimentação de itens no decorrer do processo produtivo (SILVA, 2019).

De acordo com Lage Junior (2008), o sistema *Kanban* possui algumas características como:

UTILIZAÇÃO DE CARTÕES SINALIZADORES: Existem dois tipos de sinalizadores, o de ordem de produção e o de requisição. O sinalizador de ordem de produção tem por objetivo autorizar a produção para reposição dos produtos que serão utilizados em processos subsequentes, e é utilizado somente no centro onde se produz o produto. Já o sinalizador de requisição autoriza a movimentação dos produtos entre o setor de produção e o setor de consumo, que pode ser um cliente interno ou externo.

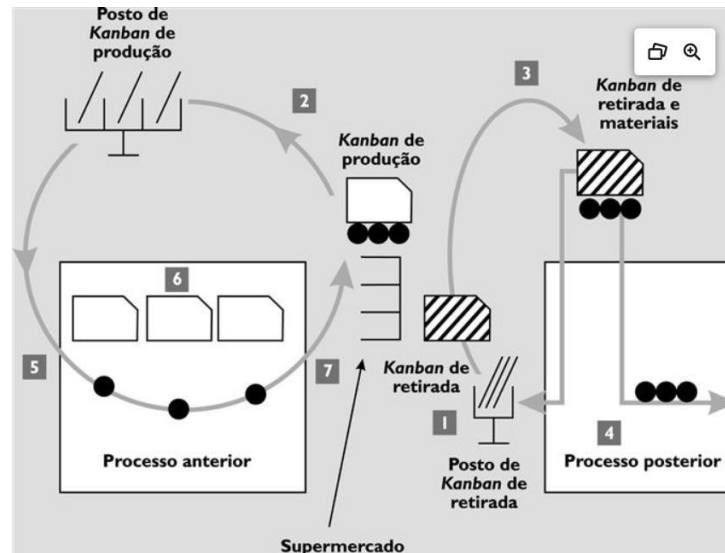
PRODUÇÃO PUXADA: Está atrelado aos níveis de estoque, controlando os volumes posicionados nos estoques ou a programação do último estágio produtivo.

AUTONOMIA DOS OPERADORES: A gestão da produção é feita pelo controle visual dos cartões sinalizadores, quando os níveis de estoques estão abaixo do ideal, o quadro com o sistema *Kanban* deixa evidente o que e quanto produzir dos produtos em questão, ou seja, os próprios colaboradores conseguem definir o momento ideal e os produtos que devem ser priorizados no processo produtivo.

LIMITES DE ESTOQUES DEFINIDOS: Os estoques possuem um nível máximo de abastecimento, ou seja, os operários não podem produzir mais que aquele volume especificado pelo número de cartões sinalizadores.

Faz-se necessário um levantamento da demanda pelos produtos para que seja possível definir o estoque máximo e mínimo que deve ser produzido e, assim, produza o necessário sem o desperdício da superprodução e, também, para que não falte o produto para o processo posterior.

Figura 3 - Fluxo do sistema *Kanban*.



Fonte: Werkema (2006, p. 49)

A Figura 3 ilustra o funcionamento do sistema *Kanban* trazendo as etapas que são seguidas no modelo. As etapas segundo Werkema (2006) estão descritas a seguir:

1ª ETAPA – O operador do processo posterior leva o cartão sinalizador de retirada ao ponto de estoque do processo anterior. Cada caixa do material possui um cartão sinalizador de produção anexado nele;

2ª ETAPA – O operador do processo posterior que retirou a caixa do estoque destaca o cartão de sinalização de produção anexado na caixa e coloca no posto do *Kanban* de produção;

3ª ETAPA – Para substituir o cartão de produção anexado na caixa, coloca-se um cartão de sinalização de retirada, conferindo com as informações do cartão anterior para verificar se não existe nenhum erro na retirada;

4ª ETAPA – Quando o material que foi retirado for utilizado, o *Kanban* de retirada é desanexado da caixa e colocado no posto de *Kanban* de retirada;

5ª ETAPA – No processo anterior (posto de produção), os materiais são fabricados na ordem de chegada dos cartões de sinalização de produção no posto *Kanban*;

6ª ETAPA – Os materiais produzidos e seus cartões de sinalização são movimentados juntos durante o processamento, por fim;

7ª ETAPA – Os materiais acabados e seus respectivos *Kanbans* retornam para o estoque, onde o operador do processo posterior pode retirá-los e reiniciar o ciclo.

A maior vantagem da utilização do sistema *Kanban* é a simplicidade do sistema que pode ser aplicado para a gestão eficiente dos estoques atuando na eliminação de desperdícios de produção.

2.2.3.3 METODOLOGIA 5S

Para Ribeiro (2006), o 5S consiste na aplicação de 5 senso que promovem atitudes que proporcionam a otimização e a organização das atividades estabelecendo a disciplina, são eles:

SEIRI (Organização): Está relacionado com a separação dos materiais nos postos de trabalho, ou seja, devem ser definidos quais materiais são necessários para a realização das atividades e devem ser retirados todos os que são desnecessários para a operação.

SEITON (Ordem): Quando se retira todos os materiais desnecessários, a próxima etapa são identificá-los e ordená-los, realizando a alocação deles em seus devidos lugares para fácil localização.

SEISO (Limpeza): Resume-se em manter o ambiente de trabalho limpo e agradável para os colaboradores. Para a manutenção do senso, é necessário a disponibilização dos materiais de limpeza.

SEIKETSU (Padronização): Está ligado a normatizar os procedimentos que já foram alcançados padronizando-os.

SHITSUKE (Disciplina): Diz respeito a manutenção dos demais senso, pois é fundamental para que a entidade não se perca no meio do caminho e mantenha-se sempre em constante melhoria.

Entre os benefícios proporcionados pela adoção do 5S estão: Aumento da produtividade, redução de defeitos, melhora nas condições de trabalho proporcionando maior

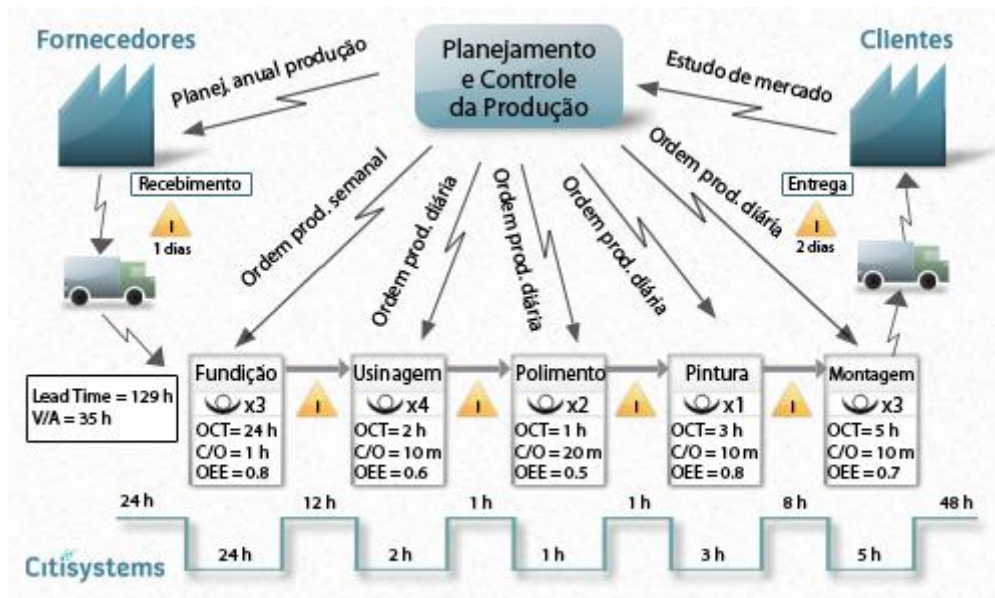
segurança e redução de desperdícios de materiais, além de ser uma ferramenta de simples implementação

2.2.3.4 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV)

O MFV consiste em mapear o estado atual para diagnosticar como os materiais e as informações de famílias de produtos fluem pela empresa, agregando valor ou não, identificando gargalos de produção e pontos de desperdício (CHIOCHETTA, 2007). Dessa forma, o objetivo principal é identificar os processos que não agregam valor e são considerados desperdícios a fim de eliminá-los, criando um fluxo de valor fluido desde os fornecedores até os clientes finais (FERRO, 2006).

Utiliza-se o MFV para identificar o fluxo de materiais e informação que são necessários para atender o cliente desde o princípio, com o pedido, até a entrega. A ferramenta propõe duas etapas: mapeamento do fluxo de valor atual e, posteriormente, o mapeamento de uma situação futura. Após a elaboração dos dois mapas, são realizadas a elaboração e aplicação do plano de melhorias identificadas. A Figura 4 mostra um exemplo de mapa do fluxo de valor.

Figura 4 - Mapa do fluxo de valor.



Fonte: Citisystems.

Disponível em: < <https://www.citisystems.com.br/mapeamento-fluxo-valor-1/> > Acesso em: 18 de junho de 2022.

Como pode ser visto na Figura 4, o MFV utiliza ícones gráficos para documentar e apresentar visualmente a sequência e o movimento de informações, materiais e ações que constituem o fluxo de valor da entidade. O exemplo da Figura 4 é de uma indústria de manufatura, os produtos fabricados são acessórios de metal para portas e janelas.

Os principais conceitos trazidos pela na Figura são:

LEAD TIME: Tempo entre a entrada do pedido e a entrega para o cliente;

ACRÉSCIMO DE VALOR (V/A): Tempo envolvido em um processo que agrega valor;

OPERADORES: Número de operadores;

CICLO DE TRABALHO DO OPERADOR (OCT): Tempo de operação;

TEMPO DE SETUP: Tempo de troca da configuração de uma linha para outra linha de produtos.

EFICIÊNCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS (OEE): (Disponibilidade x Produtividade x Qualidade).

O mapa do fluxo de valor proporciona uma visão ampla dos processos que agregam valor, ou não, na entidade. É possível visualizar o relacionamento entre as atividades, informações e fluxo de material que exercem impacto sobre o *Lead time*.

2.2.3.5 GESTÃO VISUAL

Utilizada com o objetivo de tornar a compreensão do processo de forma mais simples e rápida. Podem ser utilizados quadros, painéis, placas, cronogramas, cartões entre outros, que transmitem informações sobre o estado e comportamento desejados no local de trabalho, para que todos os envolvidos possam entender imediatamente o que está acontecendo na produção (LIKER; MEIER, 2007).

Dessa forma, a organização consegue ter noção dos acontecimentos do estado atual do sistema produtivo sem a necessidade de indagar qualquer colaborador. Esta ferramenta possibilita a identificação de desperdícios rapidamente quando se realiza um monitoramento contínuo. A Figura 5 ilustra um exemplo de quadro para gestão visual das operações.

Figura 5- Quadro *takt* para gestão visual.

Quadro <i>Takt</i> : Departamento de Recebimento de Pedidos				
Ontem:	443 Pedidos		49 Pedidos/h	
Hoje:	440 Pedidos		52 Pedidos/h	
Hora	Previsto	Efetivo	Dif. +/-	Comentários
07:00 - 08:00	60	53	-7	Queda no sistema
08:00 - 09:00	60	59	-1	
09:00 - 10:00	45	48	3	
10:00 - 11:00	60	61	1	
11:00 - 12:00	30	34	4	Atraso no almoço
12:00 - 13:00	60	59	-1	
13:00 - 14:00	50	50	0	
14:00 - 15:00	40	41	1	
15:00 - 16:00	65	35	-30	
Totais	470	440	-30	Problema com software

Passo 1: Insira o número de pedidos processados e os pedidos/hora de ontem.
Passo 2: Insira o número de pedidos a serem processados e a meta de pedidos/hora para hoje. Confirme o índice *takt* para cada hora (leve em conta descansos e hora de almoço).
Passo 3: A cada hora, insira o número de pedidos processados na hora anterior.
Passo 4: Insira a diferença acumulada entre a previsão de pedidos a processar e o número efetivo de pedidos processados.
Passo 5: Insira quaisquer comentários (queda do sistema, falta de formulários etc.) que expliquem o motivo para atingir ou não o tempo *takt*.

Fonte: Adaptado de Werkema (2006, p. 79)

No quadro *Takt* da Figura 5, no cabeçalho são apresentados os resultados do dia anterior e do dia atual para efeito de comparação, mostrando a quantidade de pedidos captados e a produtividade através da quantidade de pedidos por hora de trabalho. Abaixo, mostra-se a previsão de pedidos captados e o que efetivamente foi captado, ao lado, coloca-se a diferença entre os dois, as observações identificadas são colocadas no respectivo campo.

Este tipo de gestão visual proporciona benefícios como: clareza e rapidez na comunicação entre operadores, supervisores e gerentes o que aumenta a velocidade de resposta a anomalias identificadas nas atividades e processos (LIKER; MEIER, 2007).

2.2.3.6 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

Tem o objetivo de eliminar desperdícios relacionados a paradas de máquina não programadas, garantindo a qualidade dos produtos fabricados (NAKAJIMA, 1988). A TPM busca garantir a fluidez na operação sem imprevistos indesejados com paradas de máquinas desnecessárias, tirando o rendimento máximo dos equipamentos. A TPM propõe que sejam realizadas manutenções preventivas das máquinas para garantir a não ocorrência de desperdícios relacionados a quebra e avarias de máquinas.

A TPM tem como objetivo principal garantir a produtividade total do equipamento, ou seja, eliminando as perdas sofridas pelas máquinas, conhecidas como as seis grandes perdas:

Pequenas paradas, perdas de velocidade, quebras, refugo, retrabalho e tempo de *setup*. A meta sugerida para a eficácia total dos equipamentos (OEE) é de 85% e não 100%, pois é necessário considerar as manutenções programadas e de momentos em que a máquina exibirá um desempenho abaixo do projetado, com o objetivo de sincronizá-la com as outras máquinas (WEREKEMA, 2006). A Figura 6 apresenta como é calculado o OEE.

Figura 6 - Exemplo do cálculo da OEE.

Taxa de disponibilidade	
A:	Tempo total de disponibilidade: 6.000 minutos
B:	Downtime planejado (manutenção preventiva, reuniões etc): 600 minutos
C:	Tempo de operação: A - B = 5.400 minutos
D:	Downtime não planejado: 1 + 2 + 3 = 900 minutos 1: Quebras: 350 minutos 2: Setup: 450 minutos 3: Pequenas paradas: 100 minutos
E:	Tempo líquido de operação: C - D = 4.500 minutos
F:	Taxa de disponibilidade: $E/C \times 100 = 4.500 / 5.400 \times 100 = 83,3\%$
Taxa de desempenho	
G:	Quantidade de produto fabricado (boa e má qualidade) = 270.000 unidades
H:	Lead time projetado (ideal) = 0,015 minutos/unidade
I:	Taxa de desempenho: $[(H \times G)/E] \times 100 = [(0,015 \times 270.000)/4.500] \times 100 = 90,0\%$
Taxa de qualidade	
J:	Quantidade de produto refugado ou retrabalhado: 10.813 unidades
K:	Taxa de qualidade: $[(G - J)/G] \times 100 = [(270.000 - 10.813)/270.000] \times 100 = 96,0\%$
Eficácia Total do Equipamento - OEE	
OEE: $F \times I \times K = 83,3 \times 90,0 \times 96,0 = 72,0\%$	

Fonte: Werkema (2006, p. 74).

A Figura 6 proporciona um melhor entendimento sobre a eficácia total dos equipamentos. A taxa de disponibilidade mostra a performance do equipamento com relação ao que foi planejado inicialmente, ou seja, considerando as paradas planejadas, quanto desse tempo a máquina realmente executou.

A taxa de desempenho retorna o percentual de produtividade efetivo do equipamento, no exemplo da Figura 6, com um *lead time* ideal de 0,015 min/uni para com o tempo de 4500 líquidos de produção, poderiam ser fabricadas até 300 mil peças, entretanto, foram produzidas 270 mil, representando 90% de produtividade. Os motivos podem ser diversos, mas entre eles pode estar uma desaceleração da velocidade do equipamento. Por fim, a taxa de qualidade traz a razão entre as peças dentro dos padrões de especificações e o total de peças, ou seja, qual foi o impacto das peças refugadas e as que tiveram que ser retrabalhadas. Multiplicando as três taxas é possível obter o OEE.

2.2.3.7 TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (SMED)

Quando se prepara uma máquina para a fabricação de um novo lote, podem existir ajustes no maquinário, realizando a troca de ferramentas para adequação ao modelo fabricado, esses ajustes são chamados de *Setup*. A troca rápida de ferramentas atua justamente no que tange as configurações de máquina minimizando os tempos gastos com *setup* e atuando na melhoria das atividades internas e externas e tornando possível a fabricação de pequenos lotes. (SUGAI et. al., 2007)

Quando os processos de *setup* são muito complexos e demorados é preferível que mantenha produtos do mesmo padrão e dimensões sendo produzidos em sequência para que o tempo com *setup* seja minimizado, porém esse fator traz uma limitação para a organização devido a, em alguns casos, inviabilidade da produção de pequenos lotes.

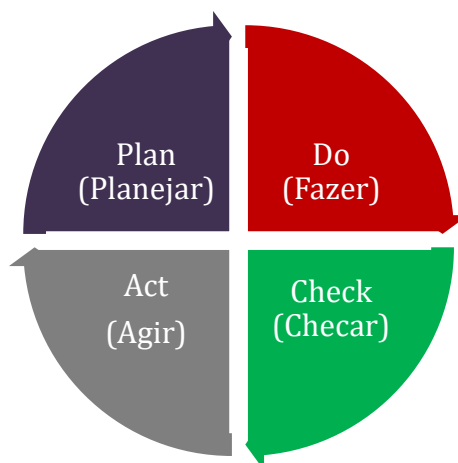
Para a aplicação da técnica de acordo com o modelo Toyota de produção, devem ser aplicados alguns princípios básicos como: distinguir claramente *setup* interno do externo; converter *setup* interno em externo; desenvolver grampos funcionais (considerar, por exemplo, fixadores sem roscas) e eliminar ajustes (SHINGO, 1996). Distinguir *setup* internos e externos é fundamental, a identificação de *setup* internos que podem ser transformados em *setup* externo é de grande valor, pois haverá redução do período que a máquina ficará parada. Grampos funcionais auxiliam na velocidade de troca da ferramenta, e parafusos e porcas podem atrapalhar a rapidez da realização da troca.

O troca rápida de ferramentas pode trazer alguns benefícios como: rápida resposta às variações do mercado (maior flexibilidade), possibilidade de produção em pequenos lotes, redução dos custos e diminuição do *lead time*.

2.2.3.8 CICLO PDCA

É usado para gestão da melhoria contínua dos processos, o PDCA é uma das ferramentas relacionadas com o Kaizen que tem como norte a busca pela execução dos processos de maneira mais simples, rápida e com o menor custo possível. A Figura 7 apresenta o ciclo PDCA.

Figura 7 - Ciclo PDCA.



Fonte: Autor.

O que deve ser executado em cada etapa da Figura 7 é:

PLAN (Planejar) – É a primeira etapa, visa a identificação do problema a ser tratado na busca pelo resultado que se deseja, montando um plano de ação específico para essa finalidade.

DO (Fazer) – Nesta etapa o plano de ação elaborado no planejamento é aplicado.

CHECK (Checar) – Após a aplicação do plano de ação são verificados os resultados alcançados e comparados com os esperados.

ACT (Agir) – Após a comparação dos resultados, são identificados e corrigidos os problemas no plano elaborado inicialmente. Assim, garantido a melhoria contínua dos processos.

2.3 SEIS SIGMAS

O programa Seis Sigma tem importante papel quando o objetivo é a redução das variações nos processos, pois atua continuamente visando eliminar defeitos ou falhas nos produtos e serviços (LINDERMAN et al., 2003). O Seis sigma se enquadra em uma prática de gestão que procura melhorar os resultados financeiros das entidades de qualquer setor, podendo ser aplicado tanto no setor de produtos quanto em serviços (HAHN et al., 2000). As empresas, para se autossustentarem no longo prazo, precisam de um resultado financeiro positivo, dessa forma, o programa Seis sigma pode contribuir, pois concentra esforços na redução dos custos da qualidade com o intuito de proporcionar eficácia e maior eficiência através do aperfeiçoamento de todas as operações que visam atender as necessidades dos clientes (BAÑUELAS, R.; ANTONY, 2001).

A aplicação dos princípios do Seis sigma ocorre de forma estruturada, utilizando ferramentas estatísticas para identificação, análise e solução de problemas que tem como *input* os dados operacionais coletados e tratados (HONG; GOH, 2003). Um dos objetivos dos seis sigma é chegar próximo a zero defeitos com 3,4 defeitos por milhão de operações realizadas (WERKEMA, 2012). A Tabela 1 apresenta a escala sigma.

Tabela 1 - Níveis sigma de qualidade.

Nível da qualidade	Defeitos por milhão (ppm)
Dois sigma	308.537
Três sigma	66.807
Quatro sigma	6.210
Cinco sigma	233
Seis sigma	3,4

Fonte: Adaptado de (HARRY; SCHROEDER,1997, p. 17)

As ferramentas estatísticas utilizadas na metodologia Seis sigma são conhecidas e difundidas há anos dentro das empresas, o que parece não trazer nada de novo para o SS, entretanto, sua abordagem e a forma de implementação são únicas e poderosas (SNEE, 2000). A Figura 8 apresenta os pilares do SS.

Figura 8 - Segredo do sucesso do Seis Sigma.



Fonte: Werkema (2012, p. 21).

Para Werkema (2012), os três pilares principais para o sucesso da implementação do seis sigma estão descritos na Figura 8 e são:

\$\$\$ - O Retorno diz respeito aos benefícios trazidos pelo programa que proporcionam o aumento da lucratividade da empresa. Dessa forma, um exemplo seria a execução de projetos que maximizam o lucro da entidade tornando-os mais atrativos, entretanto, podem ser complexos e demorados, o que os posiciona atrás de projetos mais simples e que trazem algum retorno financeiro a curto prazo

DMAIC - Método estruturado para alcance das metas utilizadas no Seis Sigma. Um conjunto de ferramentas que são aplicadas nas fases do método auxiliando na tomada de decisão e contribuindo para limitar o escopo do projeto que será executado, coleta de dados para levantamento de informações, análise das causas raiz dos problemas, proposição de solução para resolução dos problemas e plano para manutenção dos resultados alcançados, por fim;

CEO - Representa o elevado comprometimento da alta administração da empresa.

Ainda segundo o autor, existem outros aspectos fundamentais que são:

- Foco na satisfação dos consumidores;
- Infraestrutura criada na empresa, com papéis bem definidos para patrocinadores e especialistas seis sigma;
- Busca contínua da redução da variabilidade;
- Extensão para projeto de produtos e processos, por fim;
- Aplicação efetiva a processos administrativos, de serviços ou de transações e não somente a procedimentos técnicos.

Para o monitoramento e correção das variabilidades dentro do seis sigma, usa-se ferramentas de controle estatístico que auxiliam no controle dos processos.

2.3.1 AS SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As sete ferramentas da qualidade podem ser utilizadas para a coleta, processamento e a disposição das informações sobre a variabilidade dos processos produtivos. A variabilidade está presente em todos os processos de produção de bens e serviços, entretanto existem dois tipos de variabilidade: causas comuns e aleatórias e causas especiais ou assinaláveis (WERKEMA, 2012).

As causas comuns de variabilidade são inerentes aos processos e sempre acontecem, entretanto, estão dentro faixas aceitáveis de variação, ou seja, estão sob controle estatístico. Já as causas especiais ou assinaláveis, são anomalias que acontecem nos processos

excepcionalmente e que seu resultado são produtos defeituosos, dessa forma, devem ser identificadas e eliminadas. Para isso, são utilizadas algumas ferramentas estatísticas para identificação dos problemas no sistema descritas no Quadro 2.

Quadro 2 – Ferramentas da qualidade.

FOLHA DE VERIFICAÇÃO	A Folha de Verificação é a ferramenta da qualidade utilizada para facilitar e organizar o processo de coleta e registro de dados, de forma a contribuir para otimizar a posterior análise dos dados obtidos (ALMEIDA, 2014; WERKEMA, 2016).
ESTRATIFICAÇÃO	A estratificação é uma técnica utilizada para desdobrar o problema em estudo em partes menores, agrupando as informações sob diferentes pontos de vista (MARIANI, 2005).
GRÁFICO DE PARETO	Tem como objetivo tratar as causas mais frequentes, pois organiza e identifica os dados de forma gráfica de acordo com sua prioridade, ordenando-os de forma decrescente contabilizando a frequência das ocorrências (HAGEMEYER et al., 2006).
DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	Denominado também de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, é uma representação gráfica que possibilita a identificação das possíveis causas de um problema, é constituído por um eixo principal ligado a seis contribuições primárias de um problema: Máquina, Medida, Meio Ambiente, Mão de Obra, Método e Matéria Prima (LOURENÇO, 2011; VENKATRAMAN, 2007).
HISTOGRAMA	É uma ferramenta estatística que ilustra a distribuição de frequências através de um gráfico de barras. (HAGEMEYER et al., 2006).

**DIAGRAMA DE
DISPERSÃO**

O Diagrama de Dispersão é um gráfico utilizado para a visualização do tipo de relacionamento existente entre duas variáveis (WERKEMA, 2016).

**GRÁFICO DE
CONTROLE**

Ferramenta gráfica que tem por objetivo o monitoramento da variabilidade e avaliação dos processos, com o intuito de identificar anomalias (WERKEMA, 2016).

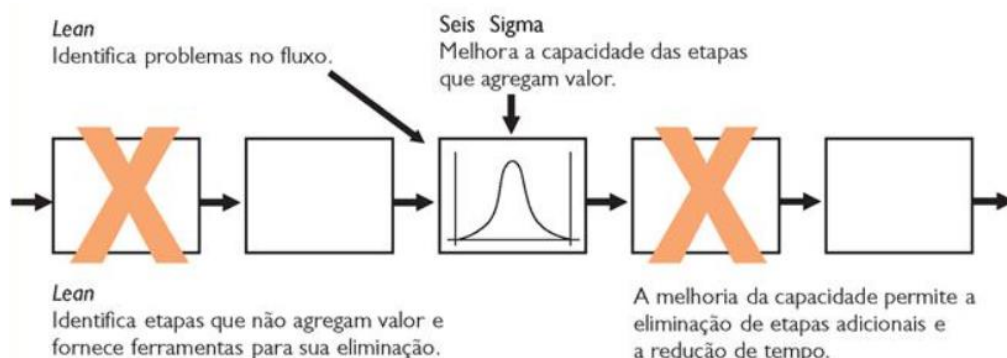
Fonte: Autor.

Quando aplicadas, as ferramentas da qualidade podem contribuir para a melhoria da qualidade dos processos desenvolvidos pelas organizações, por consequência, diminuem a variabilidade dos processos, produzindo produtos mais uniformes o que diminui custos com problemas relacionados a qualidade, dessa forma, proporciona processos mais eficientes e eficazes.

2.4 LEAN SEIS SIGMAS

O *Lean Six Sigma* (LSS) é a união entre duas filosofias, *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma*, com o objetivo de utilizar os pontos fortes de ambas em conjunto, mostrando-se mais eficazes quando aplicadas juntas do que de forma individual (DIRGO, 2005). A Figura 9 ilustra o encontro das duas filosofias.

Figura 9 - Como o Seis Sigma e o Lean Manufacturing contribuem para a melhoria dos processos.



Fonte: Werkema (2012, p. 25).

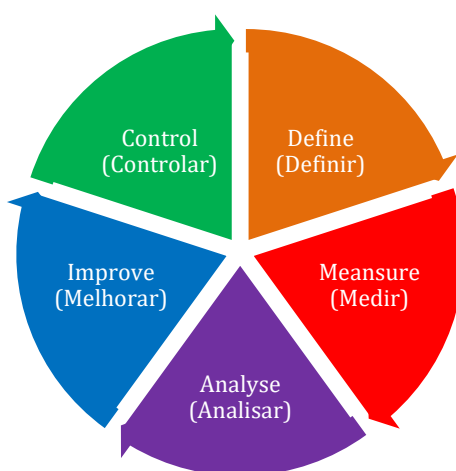
Enquanto *Lean Manufacturing*, em sua essência, busca a melhoria da velocidade dos processos e a redução do *Lead Time* o Seis sigma atua diretamente na variabilidade, buscando

a solução de problemas através da aplicação de ferramentas estatísticas. A utilização do LLS oferece as entidades um conjunto de ferramentas que ajudam no controle dos processos tornando-os mais enxutos e estáveis (WERKEMA, 2012).

2.4.1 DMAIC

O método utilizado no LSS para a melhoria contínua dos processos e desenvolvimento dos projetos é o DMAIC, descrito na Figura 10.

Figura 10 - Método DMAIC.



Fonte: Autor.

DEFINIR (*Define*) – Definir precisamente o escopo do projeto e o que se espera dele;

MEDIR (*Measure*) - Medir e verificar qual o atual estado do processo e, dessa forma, levantar potenciais causas de problemas;

ANALISAR (*Analyse*) – O foco desta etapa é analisar os dados levantados na etapa anterior para conhecer o comportamento atual identificando as causas raízes dos problemas;

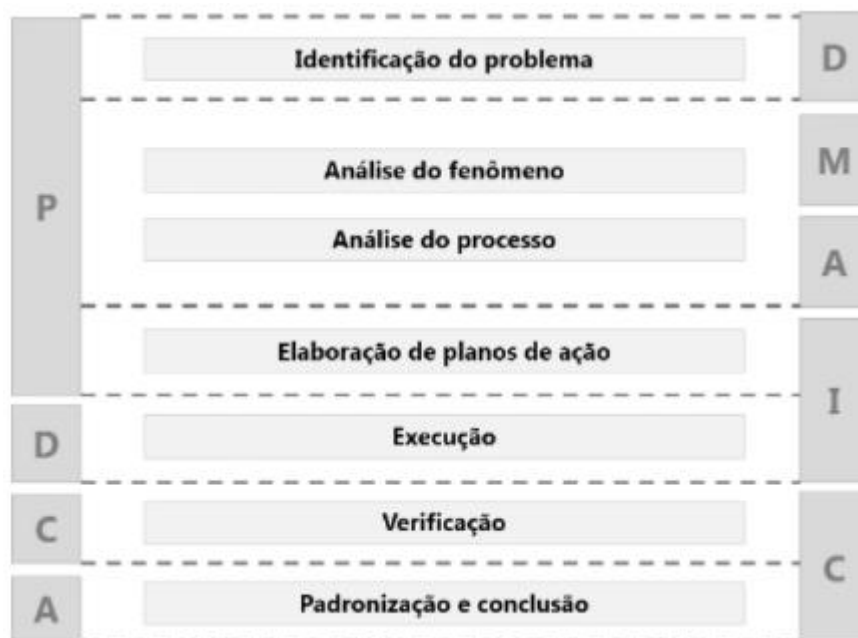
MELHORAR (*Improve*) – O propósito de etapa é testar, validar e aplicar as mudanças que foram sugeridas para cada causa raiz identificada.

CONTROLAR (*Control*) – Consiste na última etapa e tem por objetivo monitorar os resultados alcançados após a implementação das melhorias e promover a manutenibilidade dos resultados.

Muito semelhante ao PDCA, DMAIC é uma das ferramentas utilizadas dentro do LSS. A fase de planejamento (Plan) do ciclo PDCA é segregada em três: Definir (*Define*), Mensurar

(*Measure*), analisar (*Analyse*) e parte do melhorar (*Improve*). Entretanto, o checar (*Check*) e agir (*Act*) do PDCA é contemplado pelo Cotrolar (*control*) do DMAIC.

Figura 11 - Ciclo PDCA e sua relação com o DMAIC



Fonte: Voitto (2017)

Disponível em: < <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/ciclo-pdca>>. Acesso em: 12 de março de 2022.

Dessa forma, o LSS se municia de ferramentas estatísticas para eliminar a variação dos processos e utiliza das demais ferramentas *Lean* para eliminação dos desperdícios no sistema a fim de dar fluidez aos processos.

2.5 ETAPAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS LEAN SEIS SIGMA.

As empresas que buscam melhorar seus processos através da implementação do *LSS*, geralmente, contam com o apoio de uma consultoria externa para a aplicação dos princípios *LSS*. Para que organização obtenha sucesso na implantação dos princípios *Lean Seis Sigma*, existem algumas etapas que devem ser respeitadas para obter êxito. Dessa forma, a aplicação do programa pode ser dividida em seis passos (FIGUEIREDO, 2006):

1ª ETAPA: Sensibilização de todos os colaboradores, dos executivos aos operários da empresa, para difundir a importância da aplicação criando um ambiente adequado para execução do trabalho. A mudança cultural dentro da organização é fundamental e contribui para a motivação dos colaboradores a enfrentar os desafios que surgirão ao longo do programa (SHINGO, 1996).

O LLS possibilita uma visão holística da empresa, ou seja, não busca somente o resultado da união das partes, mas sim como os resultados coletivos menores contribuem para o sucesso dos grandes projetos executados. Segundo Werkema (2012), os esforços para a implementação do programa do LLS tem que ser liderado pelo *CEO* ou pelo principal executivo da entidade, pois para que o programa possua êxito a implementação tem que vir “de cima para baixo”, dessa forma, as atividades iniciais de lançamento do programa são:

- Visita técnica da consultoria para preparação do programa;
- Realização de seminários para a alta administração com o intuito de definir projetos, *champions, black e green belts*;
- Realização do *Workshop* para formar *champions*;
- Seleção de candidatos a *Black belts* e *Green belts*.

Cabe ressaltar que o respeito as atividades iniciais é fundamental para preparação de todas as partes envolvidas no projeto, as etapas iniciais do programa devem contar com aplicação de ferramentas de fácil entendimento para não gerar resistências iniciais e, dessa forma, comprometer as etapas seguintes.

2ª ETAPA: Sistema que permita uma comunicação adequada entre todos os *stakeholder* para que seja possível a identificação de obstáculos que não contribuem para o êxito do programa. Ou seja, faz-se necessário o desenvolvimento de métodos rigorosos para obtenção e avaliação das informações.

3ª ETAPA: Aplicação de treinamentos para todos os colaboradores visando preencher lacunas educacionais. Segundo Coronado (2002), para a implementação do programa são necessárias equipes extremamente preparadas que são capazes de contribuir para o aumento do desempenho organizacional, para isso, a equipe deve ser composta por colaboradores com papéis distintos e níveis de subordinação diferenciados. Dessa forma, Maukiewicz (2009) divide o treinamento por área levando em consideração o conhecimento do candidato, são elas:

Sponsor do Lean Seis Sigma: É responsável por promover e definir as diretrizes para a implantação do seis sigma, geralmente, é o principal executivo da entidade (WERKEMA, 2012).

Sponsor facilitador: Responsável por dar suporte ao *Sponsor* do *Lean seis sigma*. Geralmente, é o diretor da entidade.

Champions: Geralmente, nas grandes empresas, são diretores ou gerentes. Tem papel fundamental, pois tem elevado grau de conhecimento da organização e entende o funcionamento dos processos. O *champion* é responsável por treinar e liderar os processos em tempo integral, além de patrocinar e acompanhar o andamento do programa.

Master Black belts: Pessoas responsáveis por liderar o programa, possui muito conhecimento técnico e organizacional. Detêm capacidade de conduzir o treinamento dos *Black belts* e *Green belts*, orientando-os durante as capacitações com o objetivo de aplicar a programa *LSS* de forma correta e intervindo para correção de erros.

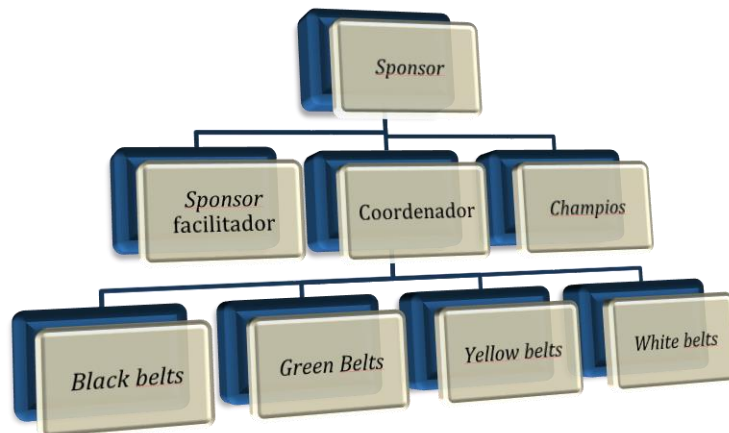
Black belts: Pessoas com certificação de 160 horas para atestar a capacitação em *LSS* e que estão envolvidos com o processo de desenvolvimento da entidade. Como habilidades, são necessárias boa capacidade analítica, conhecimento em ferramentas técnicas e estatísticas, além de boa base matemática. O objetivo é adquirir conhecimento de todos os setores da empresa, além de buscar o domínio dos sistemas que a empresa armazena seus a fim de transformá-los em informações relevantes para o programa.

Green belts: Pessoas com certificação de 60 horas em *LSS*. Estão envolvidas do início ao fim do programa. São preparados para gerenciar os projetos utilizando metodologias para gerenciamento da qualidade com o objetivo analisar dados descritivos e solucionar problemas.

Yellow belts: Função ocupada, geralmente, por supervisores que são treinados e capacitados nos fundamentos e ferramentas do *Lean seis sigma*. A principal função é acompanhar o uso das ferramentas *LLS* dentro da rotina da organização com foco em projetos de desenvolvimento mais rápido do que os que são acompanhados pelos *Green belts* (WERKEMA, 2012).

White belts: Pessoas que trabalham na operação e tiveram um treinamento de aproximadamente dois dias para adquirir noções sobre o programa, fazendo uso da ferramenta simplificada para execução de suas funções.

Figura 12 - Estrutura Básica para implementação do LSS.



Fonte: Autor.

4ª ETAPA: Uma estrutura de melhoria contínua é modelada e desenvolvida, fazendo o uso de indicadores chaves para monitorar a evolução do programa a fim de garantir a melhoria contínua. As métricas do programa *LSS* devem ser estratégicas, propulsores de negócio e principais nos processos.

5ª ETAPA: Para implementar do *LSS* é necessária a seleção e gerenciamento dos projetos, os processos que devem ser melhorados são selecionados pelos executivos com vasto conhecimento técnico da área. O que pode contribuir para a seleção dos projetos são os critérios que envolvem retornos financeiros para a entidade, além de fatores como viabilidade e impacto organizacional buscando analisar os recursos disponíveis.

6ª ETAPA: A condução do projeto é realizada por profissionais da entidade. Os líderes dos projetos são os *Black belts* e os *Green Belts* e são suportados pelos *Yellow belts* e *White belts* que embora estejam na alçada operacional, recebem capacitação *LSS* em ferramentas básicas para a condução de suas atividades.

3. METODOLOGIA DO ESTUDO

3.1 PESQUISA EXPLORATÓRIA

Para Sampieri (1991), a pesquisa exploratória sob a ótica objetivista pode servir para aumentar o grau de familiaridade com fenômenos relativamente desconhecidos. Para Santos (1991), a pesquisa exploratória traz ao leitor o contato inicial com a literatura sobre o tema que será analisado, com os sujeitos a investigados e suas respectivas fontes secundárias disponíveis.

Assim, geralmente, a pesquisa exploratória visa uma maior intimidade do pesquisador com o tema que pode ser construído com base em hipótese ou intuições. Desse modo, a contribuição da pesquisa exploratória é proporcionar uma nova perspectiva sobre o uma realidade que foi observada.

3.2 PESQUISA DESCRITIVA

As pesquisas descritivas têm como objetivo principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno e estabelece relações entre as variáveis estudadas (GIL, 2002). Geralmente, as técnicas utilizadas para a coleta de dados são questionários ou observação sistêmica.

A pesquisa descritiva possui o objetivo de descrever as características de um grupo, levantamento de informações sobre determinada população ou as que visam descobrir a existência de correlação entre variáveis podendo, também, determinar a natureza dessa relação. Um aspecto fundamental na pesquisa descritiva é a influência na obtenção das respostas, ou seja, as respostas às indagações surgem de forma natural sem a intervenção do pesquisador.

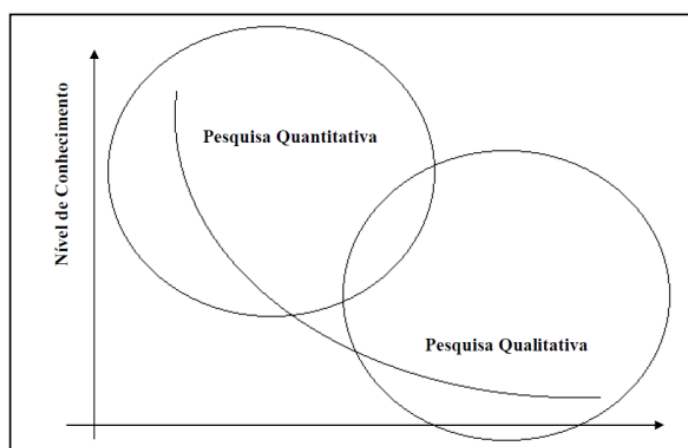
3.3 PESQUISA EXPERIMENTAL

Na pesquisa experimental é necessário determinar o objeto de estudo, selecionar variáveis que seria capaz de influenciá-lo, definindo formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no sobre ele (GIL, 2002). Portanto, no caso da pesquisa experimental, o pesquisador é um agente ativo que tem a liberdade de manipular as variáveis a fim de testar os possíveis resultado, realizado o controle da experimentação dado certas condições e realiza a distribuição aleatória, ou seja, designando grupos experimentais aleatórios. A pesquisa experimental proporciona aos cientistas testar hipóteses que estabelecem relação causal, ou seja, de causa e efeito entre as variáveis.

3.4 PESQUISA QUANTITATIVA

A abordagem é quantitativa quando existem dados numéricos tais como: Grandezas monetárias, físicas ou de escalas de atitude (*Likert*) para serem analisadas, entretanto, há outros aspectos que devem ser considerados. Segundo Silva (2014), a possibilidade de transformação de frases em números, também pode caracterizar a pesquisa quantitativa, pois existe um conjunto de conhecimentos que permite classificar as pessoas ou objetos em escalas ou em postos. A Figura 13 apresenta o domínio dos métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa.

Figura 13 - Domínio dos métodos de pesquisa.



Fonte: Silva e Simon (2005).

Como representado na Figura 13, a pesquisa só é considerada quantitativa quando se conhece as qualidades e há o controle do que se vai pesquisar (SILVA e SIMON, 2005). Dessa forma, quando o trabalho de pesquisa possui problemas ou indagações jamais vistas, exige-se uma análise aprofundada, ou seja, uma pesquisa qualitativa. A pesquisa quantitativa precisa do conhecimento das dimensões do objeto a ser estudado, pois dessa forma é possível levantar todas as possibilidades para a completude das possíveis dimensões.

3.5 PESQUISA QUALITATIVA

Quando se possui pouco conhecimento do objeto a ser estudado, ou existe uma complexidade atrelada a sua essência, a pesquisa de natureza qualitativa deve ser empregada para que as informações sobre possam ser levantadas e venham a responder e elucidar questionamentos sobre informações empíricas a realidade (DA SILVA, 2014; NEVES, 1996). Assim, a pesquisa qualitativa pode ser compreendida como um conjunto de técnicas

interpretativas que visam a decodificação de sistemas que possuem complexidades, dessa forma, a pesquisa qualitativa está mais preocupada com a compreensão do fenômeno que está sendo estudado. Por fim, A pesquisa qualitativa visa argumentar os resultados por meio das análises e percepções.

O estudo de caso pode ser considerado um ponto de partida ou elemento essencial da pesquisa qualitativa (MAYRING, 2008; FLICK, 2014). Para Mayring (2008), estruturas teóricas, hipóteses ou procedimentos metodológicos não devem impedir a visão dos aspectos essenciais do objeto de pesquisa. Para Flick (2014), no caso de a pesquisa qualitativa ser caracterizada por um espectro de métodos e técnicas, pode ser adaptado ao caso específico ao invés de seguir um método padronizado único.

3.5.1 ESTUDO QUALITATIVO POR MEIO DE ESTUDOS DE CASOS MÚLTIPLOS

Para Neves (1996), o estudo de caso é análise aprofundada de uma unidade de estudo, em paralelo, Godoy (1995, p.25) traz o estudo de caso como sendo o exame detalhado de um sujeito, ambiente ou situação específica e, assim, busca-se entender como alguns fenômenos acontecem e se comportam. Desse modo, O estudo de caso diz respeito a um estudo intensivo e sistemático de uma entidade, comunidade ou indivíduo que se deseja examinar no contexto da vida real. O estudo de caso único compreende os fenômenos de uma organização, já para os estudos múltiplos, busca-se a compreensão de duas ou mais entidades o que traz mais robustez a compreensão de fenômenos.

Entre as limitações do estudo de caso, está a impossibilidade de generalização de resultados obtidos através das conclusões específicas para os casos estudados, ou seja, não é possível obter conclusões gerais genéricas sobre os fenômenos estudados em organizações, grupos políticos e sociais (SILVA e MERCÊS, 2018).

3.5.2 ESTUDO QUALITATIVO POR MEIO DE ANÁLISE DOCUMENTAL

A pesquisa documental é embasada no exame de materiais que ainda não receberam um tratamento analítico ou que podem ser reexaminados com vistas a uma interpretação nova ou complementar (NEVES, 1996). Portanto, a análise documental traz uma perspectiva diferente ao pesquisador que pode usar da criatividade na investigação e trazer enfoques diferenciados.

Para a realização de um estudo que tem como base a análise documental, três aspectos são importantes: A escolha dos documentos, o acesso a eles e a sua análise (GODOY, 1995). Ainda segundo o autor, uma das dificuldades para a realização de um estudo qualitativo que

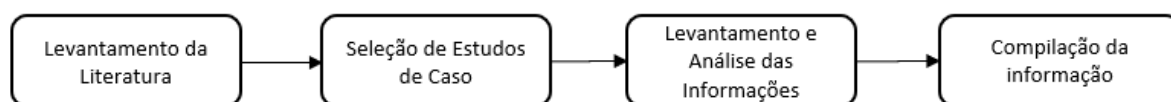
envolve a análise documental é a arbitrariedade na escolha dos documentos e temáticas a serem analisados.

Para Godoy (1995), a pesquisa documental é uma das formas de se conduzir um estudo qualitativo que é considerado primário quando produzidos por pessoas que vivenciaram diretamente o evento que está sendo estudado e secundário quando são coletados por pessoas que não estiveram presentes na ocasião.

3.6 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA REALIZADA

A metodologia de pesquisa que será abordada no presente trabalho é do tipo exploratória que utiliza a análise documental. Através do mapeamento das bases de dados e levantamento dos trabalhos relacionados ao tema, busca-se identificar padrões de discursos na literatura e, assim, encontrar as respostas para as indagações levantadas inicialmente. Foi realizada uma análise secundária de estudos de caso elaborados sobre a metodologia *Lean Seis Sigma*. O esquema da Figura 14 ilustra passo a passo como serão feitos os levantamentos.

Figura 14 - Estrutura metodológica para levantamento e análise da literatura.



Fonte: Autor.

Para minimizar os impactos da arbitrariedade da escolha dos documentos, alguns termos chaves foram utilizados no momento das buscas de trabalhos acadêmicos, tais como: “Estudo de caso”, “Lean seis sigma” e “Indústria Brasileira”, o que delimita as fronteiras de pesquisa e contribuem para a identificação de padrões.

O acesso aos artigos foi realizado através das bases de dados: *Web of Science*, *Scopus* e *Google scholar*. Para Sánchez (1999), base de dados condensa a informação e deixa-a disponível para pesquisadores que necessitam delas, trazendo um ganho de natureza econômica, pois possui um custo de aquisição reduzido e diminui, também, o esforço. Das bases utilizadas, o maior número de trabalhos são encontrados na base de dados do *Google scholar*, pois é uma base verdadeiramente multilíngue e, devido a isso, possui um número muito maior de trabalhos disponíveis que as demais. As citações atribuem aos documentos importância à medida que são citados por outros autores e a Lei de 80/20 pode ser adaptada para encontrar os 20% dos

documentos que equivalem a 80% das citações (MARIANO e ROCHA, 2017). Dessa forma, para seleção dos estudos, foram levados em consideração os trabalhos publicados nos últimos 10 anos com maior número de citações.

A revisão da literatura identifica e organiza os conceitos encontrados em trabalhos relevantes, tendo como objetivo obter o estado da arte de um campo do conhecimento (ROWLEY e SLACK, 2004). Para realizar a análise dos documentos, algumas etapas foram seguidas: Organização do material, leitura da literatura para exploração do material e, por fim, tratamento e condensação das informações. A organização do material envolve uma leitura dinâmica para a seleção de estudos que estão dentro do escopo estabelecido. A leitura para exploração do material envolve uma etapa mais aprofundada que visa a categorização e síntese dos materiais com objetivo de levantar as informações que foram definidas inicialmente tais como: Os resultados e benefícios alcançados pelas empresas que aplicaram o LLS.

4. INDÚSTRIA BRASILEIRA

A indústria Brasileira, salvo algumas exceções, possui resultados pouco significativos na aplicação de técnicas para melhoria de seus processos, fatores como a baixa produtividade da mão de obra contribui para esse resultado (AFFONSO NETO, 2018). A competitividade da indústria nos mercados internacionais é de suma importância para a sobrevivências dessas empresas no longo prazo, pois, com a abertura dos mercados, ocorre a ampliação da concorrência o que produz uma disputa por participação de mercado.

Na década de 90, a abertura, a eliminação de instrumentos de incentivo à produção doméstica e as privatizações mudaram a estratégia de desenvolvimento Brasileira e fez com que a indústria nacional assumisse um novo modelo de desenvolvimento (ARBIX, 2005). Ainda segundo o autor, com a redução da dependência das iniciativas governamentais por parte da indústria Brasileira, parte dos empresários começaram a tomar a frente com o objetivo de conformar com um segmento que se dispõe a enfrentar e a se equiparar as melhores práticas de concorrência internacional, em particular, as que estão associadas a inovação tecnológica.

A tecnologia é fundamental para que as empresas consigam superar desafios do mercado contemporâneo e prosperar diante de uma competitividade elevada.

Para Porter (1980), as estratégias de negócio se agrupam em três categorias:

- Concorrência por diferenciação;
- Concorrência por preço, em que os produtos são padronizados e, assim, o diferencial da empresa se dá pelo seu nível menor de custos, por fim;
- Concorrência por nichos, que seria um caso particular da estratégia de diferenciação.

A estratégia por diferenciação está atrelada aos esforços para o desenvolvimento de inovação tecnológica, o que proporciona produtos diferenciados. Essa estratégia é uma das mais promissoras devido a lucratividade da empresa que estaria menos sujeitas a concorrência em âmbitos salariais, jornadas de trabalho menores ou que do deriva-se da disponibilidade de recursos naturais, o que, particularmente, a indústria Brasileira é privilegiada.

A concorrência por preços está diretamente ligada a produtos padronizados, pois as entidades conseguem manufaturar seus produtos com um grau razoável de eficiência operacional e logística, o que proporciona a briga das organizações no mercado. Por fim, a estratégia por nichos está atrelada a diferenciação, ou seja, é uma área específica onde a empresa conquistou um alto nível de conhecimento e atua com alto grau de qualidade. Vale ressaltar que ainda existem empresas que não tem produtos diferenciados e possui um baixo grau de produtividade, mas conseguem espaço no mercado nacional devido a seus baixos preços,

entretanto, são empresas não exportadoras por ter um baixo grau de qualidade de seus produtos, nesta categoria, geralmente, se enquadram empresas de médio e pequeno porte.

Ambas as formas de estratégia de negócio são válidas e dependem dos objetivos de curto, médio e longo prazo das organizações. Quando a empresa consegue se destacar pela diferenciação atrelada a padronização de suas operações, fazendo mais com menos, ela alcança um elevado grau de competitividade no mercado.

4.1 COMPETITIVIDADE BRASILEIRA DE ACORDO COM CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI).

A Confederação Nacional da Indústria (CNI) foi criada em 1933 para fins de estudo, defesa e representação legal das categorias econômicas da indústria. Com objetivo de estudar a competitividade do mercado brasileiro em comparação com países similares no nível de desenvolvimento e/ou tamanho equivalentes que competem por um mercado terceiro com uma inserção internacional semelhante à brasileira e países vizinhos, a CNI selecionou e comparou 18 países em 9 fatores de competitividade.

O termo competitividade representa a capacidade de a empresa concorrer no mercado com as demais, ou seja, a capacidade de superar seus concorrentes na preferência dos consumidores, para isso os fatores de comparação que afetam diretamente a eficiência das empresas foram: Trabalho; Financiamento; Infraestrutura e Logística; Tributação; Tecnologia e inovação. Enquanto os que condicionam os anteriores são: Ambiente macroeconômico; Estrutura produtiva, Escala e Concorrência; Ambiente de negócios; Educação. O foco será nos fatores que afetam diretamente a competitividade nacional.

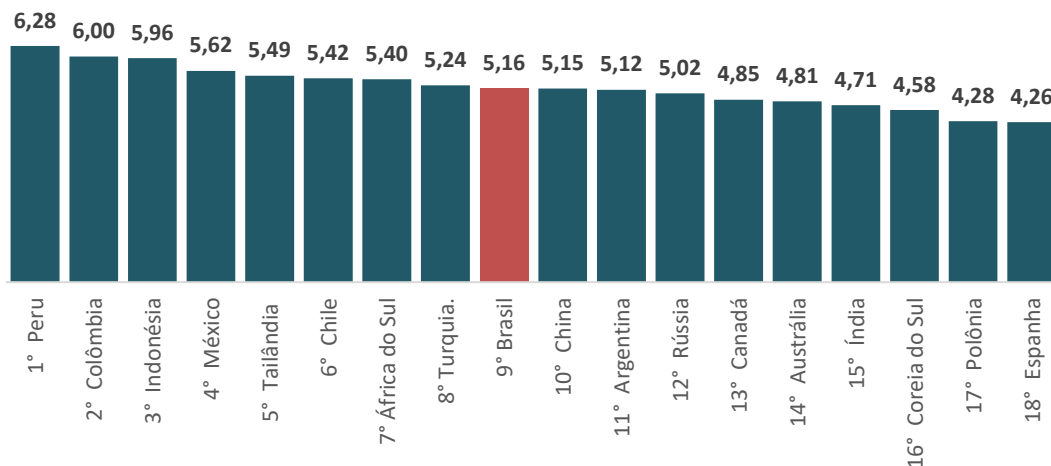
O conjunto de países selecionados foram: África do Sul, Argentina, Austrália, Brasil, Canadá, Chile, China, Colômbia, Coreia do Sul, Espanha, Índia, Indonésia, México, Peru, Polônia, Rússia, Tailândia e Turquia.

4.1.2 FATOR TRABALHO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA

O Brasil possui uma vantagem competitiva em disponibilidade de mão de obra quando comparado ao demais países, colocando-o em 8º lugar em força de trabalho disponível. Entretanto, o alto custo da mão de obra, que está atrelado a baixa produtividade dos colaboradores brasileiros, puxa o país para baixo. Em 2018, o país ficou em penúltimo lugar em produtividade com U\$ (PPP) 33.147 ficando à frente apenas da Índia com U\$ (PPP) 21.882. O destaque ficou com a Austrália que a produção foi U\$ (PPP) 109.645, ou seja, 3,3 vezes mais

produtiva que a mão de obra brasileira. Para o cálculo do Ranking são levados em consideração fatores como: custo da mão de obra e disponibilidade de mão de obra. A Figura 15 apresenta o ranking pelo fator da força de trabalho.

Figura 15 - Ranking Fator Trabalho.



Fonte: CNI – Competitividade Brasil 2019 – 2020 (2020, p.17)

Disponível em < <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/competitividade-Brasil-comparacao-com-paises-selecionados/>>

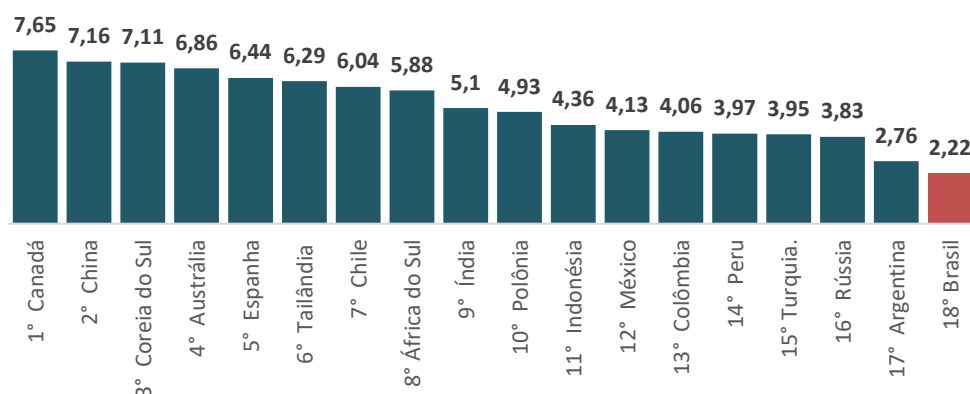
Os níveis de remuneração por hora na indústria Brasileira caíram quando comparados os anos de 2018 e 2019 com 2020 e 2021, mas, em contrapartida, a produtividade acompanhou a queda. O resultado do Brasil na Figura 15 é dado pelo equilíbrio dos fatores disponibilidade da mão de obra e nível de remuneração com produtividade e crescimento da mão de obra, trazendo ao país o 9º lugar entre 18 países.

4.1.3 FATOR FINANCIAMENTO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA

O Brasil é o país mais caro para se obter crédito, o custo de capital no Brasil é muito superior aos demais países selecionados. Os principais fatores que influenciam diretamente o indicador são as taxas de juros de curto prazo (8,8% em 2018) e um *spread* (32,2% em 2018) da taxa de juros altos, o que pesa para deixar o país em último lugar no fator financiamento apresentado na Figura 16. Para efeitos de comparação, dos países selecionados, o segundo que possui maior *spread* da taxa de juros é o Peru (11,9% em 2018), ou seja, o Brasil tem um *Spread*

de quase 3x em relação ao segundo colocado. A Figura 16 apresenta a colocação do Brasil no quesito financiamento entre os países selecionados.

Figura 16 -Ranking Fator Financiamento.



Fonte: CNI – Competitividade Brasil 2019 – 2020 (2020, p.20)

Disponível em < <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/competitividade-Brasil-comparacao-com-paises-selecionados/>>

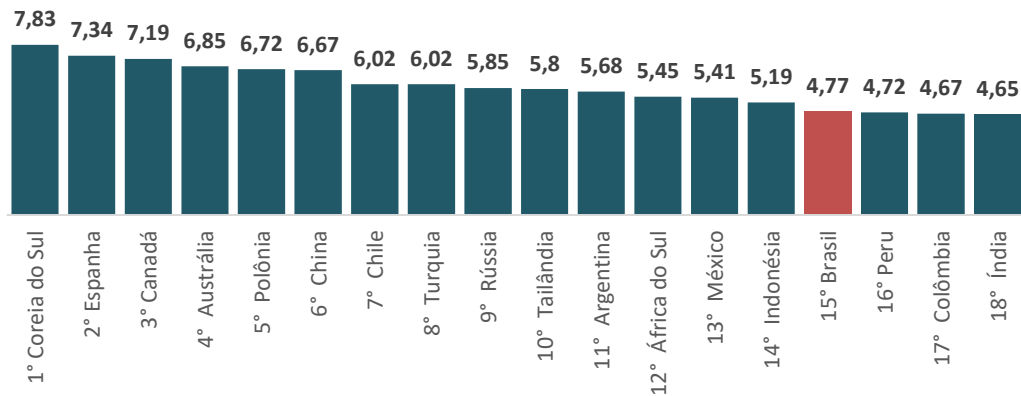
Na Figura 16 é possível perceber o quão longe dos primeiros colocados o país está. Para o melhor entendimento, no cálculo do fator financiamento, são consideradas três variáveis: Custo do capital; Disponibilidade do capital e Desempenho do sistema financeiro. Quando se trata de disponibilidade de capital, o país está na 11º colocação. O desempenho do sistema financeiro Brasileiro ocupa a 8º posição, apesar do Brasil possuir um dos maiores índices de ativos do setor bancário (6º de 18), é antepenúltimo na liberação de crédito emitida pelas *Fintch*, *Moody's* e *S&P*. O que pesa para deixar o país na última colocação é custo de capital envolvido.

4.1.4 FATOR INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA NA INDÚSTRIA BRASILEIRA

Quando se trata de infraestrutura e logística, quatro fatores são levados em consideração: Infraestrutura de transporte; Infraestrutura de energia; Infraestrutura de telecomunicações e logística internacional, a colocação do Brasil nos quesitos foram 17º, 18º, 9º e 14º, respectivamente.

O Brasil foi classificado abaixo em quase todos os modais de transporte como: Rodoviário, ferroviário, infraestrutura portuária e aeroportuária, a exceção foi a carga aérea. Tais resultados deixaram na penúltima colocação no quesito. A Figura 17 apresenta a colocação do Brasil no quesito Infraestrutura e logística entre os países selecionados.

Figura 17- Ranking Fator Infraestrutura e logística.



Fonte: CNI – Competitividade Brasil 2019 – 2020 (2020, p.21)

Disponível em < <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/competitividade-Brasil-comparacao-com-paises-selecionados/>>

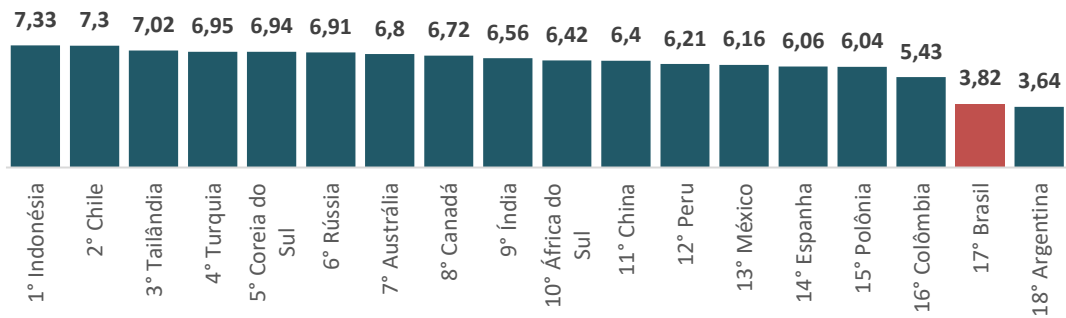
O resultado do Brasil descrito na Figura 17 está ligado diretamente ao péssimo resultado em infraestrutura de transportes e energia, sendo a pior colocação Brasileira. A dependência do modal rodoviário e a baixa qualidade das rodovias brasileiras contribuíram, também, para o resultado.

O país tem o maior custo de energia elétrica para os clientes industriais, mas a pior qualidade no fornecimento de energia elétrica. O destaque do país ficou na infraestrutura de telecomunicações, pois o índice de conectividade das rodovias brasileiras evoluíram nos últimos anos.

4.1.5 FATOR TRIBUTAÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA

O Brasil, entre os países selecionados, possui uma das maiores cargas tributárias. Para o cálculo do fator tributação, são considerados dois quesitos: Peso dos tributos e qualidade do sistema tributário, a colocação do Brasil nos quesitos foi 17º e 18º, respectivamente. A Figura 18 apresenta a colocação do Brasil no quesito tributação entre os países selecionados.

Figura 18 - Ranking do Fator Tributação.



Fonte: CNI – Competitividade Brasil 2019 – 2020 (2020, p.24)

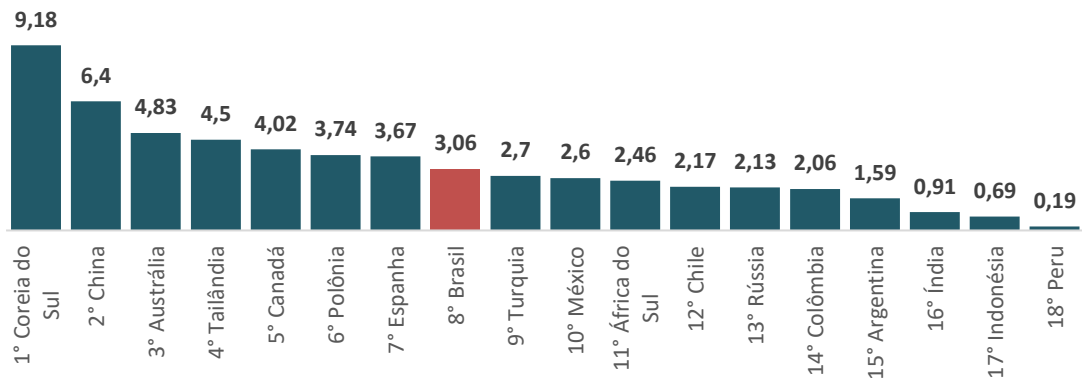
Disponível em < <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/competitividade-Brasil-comparacao-com-paises-selecionados/> >

O resultado do Brasil mostrado na Figura 18 está ligado diretamente a carga tributária do país que foi, em 2017, de 32,3 % do PIB, inferior apenas a da Espanha que foi de 33,7% e da Polônia com 33,9%, entretanto, a renda per capita desses países são cerca de duas vezes maior que a Brasileira. Quando se trata da qualidade do sistema tributário, o Brasil é o último colocado, o que justifica a posição do País.

4.1.6 FATOR TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA

Entre os fatores que afetam diretamente a eficiência das empresas, a tecnologia e inovação foi o fator que a indústria Brasileira apresentou melhor desempenho, com a 8º colocação. A Figura 19 apresenta a colocação do Brasil no quesito tecnologia e inovação entre os países selecionados.

Figura 19 - Ranking do Fator tecnologia e inovação.



Fonte: CNI – Competitividade Brasil 2019 – 2020 (2020, p.37)

Disponível em < <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/competitividade-Brasil-comparacao-com-paises-selecionados/>>

Para avaliação do fator em questão, foram considerados: Esforços P&D e resultados dos esforços P&D, a colocação do Brasil nos quesitos foram 8º e 9º, respectivamente. Em 2017, o Brasil apresentou um investimento de 1,26% do PIB em pesquisa e desenvolvimento, o quinto maior valor entre os países selecionados, o que contribuiu para o resultado demonstrado na Figura 19. Entretanto, os dois primeiros colocados, Coreia do Sul e China, investiram 4,55% e 2,13%, respectivamente.

Quando se trata dos resultados dos esforços em P&D, que é medido considerando o número de pedidos internacionais de patente, número de artigos científicos e técnicos, além das exportações de alta tecnologia, o Brasil ficou em 13º, 9º e 7º, respectivamente. O resultado Brasileiro é puxado pelo quesito despesas com P&D, a quinta maior entre os países, o que demonstra interesse das empresas na área.

4.2 ADOÇÃO DOS PRINCÍPIOS LEAN NAS EMPRESAS BRASILEIRAS

As práticas de manufatura enxuta contribuem para a eliminação de desperdícios ao longo do sistema produtivo que, por consequência, reduz os custos operacionais. O trabalho elaborado por Affonso Neto (2018), retrata o grau de adoção e aplicação das práticas da produção enxuta em empresas brasileiras de diversos setores. Através de questionários estruturados para colaboradores da empresa de diversos setores, foram abordadas 8 dimensões da produção enxuta:

CUSTOS: Diz respeito aos custos atrelados a produção que podem ser diretos quando estão relacionados ao produto fabricado e indiretos quando não estão atrelados diretamente ao produto e, como característica, necessita de um rateio de seu valor sobre os produtos fabricados.

CONTROLE DE PRODUÇÃO: Diz respeito ao gerenciamento adequado da produção, ou seja, monitoramento e avaliação do desempenho produtivo da unidade produtora.

FLUXO CONTÍNUO: Está atrelado a processos fluidos e sem a ideia de departamentos que possuem fronteiras determinadas. Fluxos contínuos promovem efeitos imediatos como a redução dos tempos de fabricação de produtos e de processamento de pedidos e contribuem para a diminuição dos estoques que possuem custos de capital associados.

SETUP: A preparação de uma máquina para realização da fabricação de um lote, podem existir a necessidade de ajustes no maquinário, realizando e trocando ferramentas para adequação ao modelo fabricado, esses ajustes são chamados de *Setup*. A redução do tempo de *setup* proporciona melhorias nos tempos produtivos minimizando o impacto do tempo de maquinário parado.

NIVELAMENTO E BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO: O nivelamento está atrelado a produção na hora certa (JIT) sendo o principal objetivo a flexibilização para atender às variações da demanda e proporcionar a redução de estoques. O balanceamento está ligado ao nivelamento dos tempos, métodos e volumes alinhados às necessidades de mercado.

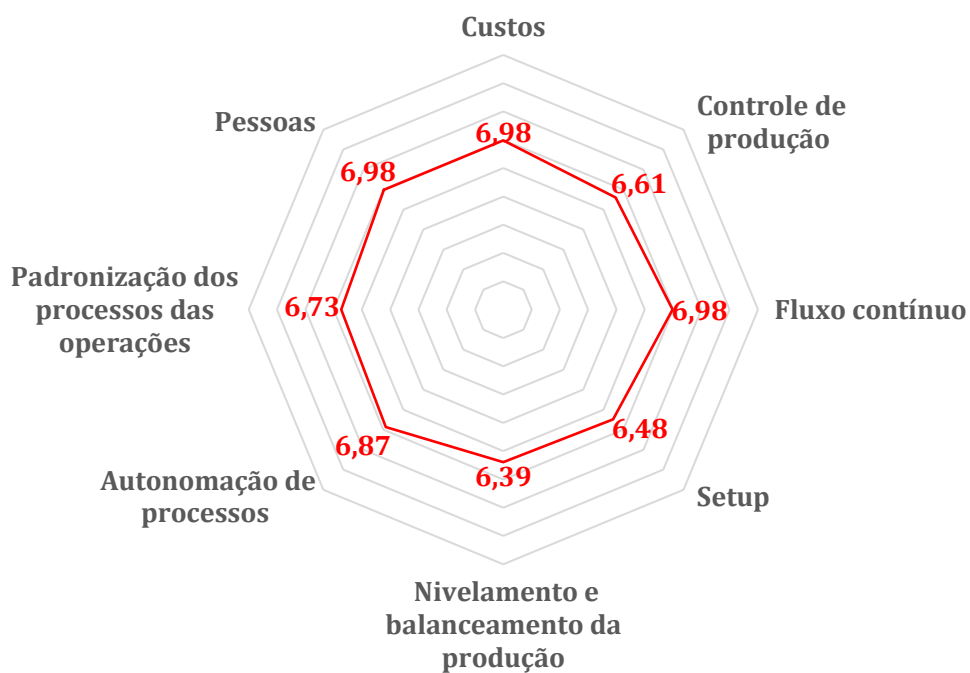
AUTONOMAÇÃO DE PROCESSOS: Está ligado a autonomia do operador em interromper a máquina ou a produção em casos de identificação de problemas e defeitos, dessa forma, impede a fabricação de pessoas defeituosas. Uma das dificuldades da autonomia é qualificação da mão de obra, ou seja, os operadores precisam ser polivalentes e bem capacitados.

PADRONIZAÇÃO DOS PROCESSOS DAS OPERAÇÕES: É a forma estruturada, organizada e padronizada com que os processos são executados. A padronização dos processos e operações traz aumento na produtividade o que permite um aumento na produção de bens e serviços.

PESSOAL: Busca-se o envolvimento das pessoas no processo produtivo, motivando-as e comprometendo-as para fazerem uso da criatividade em prol do aprimoramento dos processos.

A escala utilizada para a avaliação foi a *Likert* com a *Stapel*. A Figura 20 retrata os resultados obtidos.

Figura 20 - Dimensões da produção enxuta resultados da aplicação.



Fonte: Adaptado de Affonso Neto (2018, p. 12)

A Figura 20 possibilita uma perspectiva diferente quanto a interpretação dos resultados, é possível perceber que as dimensões custos, fluxo contínuo e pessoas obtiveram maior nível de concordância maior, entretanto, com uma diferença muito pequena em relação as demais dimensões.

Houve uma equivalência entre o resultado da avaliação das dimensões *Lean* abordadas. Pode-se constatar que a aderência às dimensões da produção em enxuta estão praticamente uniformes, mas que ainda existe uma margem de melhoria que pode ser explorada pelas entidades brasileiras que, caso consigam melhorar gradualmente em todas as dimensões, podem obter maior competitividade e diminuir a diferença competitiva frente as empresas de todo o mundo.

4.3 DESCRIÇÃO E CONTEXTO DAS EMPRESAS DOS ESTUDOS APLICADOS

EMPRESA A - Se trata de uma organização que fabrica pulverizadores agrícolas e apresentava dificuldades com controle da logística externa. A maior dificuldade da empresa estava relacionada a ausência de controle dos pedidos das máquinas após o carregamento, pois apresentavam grande volume de máquinas faturadas e não embarcadas. Por consequência, a empresa apresentava dificuldades com espaço para armazenamento das máquinas não enviadas e problemas fiscais devido ao não envio do produto após 5 dias da emissão das notas.

EMPRESA B - Se trata de empresa que confecciona artigos promocionais e esportivos. A empresa apresentava um alto desperdício de insumos na fabricação de seus produtos. Os principais produtos produzidos pela empresa são bonés e camisetas contabilizando 77% da produção total. O real desperdício da organização era desconhecido por parte dos seus gestores que não sabiam o real prejuízo ocasionado pelo desperdício.

EMPRESA C - Se trata de uma empresa com grande presença mundial e atuação na área de autopeças Brasileira. O objetivo da aplicação do LSS era a redução do inventário, pois a aplicação foi realizada na logística para a redução dos custos com estoque, e a melhoria no nível de serviço. Os custos atrelados aos estoques envolvem tanto custos com armazenagem quanto custos financeiros devido ao capital engessado.

5. RESULTADO E DISCUSSÕES

A aplicação dos princípios *Lean* seis sigma dentro das entidades brasileiras ainda é tímida dado o poder de melhoria que a filosofia pode trazer as empresas. Entretanto, a filosofia vem ganhando espaço dentro das organizações, o que pode melhorar o grau de competitividade das empresas brasileiras frente ao mercado internacional devido a melhoria da eficiência operacional.

Nos 3 estudos que foram analisados, foram levantados três fatores de análise, são: Quais Ferramentas do LSS foram utilizadas, dimensões do Lean que foram levadas em consideração e, por fim, os resultados alcançados com a aplicação da metodologia.

5.1 RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DAS ANÁLISES SECUNDÁRIAS

Com o objetivo de identificar quais foram as principais ferramentas, dimensões do *Lean* e os resultados alcançados, o Quadro 3 foi elaborado e constam as informações dos estudos aplicados.

Quadro 3 - Descrição dos princípios LSS encontrados nos estudos aplicados.

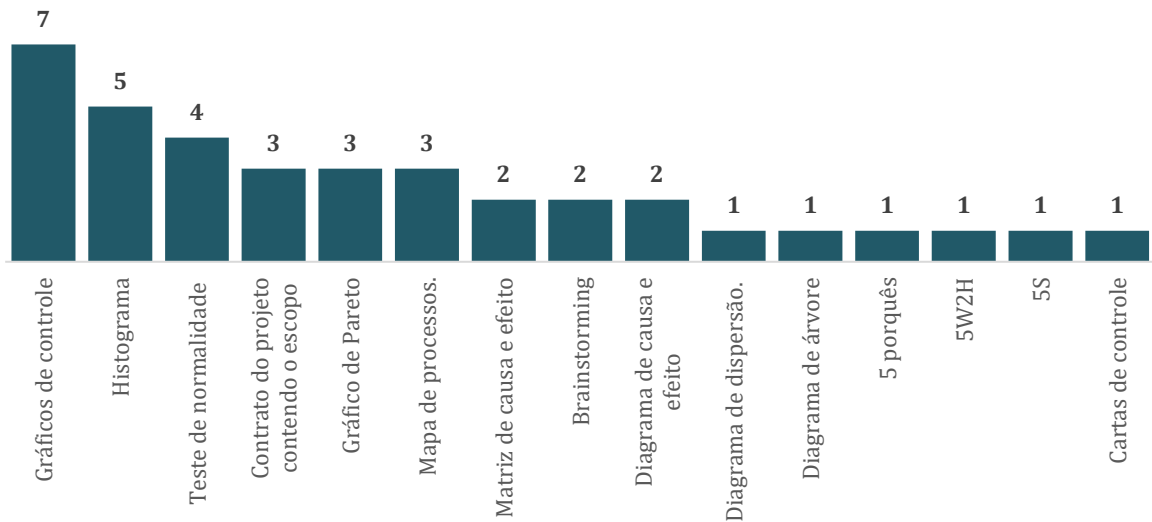
	EMPRESA A	EMPRESA B	EMPRESA C
	REIS (2021) - Controle do processo de logística externa de uma fábrica de pulverizadores por meio da aplicação de ferramentas <i>lean</i> seis sigma.	LIMA (2021) - Método DMAIC aplicado a redução de desperdícios de aviamentos em uma indústria de confecção.	JUNIOR (2012) - Lean Seis Sigma na Logística-Aplicação na Gestão dos Estoques em uma Empresa de Autopeça.
	ÁREA DE ATUAÇÃO		
	Logística Externa	Planejamento e Controle da Produção (PCP)	Gestão de estoques
	FERRAMENTAS		
D(EFINE)	Contrato do projeto contendo o escopo;	Contrato do projeto contendo o escopo; gráfico de Pareto; Mapa de processos.	Contrato do projeto contendo o escopo; Mapa de processos; Matriz de causa e efeito
M(EANSURE)	Gráficos de controle e Histograma; Teste de normalidade.	Gráficos de controle e histograma; teste de normalidade.	Histograma; teste de normalidade.

A(NALYSE)	<i>Brainstorming</i> ; Diagrama de causa e efeito; gráfico de Pareto.	Diagrama de causa e efeito; Matriz de causa e efeito e gráfico de Pareto.	Gráficos de controle; Diagrama de dispersão.
I(MPROVE)	Diagrama de árvore; 5 porquês; 5W2H;	<i>Brainstorming</i> ; 5S	Gráficos de controle; Diagrama de dispersão; Histograma; teste de normalidade.
C(ONTROL)	Mapa de processos; Gráficos de controle.	Histograma e gráfico de controle; teste de normalidade	Cartas de controle e gráficos de controle.
DIMENSÕES LEAN			
	Custos; fluxo contínuo dos processos e padronização das operações e pessoas.	Custos; fluxo contínuo; nivelamento e balanceamento da produção: Automação de processos e; padronização das operações e pessoas.	Custos; Controle da produção (processos) e; padronização das operações e pessoas.
RESULTADOS ALCANÇADOS			
	Melhorias no Fluxo dos processos que se tornou único e contínuo; Redução de 61,5% no <i>Lead time</i> ; Redução de 40% do espaço ocupado na expedição; Redução da rotatividade das transportadoras.	Redução entre 5% e 11% no desperdício de insumos, dado os desperdícios de cada máquina; Melhorias no controle dos processos.	Redução do inventário em 30% com a mesma qualidade nos níveis de serviços oferecidos aos clientes

Fonte: Autor.

O Quadro 3 apresentou um *overview* da aplicação do LSS, comparando as ferramentas utilizadas, dimensões *Lean* e resultados em cada etapa do DMAIC. É possível perceber a semelhança entre as ferramentas aplicadas em cada etapa dados os diferentes objetivos da aplicação dos princípios LSS, a Figura 21 apresenta a frequência com que as ferramentas são utilizadas.

Figura 21 - Frequência de utilização das ferramentas LSS.



Fonte: Autor.

A ferramenta mais utilizada, por poder ser aplicada em diversas fases, foi o gráfico de controle. O gráfico de controle nos estudos aplicados foi utilizado para verificar o comportamento dos dados das operações e para a verificação de pontos fora dos limites de especificações. A segunda ferramenta mais utilizada foi o Histograma que foi usado para verificar a distribuição de frequências em intervalos através de um gráfico e que é gerado, quando necessário, junto ao teste de normalidade. As ferramentas Gráfico de Pareto e mapa de processos foram utilizados nas 3 aplicações. As demais ferramentas foram aplicadas de acordo com a necessidade de cada empresa para solução de problemas específicos.

Foram comparados, também, as dimensões do *Lean* que foram consideradas em cada aplicação. Dessa forma, as variáveis de cada dimensão e resultados que foram aplicações foram:

5.1.1 VARIÁVEIS DAS DIMENSÕES LEAN NA EMPRESA A

Os resultados obtidos pela empresa A foram positivos. O principal problema da empresa, *Lead time* extenso e baixo nível de serviço, foi resolvido através da aplicação dos princípios LSS. As dimensões do *Lean* que foram consideradas foram:

CUSTOS: Redução de custos com armazenamento, eliminação de desperdícios no processo logístico e melhor desempenho na entrega.

FLUXO CONTÍNUO: Mapeamento do fluxo de valor e criação de um fluxo contínuo através da implementação do frete tipo CIF.

PADRONIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES: Sistemática adequada de padronização de processos e procedimentos, padroniza seus processos e operações.

Das 8 dimensões Lean, 3 foram contempladas no trabalho desenvolvido por Reis (2021) que, por se tratar do setor logístico, são as principais dimensões relacionadas.

5.1.2 VARIÁVEIS DAS DIMENSÕES LEAN NA EMPRESA B

Os resultados alcançados pela empresa B com a aplicação do LSS também foram positivos. Os problemas que envolviam o desperdício de insumos foram mitigados e houve uma redução considerável dos desperdícios. As dimensões do *Lean* que foram consideradas foram:

CUSTOS: Reduções de custos de produção, eliminação de desperdícios com insumos.

FLUXO CONTÍNUO: Melhoria do fluxo produtivo, identificando e eliminando atividades que não agregam valor.

NIVELAMENTO E BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO: Nivelamento da produção de diferentes produtos.

AUTONOMAÇÃO DE PROCESSOS: Sistemáticas buscando uma maior produtividade, melhorias em termos de qualidade de processos e produtos, prevenir erros por desatenção. Autonomia para os colaboradores intervirem na produção.

PADRONIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES: Implementação de processos e procedimentos padronizados.

PESSOAS Capacitação e habilidade técnica dos operadores e técnicos, cada operador foi treinado para operar mais de um equipamento.

Das 8 dimensões *Lean*, 6 foram contempladas no estudo. O número superior de variáveis consideradas quando comparado a empresa A se dá devido a área de atuação da aplicação do LSS, PCP.

5.1.3 VARIÁVEIS DAS DIMENSÕES LEAN NA EMPRESA C

Assim como as demais empresas, a empresa C conseguiu resultados positivos com a aplicação do LSS. A principal queixa era em relação aos níveis elevados de estoque, entretanto a empresa conseguiu manter o nível de serviço estável e diminuiu seu inventário em 30%, o que reduziu os custos de armazenagem e custos financeiros atrelados ao capital parado nos estoques. As dimensões do *Lean* que foram consideradas foram:

CUSTOS: Eliminação de desperdícios atrelados ao excesso de estoque.

CONTROLE DA PRODUÇÃO (PROCESSOS): Adequação no gerenciamento da projeção de demanda.

PADRONIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES: Padronização do fluxo de compra e gerenciamento de estoque.

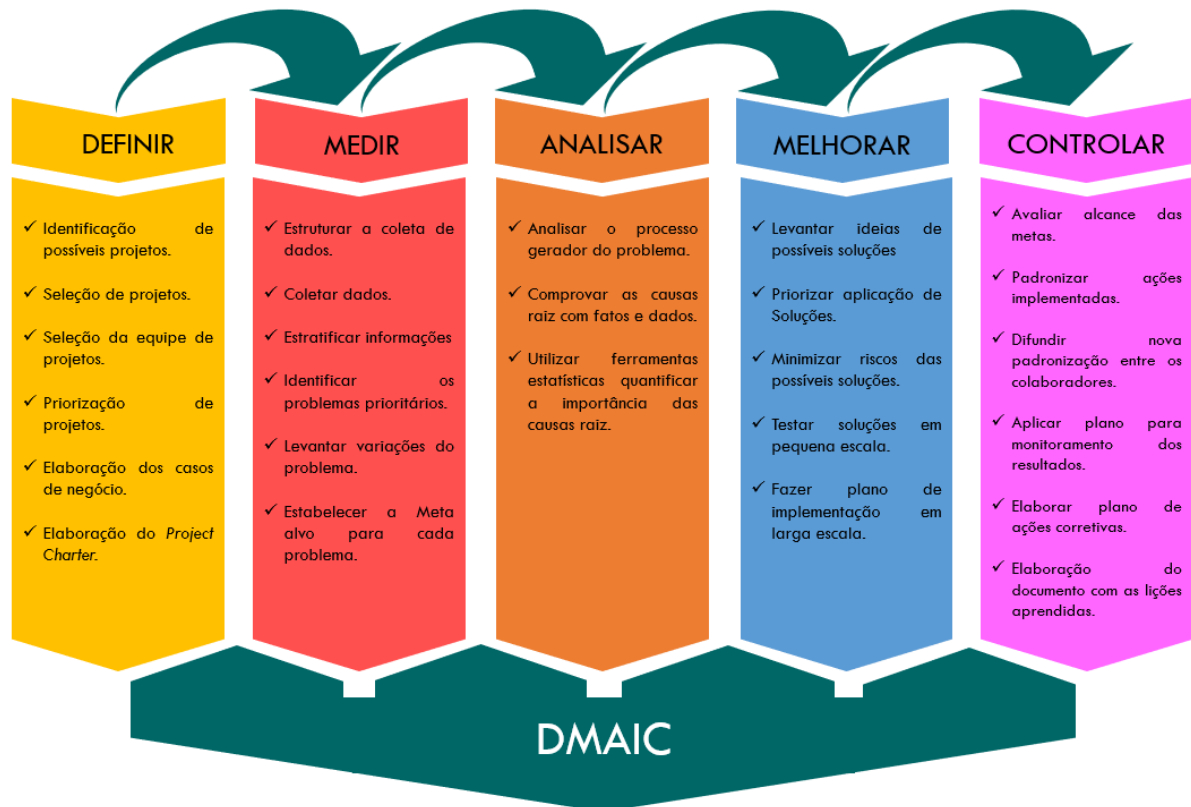
Das 8 dimensões *Lean*, 3 foram contempladas. Devido a área de aplicação do LSS ser gestão de estoques, o baixo número de dimensões *Lean* se justifica devido ao foco do trabalho que a redução dos custos com estoque. Portanto, a principal dimensão *Lean* para o projeto foi custos e que obteve um resultado positivo no projeto.

5.2 IDENTIFICAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA ALTERNATIVA DE *FRAMEWORK* PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS *LEAN SEIS SIGMA*.

A criação de um ambiente adequado para implementação do LSS é fundamental para o sucesso do programa. Criar uma infraestrutura para que o programa possa ser implementado é essencial, pois é dessa forma que a entidade cria uma base para a implementação. Essa base é satisfatória quando existem pessoas devidamente treinadas e com papéis bem definidos dentro da entidade entre eles: *Sponsors, Champions, Master Black Belts, Black Belts e Green Belts*.

Os colaboradores da organização precisam entender a importância e estarem dispostos a utilizar os princípios do LSS na realização de suas atividades. Esforços para a eliminação de desperdícios e variabilidades devem ser realizados, mesmo que pequenos, pois o acúmulo de pequenas melhorias geram grandes resultados, conceito base da melhoria contínua. A Figura 22 apresenta o *Framework* para implementação do *LSS*.

Figura 22 - Framework para implementação do DMAIC.



Fonte: Autor.

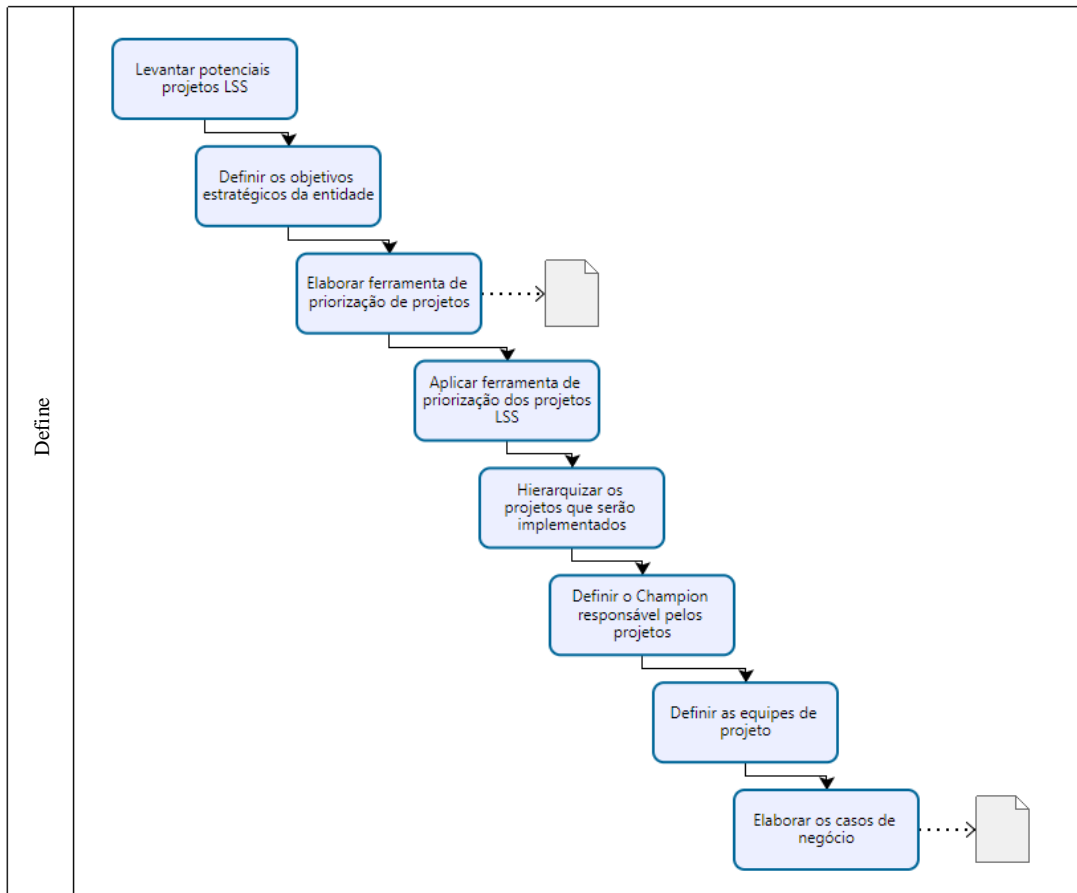
A Figura 22 apresenta uma alternativa de *Framework* baseado no método DMAIC e, de forma macro, demonstra as atividades que devem ser executadas em cada etapa. A forma com que os projetos são conduzidos dita o sucesso, ou não, do programa LSS. Dessa forma, a elaboração da estrutura de implementação foi baseada nos trabalhos de Werkema (2006, 2012 e 2016) e Breyfogle III et al. (2000) que foram fundamentais, pois, através da concatenação dos principais conceitos apresentados, foi elaborado o modelo em questão.

Para que o projeto, a etapa de definição identifica, organiza e dita as fronteiras do projeto alinhando as expectativas.

5.2.1 *DEFINE* (DEFINIR)

Essa etapa tem por objetivo definir com precisão o escopo do projeto. A validação do projeto é de suma importância para empresa, pois deve-se respeitar os pilares do LSS. A seleção dos projetos é fundamental e deve ser criteriosa, projetos escolhidos de forma assertiva contribuem para rápido resultado e motivação dos *stakeholders* contribuindo para o sucesso da implementação do programa (BREYFOGLE III et al., 2000). A Figura 23 apresenta o processo de seleção de projetos LSS.

Figura 23 – Estrutura da etapa *Define*.



Fonte: Autor.

A seleção dos projetos deve envolver as metas e os objetivos estratégicos da organização, pois são através deles que a entidade conseguirá melhorar sua posição no mercado. Portanto, os projetos devem ser hierarquizados levando em consideração as metas da companhia. A entidade pode ter como foco em um projeto a melhoria de indicadores que envolvem todas as áreas da empresa, alguns exemplos são:

Turn over (Rotatividade de pessoal) – Indicador geralmente utilizado pela área de recursos humanos das empresas. Existem diversos custos envolvidos e que podem comprometer o andamento dos processos da companhia, pois o colaborador que deixou a organização leva conhecimento que o novo colaborador precisará de um período para adquirir, o que pode comprometer a produtividade envolvida no processo.

Índice de refugo – Indicador que envolve a manufatura de produtos e que mostra a quantidade de produtos fabricados, mas que não podem ser comercializados por não atenderem às especificações, levando a desperdícios.

Ontime – Indicador de desempenho logístico que traz o índice de entregas realizadas no dia, hora e local especificado pelo cliente, ou seja, envolve um nível de serviço oferecido aos clientes e que faz parte de fatores que contribuem para a satisfação do cliente final.

Esses são alguns dos exemplos que podem ser atacados por um projeto LSS e que a priorização de qual indicador priorizar primeiro dependerá do tipo de negócio que a empresa atua e quais os objetivos estratégicos. Para avaliar o impacto que os projetos terão nos objetivos estratégicos da empresa, a tabela 4 apresenta a matriz de priorização de objetivos estratégicos.

Tabela 4 - Matriz de avaliação de impacto nos objetivos estratégicos.

ESCALA	OBJETIVOS ESTRATÉGICOS			CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO	IMPACTO ESTRATÉGICO (PONTUAÇÃO)	RANKING
	OBJETIVO 1	OBJETIVO 2	OBJETIVO 3			
0 - QUANDO O OBJETIVO NÃO FOR ATENDIDO						
1 - QUANDO O OBJETIVO É FRACAMENTE ATENDIDO						
3 - QUANDO O OBJETIVO É MODERADAMENTE ATENDIDO						
5 - QUANDO O OBJETIVO É FORTEMENTE ATENDIDO						
NÚMERO DO OBJETIVO	1	2	3			
PESO PARA CADA PROJETO (ESCALA ENTRE 5 e 10)	9	5	6			
POSSÍVEIS PROJETOS						
PROJETO 1	1	5	3		52	7
PROJETO 2	5	3	1		66	3
PROJETO 3	3	1	5		62	4
PROJETO 4	1	3	5		54	6
PROJETO 5	0	5	5		55	5
PROJETO 6	3	3	5		72	1
PROJETO 7	5	1	3		68	2
PROJETO 8	0	0	0		0	0

Fonte: Adaptado de Werkema (2012).

Cada objetivo estratégico tem um peso (grau de importância) que é definido pelos executivos da entidade. Dessa forma, a matriz deverá ser aplicada, preferencialmente, a alta administração da empresa. Para definir o grau de intensidade que cada projeto tem sobre os cada objetivo estratégico escala:

- 0 - Para quando objetivo não for atendido;
- 1 - Para quando objetivo for fracamente atendido;
- 3 - Para quando objetivo for moderadamente atendido;
- 5 - Para quando objetivo for fortemente atendido.

Os pesos dos objetivos deve ser multiplicados por cada grau de intensidade definido a cada projeto:

$$\text{Impacto Estratégico} = \sum_{k=1}^n \text{Intensidade de atendimento do objetivo } k \times \text{Peso do objetivo } k$$

No caso do projeto 1 temos:

$$\text{Impacto Estratégico: } (1 \times 9) + (5 \times 5) + (6 \times 3) = 52$$

Por fim, os projetos são hierarquizados por impacto estratégico. Dessa forma, a entidade valida quais são os projetos que estão ligados aos seus objetivos e pode eliminar os que não contribuem, de forma efetiva, para o alcance das metas estratégicas, caso do projeto 8.

A matriz de seleção de projetos LSS de ser aplicada à alta administração da entidade para verificar quais projetos devem ser priorizados na aplicação, a tabela 5 apresenta a matriz de seleção de projetos.

Tabela 5 - Matriz de priorização de projetos LSS.

ESCALA	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO						LIMITADORES			TOTAL	RANKING
	CRITÉRIO 1	CRITÉRIO 2	CRITÉRIO 3	CRITÉRIO 4	CRITÉRIO 5	CRITÉRIO 6	EXISTÊNCIA DE DADOS	ALTA COMPLEXIDADE	POSSIBILIDADE DE PROPAGAÇÃO PARA OUTRAS ÁREAS DA EMPRESA		
0 - QUANDO O CRITÉRIO NÃO FOR ATENDIDO											
1 - QUANDO O CRITÉRIO É FRACAMENTE ATENDIDO											
3 - QUANDO O CRITÉRIO É MODERADAMENTE ATENDIDO											
5 - QUANDO O CRITÉRIO É FORTEMENTE ATENDIDO											
	GRAU DE IMPORTANCIA DOS CRITÉRIOS (ESCALA ENTRE 5 e 10)										
POSSÍVEIS PROJETOS	9	5	6	7	7	10	7	10	8		
PROJETO 1	1	5	3	5	3	3	5	5	1	231	3
PROJETO 2	5	3	1	1	3	1	5	5	3	213	4
PROJETO 3	3	1	5	3	1	5	3	5	3	235	2
PROJETO 4	1	3	5	0	5	3	0	0	5	159	7
PROJETO 5	0	5	5	5	5	5	1	5	1	240	1
PROJETO 6	3	1	6	1	5	5	0	1	0	170	6
PROJETO 7	5	1	3	0	3	3	0	3	5	189	5

Fonte: Adaptado de BREYFOGLE III e CUPELLO (2000).

Os critérios definidos podem estar ligados à contribuição para o alcance das metas estratégicas da empresa, retorno sobre o investimento, à melhoria do nível de serviço para o cliente ou à contribuição para geração de conhecimento para a entidade. É fundamental levar

em consideração os fatores que podem limitar o projeto LLS e colocá-los na matriz de priorização para que possam ser avaliados pela alta administração.

Fatores como a complexidade podem comprometer o andamento do projeto. As metas podem ser desafiadoras, mas também factíveis. A disponibilidade de dados também é um fator que deve ser levado em consideração já que para o levantamento de dados é exigido tempo e deve ser feito de forma criteriosa para que não contenham erros que comprometam a identificação de problemas na operação. Por fim, outro fator importante é a possibilidade de propagação para outras áreas da empresa, o que dá amplitude e impacta positivamente a escolha do projeto.

A lógica para a aplicação é parecida com a da matriz de avaliação de impacto nos objetivos estratégicos. Para definir o grau de intensidade que cada projeto tem sobre os cada objetivo estratégico escala:

- 0 - Para quando critério não for atendido;
- 1 - Para quando critério for fracamente atendido;
- 3 - Para quando critério for moderadamente atendido;
- 5 - Para quando critério for fortemente atendido;

Em que o total é conseguido através da equação abaixo:

$$\text{Total} = \sum_{k=1}^n (\text{Intensidade de atendimento do critério } k \times \text{Peso do critério } k)$$

Onde:

$$\text{Total (Projeto 1): } (1 \times 9) + (5 \times 5) + (3 \times 6) + (5 \times 7) + (3 \times 7) + (3 \times 10) + (5 \times 7) + (5 \times 10) + (1 \times 8) = 231$$

Dessa forma, quanto maior for o valor da coluna total, maior será o grau de prioridade na aplicação do projeto LSS. Após a seleção dos projetos LSS, o *Champion* é responsável por elaborar os casos de negócio para cada projeto LSS. A Figura 24 apresenta um modelo de caso de negócio que deve ser preenchido.

Figura 24 - Exemplo de caso de negócio.

CASO DE NÉGOCIO - PROJETO LEAN SEIS SIGMA		
TÍTULO:		
SETOR:	CHAMPION:	DATA:
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA:		
META A SER ALCANÇADA:		
PROJEÇÃO DE GANHOS COM O PROJETO:		
LIMITAÇÕES DO PROJETO		

Fonte: Autor.

No campo descrição do problema deve conter a declaração do problema que se busca solucionar ou melhoria a ser alcançada. Dessa forma, a descrição deve seguir as seguintes orientações:

- Deve ser clara e objetiva, não pode conter subjetividades;
- Deve descrever a situação atual do problema;
- Devem ser descritas em termos mensuráveis para verificação das evoluções e;
- Explicar os benefícios alcançados com o projeto;

A meta desafiadora, mas factível para estimular os envolvidos no problema. No campo meta deve conter:

- O objetivo que se quer alcançar;
- Valor almejado do indicador e;
- Prazo para conclusão.

No campo projeção de ganhos deve conter:

- Projeção de ganhos monetários;
- Projeção de ganhos estratégicos e;
- Projeção de benefícios aos clientes.

Por fim, no campo âmbito e restrições, deve conter:

- Restrições da disponibilidade de dados;
- Restrições com relação a horas dedicadas pelos membros das equipes;
- Limites orçamentários e;
- Limites com relação a atividades de atuação.

Logo após, elaborar o caso de negócios, começar a desenvolver o projeto que ficou com a melhor classificação na Matriz de priorização de projetos. Para que o projeto comece, é necessário elaborar um *Project charter*, que delimitará o escopo do projeto, servindo como uma espécie de contrato. A Figura 25 apresenta um modelo que pode ser utilizado de *Project charter*.

Figura 25 - Modelo de *Project Charter*.

<i>PROJECT CHARTER</i>		
TÍTULO:		
CRONOGRAMA PRELIMINAR:		
DEFINE XX/XX/2022 – MEASURE XX/XX/2022 – ANALYSE XX/XX/2022 – IMPROVE: XX/XX/2022 – CONTROL: XX/XX/2022		
SETOR:	CHAMPION:	DATA:
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA:		
INFORMAÇÃO SOBRE O HISTÓRICO DO PROBLEMA:		
META A SER ALCANÇADA:		
PROJEÇÃO DE GANHOS COM O PROJETO:		
LIMITAÇÕES DO PROJETO		
EQUIPE DO PROJETO E CRONOGRAMA DE TRABALHO:		

Fonte: Autor.

A diferença entre o *Project Charter* e o Caso de negócios é a profundidade com que o escopo do projeto é definido. O *Project Charter* contém informações como cronograma, informações sobre o histórico do problema e a equipe de projetos.

Nas informações sobre o histórico do problema, devem conter:

- Gráficos sequenciais para comparação do histórico da operação;
- Análises das séries temporais descrevendo perdas ocasionadas pelos desperdícios e/ou variações (Ex: Perdas em volumes, perdas em valores monetários, perdas por unidades de tempo).

Com relação a equipe de projeto:

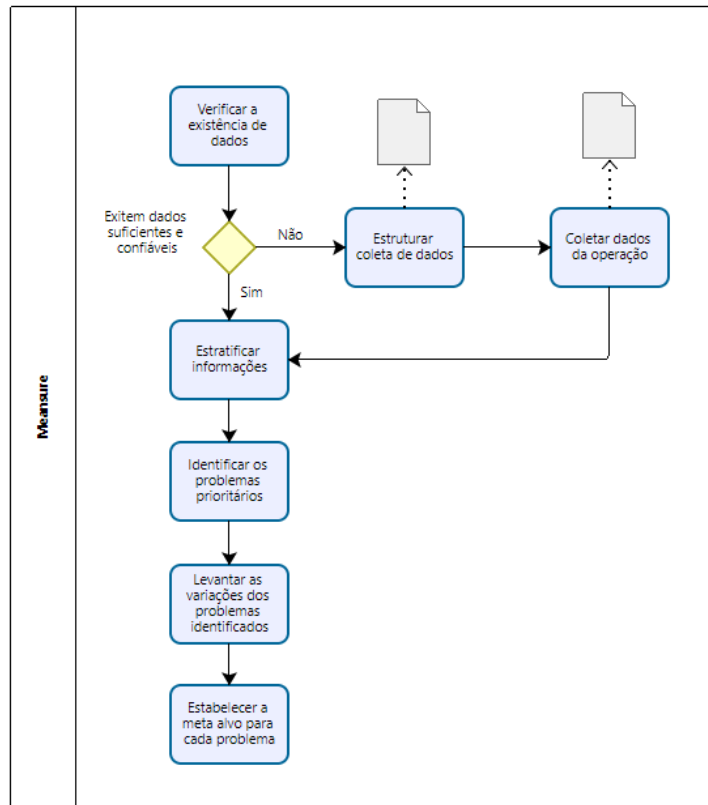
- Membros da equipe;
- Descrição das responsabilidades de cada componente da equipe;
- Definições com relação a frequência de reuniões, locais e a duração.

Após a delimitação do escopo do projeto, o próximo passo é realizar a focalização do problema em que ocorrerá a coleta de dados, caso não existam, e o tratamento para o levantamento de informações relevantes para o projeto essa etapa é a *Measure*.

5.2.2 MEASURE (MEDIR)

A etapa de medição é fundamental para o desenvolvimento do projeto, pois são através dos dados coletados na operação que são geradas informações relevantes para identificação das causas raiz dos problemas. Para a execução do processo, algumas etapas devem ser executadas, a Figura 26 apresenta a estrutura para a etapa de medição.

Figura 26- Etapas do *Measure*.



Fonte: Autor.

Para que seja possível gerar informações sobre a existência do problema visando a identificação da causa raiz, é preciso verificar se existem dados sobre a operação em questão. A existência de dados por si só não garante a confiabilidade da informação, pois é fundamental a existência de informações suficientes e a confiabilidade dos dados.

Quando os dados não são confiáveis, deve-se coletar novos dados de forma estruturada e que garanta a qualidade da informação que será gerada. Para que a coleta seja feita de forma adequada, uma das alternativas é fazer o uso de folhas de verificação como a da Figura 27.

Figura 27- Exemplo de folha de verificação.

Local: Setor X
 Máquina: Máquina Y
 Por que coletar: Para aferir a quantidade de ocorrências de defeitos na Máquina Y com o objetivo de reduzir em X%.
 Responsável: Matheus Pacheco
 Data da coleta 1 semana do mês de 09/2022

Tipos de defeito	Turno	Número de ocorrências							Total
		Quinta-Feira	Sexta-Feira	Sábado	Domingo	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	
Defeito 1	Manhã	4	1	2	5	1	1	1	15
	Tarde	0	6	1	6	7	7	2	29
	Noite	7	4	0	3	4	4	8	30
Defeito 2	Manhã	0	3	3	2	3	2	2	15
	Tarde	4	1	4	5	5	1	4	24
	Noite	7	5	7	7	5	3	6	40
Defeito 3	Manhã	1	1	2	1	0	0	2	7
	Tarde	0	3	3	1	0	2	3	12
	Noite	2	5	5	4	2	3	1	22
Defeito 4	Manhã	0	2	1	1	0	0	0	4
	Tarde	1	2	1	0	1	2	2	9
	Noite	4	2	7	6	10	5	8	42
Defeito 5	Manhã	1	0	1	1	1	1	0	5
	Tarde	2	2	0	0	2	1	1	8
	Noite	0	1	1	3	2	3	1	11
Total		33	38	38	45	43	35	41	273

Fonte: Autor.

A folha de verificação é uma forma simples, mas eficaz para coleta de dados, pois traz registros das ocorrências de falhas no processo que são utilizadas como amostragem para que os dados possam ser analisados. A Figura 1 abre por tipo de defeito e quantidade de ocorrências em cada dia da semana na máquina Y, mas a coleta poderia ser ampliada caso exista a necessidade de verificar a ocorrência dos defeitos nas demais máquinas da entidade.

Após a coleta dos dados, faz-se a estratificação dos defeitos a fim de separá-los em problemas menores para facilitar a solução do problema como um todo. Dessa forma, a partir do exemplo da Figura 27, conseguimos estratificar nas dimensões tempo, local, tipo de defeito e indivíduo.

Estratificando nas dimensões, temos:

Tempo: 53 % dos problemas acontecem durante o turno da noite e no Domingo.

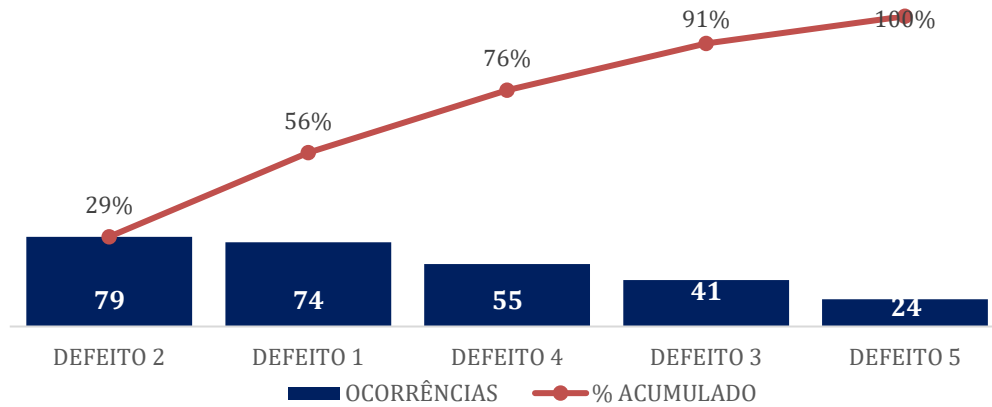
Local: Os defeitos identificados ocorrem no Setor X, Máquina Y.

Tipo de defeito: 76% das ocorrências estão concentradas nos defeitos de número 1,2 e 4.

Indivíduo: O operador da noite está apresentando o maior número de ocorrências.

Para realizar a priorização dos problemas, o diagrama de Pareto pode ser utilizado assim como na Figura 28.

Figura 28 – Diagrama de Pareto.

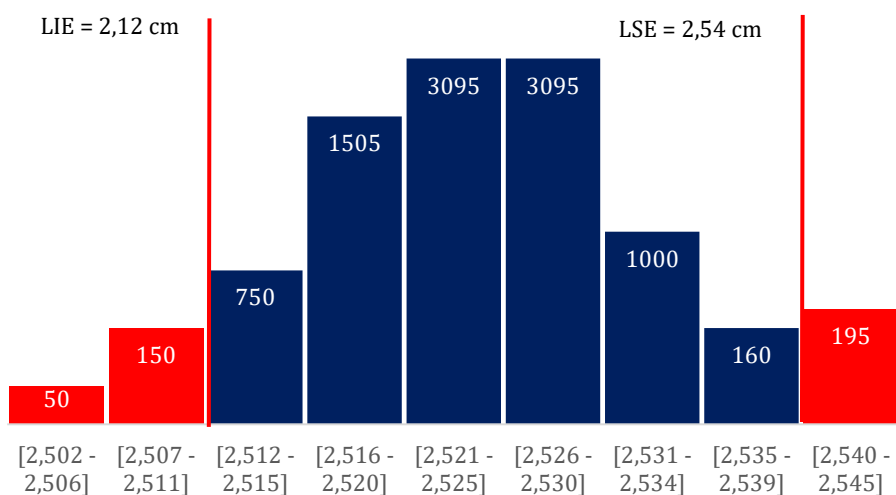


Fonte: Autor.

Através do diagrama de Pareto observado na Figura 28, é possível tratar as causas mais frequentes, pois os defeitos estão organizados e identificados de forma gráfica na ordem em que devem ser priorizados. Dessa forma, os defeitos 2, 1 e 4 devem ser tratados primeiro para que 76% dos defeitos sejam resolvidos.

Supondo que o defeito 2 seja relacionado ao diâmetro de uma peça, ou seja, essa peça possui limites de especificações máximos e mínimos, é possível verificar através do histograma a distribuição de frequências de defeitos. A Figura 29 ilustra a distribuição dos diâmetros dentre de várias faixas.

Figura 29 - Histograma para os valores do Defeito 2.



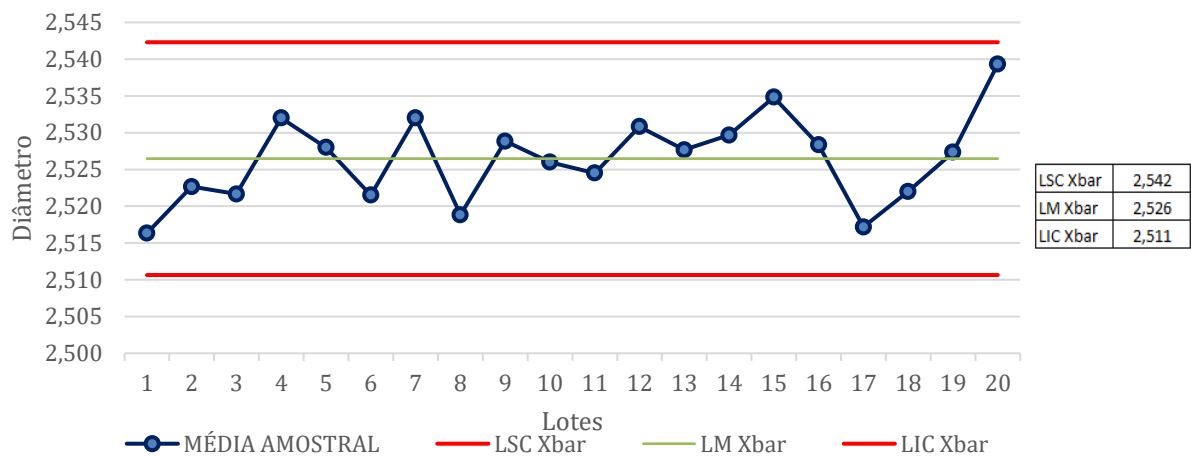
Fonte: Autor.

No histograma da Figura 29, as barras vermelhas correspondem às peças produzidas que não respeitam os limites de especificações. No exemplo da Figura 29, pode-se concluir que

a cada 10.000 peças produzidas 273 apresentam defeitos ou 2,73% da produção, o que representa 27.300 defeitos a cada um milhão de peças produzidas estando no nível sigma 3.

Para verificar se as variáveis do processo estão sob controle estatístico, a carta de controle é utilizada. Em resumo, o processo sob controle estatístico é um processo estável e segue uma distribuição de probabilidade, ou seja, é um processo previsível. A carta de controle deve ser utilizada para verificar a estabilidade do processo ao longo do tempo. Na Figura 30 apresenta a forma de um gráfico de controle.

Figura 30 – Carta de Controle do processo.



Fonte: Autor.

Os gráficos de controle não devem ser utilizados para acompanhar metas ou limites de especificações e sim a estabilidade do processo. No exemplo da Figura 30, o gráfico demonstra um processo estável e com previsibilidade, ou seja, se uma análise for realizada em outros períodos é provável que esteja dentro dos limites de controle, caso nenhuma anomalia aconteça.

O processo ser estável não significa que todas as peças produzidas estejam dentro dos limites de especificação e sim que existe a mesma probabilidade de o processo continuar com o desempenho atual ao longo do tempo, ou seja, produzindo 27.300 peças defeituosas por milhão de peças produzidas.

Por fim, traça-se as metas para redução dos defeitos identificados, estratificados e monitorados. Para o caso do refugo das peças, as metas poderiam ser traçadas das seguintes formas:

Reduzir perdas por refugo em 85% pelo defeito 2 em 90 dias. Desta maneira, o número máximo de peças refugadas passaria de 79 para 12.

Reduzir perdas por refugo em 90% pelo defeito 1 em 120 dias. Desta forma, máximo de peças refugadas passaria de 74 para 7.

Reduzir perdas por refugo em 90% pelo defeito 4 em 120 dias. Desta forma, máximo de peças refugadas passaria de 55 para 6.

Reduzir perdas por refugo em 70% pelo defeito 3 em 60 dias. Desta forma, máximo de peças refugadas passaria de 41 para 12.

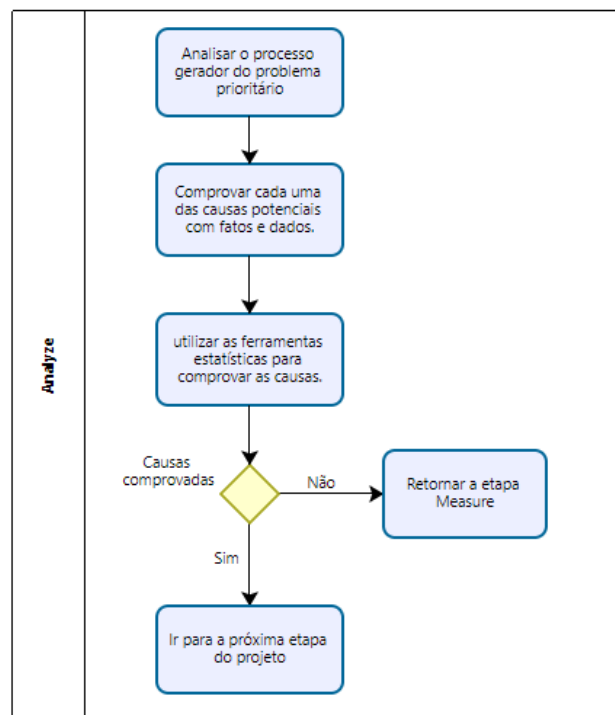
Desta maneira, caso as metas sejam atingidas ao final do projeto, o processo alcançará o nível sigma de número 4 com 6500 defeitos por milhão de peças produzidas.

Após a coleta dos dados para o levantamento de informações sobre a operação, a próxima etapa é constatar, através dos dados, as causas principais dos problemas através da etapa de análise.

5.2.3 ANALYZE (ANALISAR)

O objetivo da fase de análise é identificar as causas raiz dos problemas que afetam o processo de forma significativa, gerando variabilidade nos resultados almejados. Para isso, faz-se o uso dos registros obtidos na etapa anterior. A Figura 31 apresenta a estrutura para a etapa de análise.

Figura 31 - Etapas da fase *Analyze*.

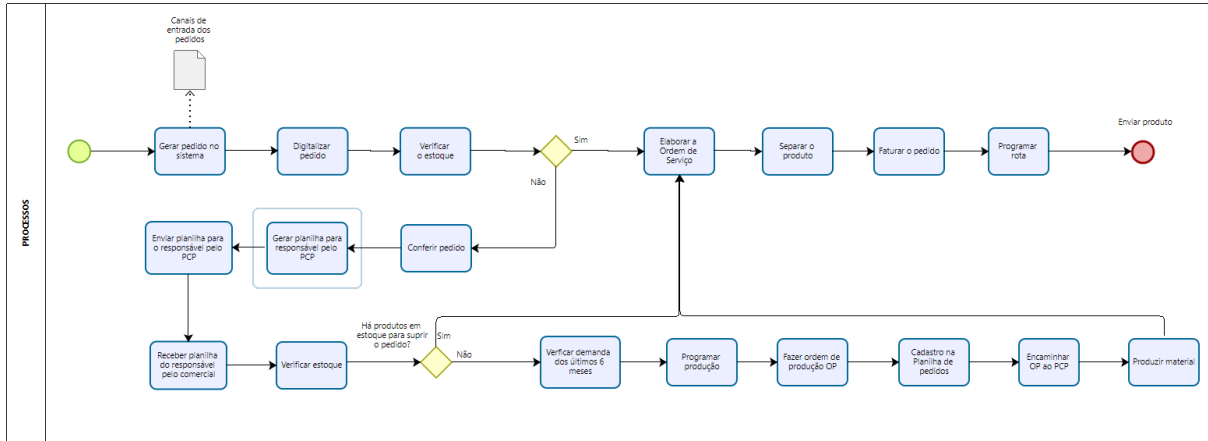


Fonte: Autor.

Para descobrir as causas raiz, é necessário analisar o processo gerador do problema prioritário, desta maneira, é possível identificar as oportunidades de atuação para a melhoria.

Ferramentas como mapa do processo podem contribuir para identificação de possíveis gargalos ao longo do processo, a Figura 32 apresenta um exemplo de mapa de processos.

Figura 32- Mapa de processos.

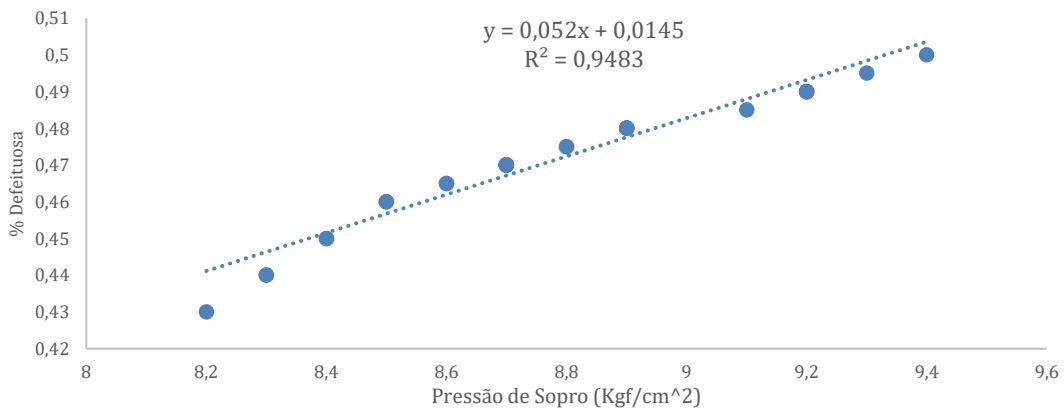


Fonte: Autor.

O mapa de processos apresenta as partes envolvidas no processo, detalha as atividades que fazem parte do processo, mostra as decisões que são tomadas ao longo das atividades, os *inputs* e *outputs*, além de mostrar a relação entre as etapas do processo. Dessa forma, é possível identificar atividades que não agregam valor podendo eliminá-las, caso necessário.

Para a visualização da existência de algum tipo de relacionamento entre duas variáveis, o diagrama de dispersão pode ser utilizado. Assim, é possível verificar se alterando os valores de uma das variáveis independentes do processo, outros resultados são obtidos. A Figura 33 mostra um exemplo de correlação entre duas variáveis.

Figura 33 – Diagrama de dispersão.



Fonte: Autor.

O diagrama da Figura 33 mostra o grau de correlação entre a pressão de sopro aplicada e o % de peças defeituosas. Nota-se que quanto maior a pressão de sopro aplicada, maior será o % de peças defeituosas, ou seja, a pressão de sopro impacta diretamente no número de peças defeituosas produzidas, com coeficiente de correlação positivo de 94%, comprovando a forte correlação entre as variáveis.

Para a identificação, hierarquização e prevenção de falhas potenciais em processos, a análise de modos de falhas e seus efeitos (FMEA) pode ser uma ferramenta poderosa para se antecipar a possíveis problemas causados pelos modos de falhas identificados. A Figura 34 apresenta o FMEA de processo para a convocação de candidatos para um processo seletivo.

Figura 34 - FMEA de processo.

FMEA DE PROCESSO									
ETAPAS DO PROCESSO	FUNÇÃO/REQUISITOS	MODOS DE FALHAS	EFEITO	SEVERIDADE	CAUSA	OCORRÊNCIA	CONTROLES ATUAIS	DETECÇÃO	ÍNDICE DE RISCO
CONVOCAÇÃO DE CANDIDATOS PARA PROCESSO SELETIVO (PS)	Identificar quais candidatos foram aprovados na análise curricular e encaminhar um e-mail para participar do OS	O candidato não recebeu o e-mail.	O candidato não participa do PS.	10	E-mail de cadastro errado	1	Cadastro dos e-mails são conferidos frequentemente	8	80
		O candidato abriu o e-mail apenas no dia do PS	O candidato perde o primeiro dia de OS.	5	O candidato não olha com frequência o e-mail	5	Ligar para o candidato com um dia de antecedência	10	250
		O candidato convocado não foi aprovado na análise curricular.	O candidato não atende os requisitos mínimos para o cargo	10	Recrutado não avaliou corretamente o perfil do candidato	3	Avaliação subjetiva do recrutador	7	210

Fonte: Autor.

Para o preenchimento da tabela do FMEA, deve-se seguir as seguintes instruções:

ETAPAS DO PROCESSO: Utilizar o Mapa de Processo como base para identificar as etapas do processo. Cada etapa do processo será um item do FMEA e terá sua função descrita.

FUNÇÃO/ REQUISITOS: A função define o papel que uma etapa do processo deve cumprir e quais os requisitos devem ser atendidos.

MODOS DE FALHAS: Os modos de falhas são os erros que podem ser cometidos na etapa do processo de que modo o processo pode falhar em cumprir sua função total ou parcialmente.

EFEITO: O efeito é a consequência do modo de falha. É a forma como o processo é impactado e como reflete no cliente.

SEVERIDADE: A severidade reflete a gravidade do efeito na percepção do cliente.

CAUSA: As causas geram o aparecimento do modo de falha. São a origem da variabilidade associada às principais variáveis de entrada.

OCORRÊNCIA: A ocorrência quantifica a probabilidade da causa ocorrer.

CONTROLES ATUAIS: Os controles atuais objetivam prevenir a ocorrência de falhas ou detectar falhas já ocorridas e impedir que cheguem ao cliente.

DETECÇÃO: É a capacidade do controle em detectar a falha e sua causa.

ÍNDICE DE RISCO: Severidade x Ocorrência x Detecção.

Quando o índice de risco for maior ou igual a 125 ou a severidade for maior o igual a 9, recomenda-se que ações sejam tomadas para a prevenção de falhas. Após as etapas citadas, a equipe deve identificar e organizar as causas potenciais dos problemas prioritários, algumas ferramentas podem ser úteis nessa etapa como o Diagrama de Ishikawa e Diagrama de Relações.

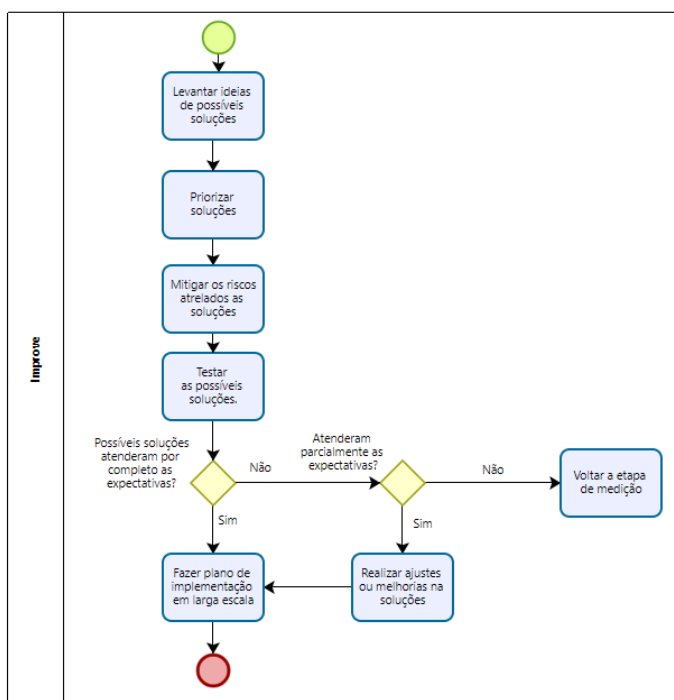
É possível também, fazer o uso da matriz de priorização apresentada nas etapas anteriores, porém com o eixo vertical composto pelas causas e no eixo horizontal os problemas identificados e os respectivos pesos para cálculo da priorização.

Por fim, após a conclusão de quais são as causas raiz dos problemas, parte para a etapa de levantamento e aplicação de soluções que podem tornar-se possíveis soluções para as causas identificadas.

5.2.4 IMPROVE (MELHORAR)

Após a constatação de quais são as causas raiz do problema identificadas na etapa de análise, é preciso levantar possíveis soluções para a eliminação. Para isso, a estrutura de aplicação da etapa de melhoria está descrita na Figura 35.

Figura 35 -Estrutura de aplicação do *Improve*.



Fonte: Autor.

Na etapa inicial de melhoria deve-se levantar ideias de possíveis soluções para as causas raiz. Dessa forma, algumas ferramentas podem ser utilizadas, como:

Brainstorming (Tempestade de ideias): É uma técnica que explora a criatividade através do compartilhamento de ideias na busca de *Insights* de soluções (NARASIMHAN,2002).

Após o levantamento das ideias, faz-se o refinamento e a combinação para a proposição de soluções para as causas do problema. Algumas das ferramentas que são úteis nessa etapa é o diagrama de relações e o diagrama de causa e efeito. Assim, as possíveis soluções devem ser elaboradas e registradas de forma clara.

Caso exista a necessidade de priorização da implementação das soluções levantadas, aplica-se uma Matriz de priorização para hierarquizar e aplicar as que tiverem melhor pontuação. A Figura 36 apresenta um exemplo de matriz de priorização de soluções.

Figura 36- Matriz de priorização de soluções.

Escala	CRITÉRIO DE PRIORIZAÇÃO				Total
	Velocidade	Baixa complexidade	Baixo custo	Alto impacto de resolução	
0 - QUANDO O CRITÉRIO NÃO FOR ATENDIDO					
1 - QUANDO O CRITÉRIO É FRACAMENTE ATENDIDO					
3 - QUANDO O CRITÉRIO É MODERADAMENTE ATENDIDO					
5 - QUANDO O CRITÉRIO É FORTEMENTE ATENDIDO					
PESO PARA CADA CRITÉRIO (ESCALA ENTRE 5 e 10)	9	5	6	8	
SOLUÇÕES					
SOLUÇÃO 1	1	5	3	5	92
SOLUÇÃO 2	5	3	1	3	90
SOLUÇÃO 3	3	1	5	1	70
SOLUÇÃO 4	1	3	5	5	94
SOLUÇÃO 5	0	5	5	3	79

Fonte: Autor.

A Figura 36 expõe alguns dos possíveis critérios para priorização das soluções como: Velocidade na implementação, baixa complexidade de aplicação, baixo custo e alto impacto para a resolução da causa raiz. Para as possíveis soluções, pode-se fazer o uso, dada a necessidade, das principais ferramentas *Lean*, apresentadas no Capítulo 2. Para obter o resultado da ordem de aplicação das possíveis soluções, multiplica-se o peso de cada critério pelo valor atribuído a solução e realiza-se o somatório das multiplicações ao final.

Ao final da priorização, é realizado um plano para a mitigação de riscos inerentes a cada possível solução. Para essa etapa, uma ferramenta útil é a análise de modos de falhas e seus efeitos (FMEA) que foi apresentado na Figura 33.

Após a identificação de riscos inerentes às possíveis soluções, é realizadas a implementação em pequena escala das soluções propostas. Ferramentas como testes de Mercado e simulação podem ser utilizadas. Dessa maneira, a equipe precisa realizar o levantamento dos resultados obtidos para comprovação, ou não, do atingimento da meta.

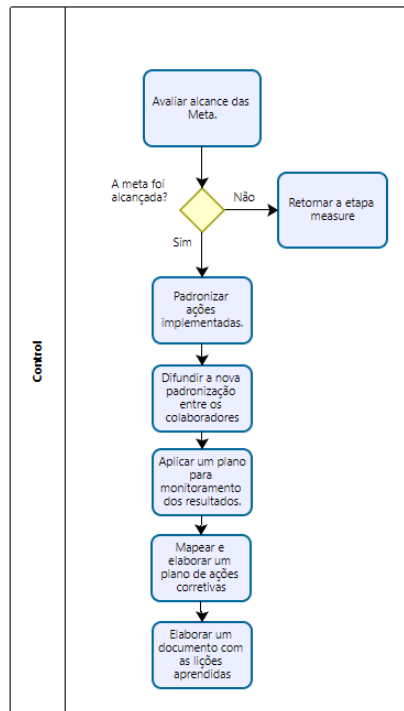
Caso as soluções aplicadas não obtenham resultados significativos, volta-se a etapa de medição e coleta de novos dados. Caso as evoluções sejam significativas, mas ainda não atingiram a meta desejável, faz-se ajustes ou melhorias na proposta de solução e aplica-se novamente. Por fim, se a solução atingiu por completo as metas propostas, elabora-se um plano de implementação em larga escala para implementação e difusão dos nos padrões da operação, para essa difusão, ferramentas como: 5W2H, Diagrama de árvore e Diagrama de processo decisório podem ser úteis.

Não basta somente o resultado ser alcançado em um período, necessita-se da manutenção para que os resultados permaneçam indefinidamente.

5.2.5 CONTROL (CONTROLAR)

A última etapa do DMAIC avalia se a meta foi alcançada amplamente. Para a sustentabilidade dos resultados obtidos através da implementação das soluções, a etapa de controle é fundamental. A Figura 37 apresenta a estrutura da última etapa do DMAIC.

Figura 37 - Estrutura para aplicação do *Control*.



Fonte: Autor.

Para constatação dos resultados obtidos após a implementação das soluções, é necessária à coleta de novos dados que permitirão a comparação com os resultados iniciais. É importante ressaltar que se após a etapa de implementação a meta não seja alcançada, faz-se necessário retornar a etapa de medição para o levantamento de novos dados e identificação de problemas que não foram resolvidos e, dessa forma, solucioná-los.

Ferramentas como Diagrama de Pareto, Cartas de controle e Histograma, ferramentas apresentadas em etapas anteriores, serão úteis para esta etapa. Após a constatação do alcance da meta, os novos procedimentos operacionais padrão devem definidos. Os novos procedimentos padrão devem ser difundidos entre todos os colaboradores através de capacitações que podem utilizar como mecanismos treinamento no trabalho, reuniões e palestras. Dessa forma, é fundamental que os padrões sejam claros e não permitam subjetividades.

Para que manutenção do resultado seja possível, faz-se necessário um plano de monitoramento de desempenho do processo. Desta maneira, os resultados conquistados podem ser mantidos, o que mitiga a possibilidade de descumprimento dos novos padrões, para isso ferramentas como folha de verificação, amostragem, cartas de controle, histograma, e auditoria do uso dos padrões auxiliam para a manutenção dos resultados conquistados.

Por fim, a elaboração de um documento com as lições aprendidas pode ser importante para a reflexão sobre como foi a condução do projeto, detalhando as formas que os trabalhos foram executados e destacando, caso exista, os principais erros e acertos praticados ao longo da aplicação do DMAIC servindo como auxílio para a execução de trabalhos futuros.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto buscou analisar as aplicações do *Lean* seis sigmas em empresas brasileiras e, como contribuição, apresentar uma alternativa de *Framework*. Os resultados obtidos foram positivos quando a filosofia é empregada. As três aplicações analisadas foram realizadas em diferentes empresas e em áreas distintas: Logística externa, planejamento e controle da produção e gestão de estoques. As principais análises foram quanto as ferramentas utilizadas, dimensões *Lean* e seus respectivos resultados, além de apresentar uma alternativa de *framework*.

O objetivo geral da pesquisa, que diz respeito a análise das aplicações dos princípios *Lean* Seis sigma dentro das entidades brasileiras e a apresentação de uma alternativa de *framework*, foi alcançado com sucesso através do levantamento, análise da literatura e compilação dos principais conceitos atrelados ao tema. Quanto aos objetivos específicos, foi possível tirar as seguintes conclusões:

Com relação ao objetivo específico um, por ser uma ferramenta que pode ser utilizada em várias fases do LSS e por ajudar a detectar anomalias nos processos, o gráfico de controle foi a ferramenta com maior frequência de uso (7 vezes) dentre os 3 trabalhos. O Histograma, ferramenta estatística que ajuda a avaliar a distribuição dos dados foi a segunda mais utilizada (5 vezes) e, em alguns casos, em paralelo com o teste de normalidade que verifica se os dados seguem uma distribuição normal. Gráfico de Pareto e Mapa de processos foram utilizados nas 3 aplicações do LSS. As demais ferramentas foram utilizadas de acordo com a necessidade de cada estudo.

Quando se trata do objetivo específico dois, das dimensões *Lean*, somente *setup* não foi adotado por nenhum dos estudos. Entretanto, as dimensões *Lean* devem ser adotadas de acordo com a necessidade de cada aplicação. As aplicações abordaram as dimensões que se enquadram no contexto do problema a ser resolvido. No caso da logística externa: Custos, fluxo contínuo dos processos e padronização das operações. Quando foi considerado a gestão de estoques, as dimensões abordadas foram: Custos, Controle da produção (processos) e padronização das operações e pessoas. Por fim, quando se considera a principal área para aplicação do LSS (PCP), as dimensões foram: Custos; Fluxo contínuo; nivelamento e balanceamento da produção, autonomia de processos, padronização das operações e pessoas.

Quanto ao objetivo específico três, é possível constatar que os princípios do *Lean* seis sigma são versáteis e podem ser aplicados nas mais diversas áreas, pois, quando se segue as

etapas do DMAIC obtém-se resultados positivos que mitigam desperdícios e diminuem a variabilidade dos processos dentro das entidades, seja qual for a área de aplicação.

Por fim, o objetivo específico quatro foi alcançado através da concatenação das ideias de diversos trabalhos para a elaboração de uma alternativa de *framework* que contemple todas as dimensões da melhoria contínua, contudo, de simples compreensão. Dessa maneira, contribui-se para a disseminação dos princípios LSS dentro das entidades brasileiras.

O estudo se limitou a analisar as contribuições da aplicação dos princípios *Lean* seis sigma de maneira secundária o que dificulta a captação de informações qualitativas dentro das empresas estudadas. Nos trabalhos analisados, também não foi possível detectar as principais dificuldades na aplicação do LSS, o que pode ser uma vertente para estudos futuros. Mapear os fatores que dificultam a implementação do LSS pode ser fundamental quando se deseja alcançar o sucesso e obter resultados positivos, pois com os riscos mapeados, é possível traçar um plano de ação para minimizar os impactos ocasionados por eles.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFFONSO NETO, Annibal et al. Análise da adoção de práticas lean em empresas brasileiras: um estudo exploratório. *Sistemas & Gestão*, v. 13, n. 2, p. 196-208, 2018.
- ALMEIDA, A. S. P. Qualidade e satisfação de clientes: o caso de uma empresa de metalomecânica. 2014. Dissertação (Mestrado em Gestão) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2014.
- ARBIX, Glauco; DE NEGRI, João Alberto. A nova competitividade da indústria e o novo empresariado: uma hipótese de trabalho. *São Paulo em Perspectiva*, v. 19, n. 2, p. 21-30, 2005.
- BAÑUELAS, R.; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations. 2001.
- BOEG, Jesper. Kanban em 10 passos. Tradução de Leonardo Campos, Marcelo Costa, Lúcio Camilo, Rafael Buzon, Paulo Rebelo, Eric Fer, Ivo La Puma, Leonardo Galvão, Thiago Vespa, Manoel Pimentel e Daniel Wildt. C4Media, p. 27, 2010.
- BREYFOGLE III, Forrest W.; CUPELLO, James M.; MEADOWS, Becki. *Managing six sigma: A practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success*. John Wiley & Sons, 2000.
- BRUNET, Adam Paul; NEW, Steve. Kaizen in Japan: an empirical study. *International Journal of Operations & Production Management*, 2003.
- CANCADO, Thais Orrico de Brito; CANCADO, Fernando Brito; TORRES, Marcelo Luis Abramides. Lean Seis Sigma e anestesia. *Revista Brasileira de anesthesiologia, Campinas*, v. 69, n. 5, p. 502-509, 2019.
- CAKMAKCI, Mehmet. Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 41, n. 1, p. 168-179, 2009.
- CHIOCHETTA, João Carlos; CASAGRANDE, Luiz Fernando. Mapeamento de fluxo de valor aplicado em uma pequena indústria de alimentos. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, 2007.
- CORONADO, Ricardo Banuelas; ANTONY, Jiju. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. *The TQM magazine*, 2002.
- CORONADO, A. Modelo para estruturas seis sigma nas organizações. *Gestão & Produção*, 2008.
- DA SILVA, Dirceu; LOPES, Evandro Luiz; JUNIOR, Sérgio Silva Braga. Pesquisa quantitativa: elementos, paradigmas e definições. *Revista de Gestão e Secretariado*, v. 5, n. 1, p. 01-18, 2014.
- DIRGO, Robert. *Look forward beyond lean and six sigma: A self-perpetuating enterprise improvement method*. J. Ross Publishing, 2005.
- FERRAZ, José Augusto de Castro Barbosa. *Manufatura Enxuta: o caso da Becton Dickinson*. Monografia submetida à coordenação de curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Juiz de Fora. UFJF, Minas Gerais, v. 42, 2006.
- FERRO, J. R. Apêndice E: a produção enxuta no Brasil. In: WOMACK, P. James; JONES, T. Daniel; ROOS, Daniel. *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- FLICK, Uwe. *Introdução à pesquisa qualitativa-3*. Artmed editora, 2008.
- GEORGE, M. L. *Lean Six Sigma for Service—How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions Hardcover—1 Jul 2003 STANFORD*. 2003.

- GIL, Antônio Carlos. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, n. 1, p. 44-45, 2002.
- GODOY, Arlida Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de administração de empresas*, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.
- HAGEMEYER, Catherine; GERSHENSON, John K.; JOHNSON, Dana M. Classification and application of problem solving quality tools: A manufacturing case study. *The TQM Magazine*, 2006.
- HARRY, Mikel J.; SCHROEDER, Richard. Six sigma: The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations. A CURRENCY Book, published by doubleday, a division of Random House Inc, 1997.
- HINES, P., Holweg, M.; Rich, N. (2004), "Learning to evolve", *International Journal of Operations & and Production Management*, Vol. 24, 10th ed., pp. 994 – 1011.
- HOLWEG, M. The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management.*, vol. 25, n. 2, pp. 420-437, 2007.
- HONG, G. Y.; GOH, T. N. Six Sigma in software quality. **The TQM Magazine**, 2003.
- IMAI, Masaaki. *Kaizen: A Estratégia para o Sucesso Competitivo*. 4. ed. São Paulo: Instituto Imam, 1992.
- IMAI, Masaaki. *Kaizen A Estratégia Para O Sucesso Competitivo*, 7ª Edição. Editora IMAM. 2011.
- ITA, João Murta Alves; ITA, Laerte José Fernandes. A APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA EM UMA INDÚSTRIA MANUFATUREIRA COM PRODUÇÃO MAKE TO ORDER.
- JUNIOR, Guilherme Sgarbi; CARDOSO, Álvaro Azevedo. Lean Seis Sigma na Logística-Aplicação na Gestão dos Estoques em uma Empresa de Autopeças. **VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2012.
- KARLSSON, C.; Ahlström, P. (1996), "The Difficult Path to Lean Product Development", *Journal of Product Innovation*, Vol. 13, pp. 283-95.
- LAGE JUNIOR, Muris; GODINHO FILHO, Moacir. Adaptações ao sistema kanban: revisão, classificação, análise e avaliação. **Gestão & Produção**, v. 15, p. 173-188, 2008.
- LIKER, J. K.; MEIER, D. *Modelo Toyota - Manual de Aplicação: Um Guia Prático Para a Implementação dos 4Ps da Toyota*. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- LIMA, Guilherme Espósito et al. Método DMAIC aplicado a redução de desperdícios de aviamentos em uma indústria de confecção, 2021.
- LIMA, Telma Cristiane Sasso de; MIOTO, Regina Célia Tamasso. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. *Revista Katálysis*, v. 10, p. 37-45, 2007.
- LINDERMAN, K. et al. Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, v. 3, n. 21, p. 193-203, 2003
- LOURENÇO, A.S.L.M. *Acreditação de laboratórios: ferramentas da qualidade*. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.
- MAIA, Laura Costa; ALVES, Anabela Carvalho; LEÃO, Celina Pinto. Metodologias para implementar Lean Production: Uma revisão crítica de literatura. 2011.
- MARIANI, Celso Antonio. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. *RAI-Revista de Administração e Inovação*, v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005.
- MARIANO, Ari Melo; ROCHA, Maíra Santos. Revisão da literatura: apresentação de uma abordagem integradora. In: *AEDEM International Conference*. 2017. p. 427-442.

- MAUKIEWICZ, Dinei; SUSKI, Cássio Aurélio. Implantação da Metodologia Seis Sigma. *Revista de Ciência & Tecnologia*, v. 16, n. 32, p. 31-38, 2009.
- MAYRING, Philipp. *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. 2014.
- NAKAJIMA, S. (1988). *Introduction to TPM*. Productivity Press. Cambridge
- NARASIMHAN, K. The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance. **The TQM Magazine**, 2002.
- NEVES, José Luis. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. *Caderno de pesquisas em administração*, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.
- OHNO, T. (1988), *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*, Ed. Productivity Press, Cambridge.
- ORTIZ, Chris A. *Kaizen e implementação de eventos kaizen*. Bookman Editora, 2009. Pag 28.
- PORTER, M. *Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors*. New York, The Free Press, 1980.
- REIS, Guilherme dos et al. *Controle do processo de logística externa de uma fábrica de pulverizadores por meio da aplicação de ferramentas lean seis sigma*, 2021.
- RIBEIRO, H. *A Bíblia dos 5 S da Implantação à Excelência*. Salvador: Casa da Qualidade, 2006.
- ROWLEY, J.; SLACK, F. Conducting a literature review. *Management Research News*, v.27, n.6, p. 31-39, 2004.
- SÁNCHEZ, Francisco José Sarabia; SARABIA, F. *Metodología para la investigación en marketing y dirección de empresas*. Ediciones Pirámide: Madrid, Spain, 1999.
- SANTOS, J. V. T. A construção da viagem inversa. *Cadernos de Sociologia, ensaio sobre a investigação nas ciências sociais*, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 55-88, jan./jul. 1991.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill, 1991
- SENAPATI, S. R. Six Sigma: myths and realities. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 21, n. 6, p. 683-690, 2004.
- SHINGO, S. *O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, Artmed, 1996. 291 p.
- SILVA, Bruna Grazielly de Jesus et al. Seis Sigma e a filosofia Lean: uma abordagem teórica da integração Lean Seis Sigma. *Anais do X SIMPROD*, 2018.
- SILVA, Dirceu; SIMON, Fernanda Oliveira. Abordagem quantitativa de análise de dados de pesquisa: construção e validação de escala de atitude. *Cadernos Ceru*, v. 16, p. 11-27, 2005.
- SILVA, Karen Milena; VOLANTE, Carlos Rodrigo. A Importância do Sistema Kanban para o Gerenciamento e Controle de Estoque de uma Empresa. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 629-640, 2019.
- SILVA, Lara Adrienne Garcia Paiano da; MERCÊS, Nen Nalú Alves das. Estudo de casos múltiplos aplicado na pesquisa de enfermagem: relato de experiência. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 71, p. 1194-1197, 2018.
- SNEE, Ronald D. Impact of Six Sigma on quality engineering. *Quality Engineering*, v. 12, n. 3, p. 9-14, 2000.

SUGAI, Miguel; MCINTOSH, Richard Ian; NOVASKI, Olívio. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, v. 14, n. 2, p. 323-335, 2007.

TRAD, S.; MAXIMIANO, A. C. A. Seis Sigma: Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação. *Rev. adm. contemp.* [online], vol.13, n.4, pp. 647-662. ISSN 1982-7849, 2009.

VENKATRAMAN, Sitalakshmi. A framework for implementing TQM in higher education programs. *Quality assurance in education*, 2007.

VIEIRA, Isabele Leite Monti; JUNIOR, Antonio Carlos Pacagnella; TERRA, Leonardo Augusto Amaral. Desafios do lean seis sigma na indústria de bebidas. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, v. 10, n. 19, p. 35-55, 2018.

VOITTO. Ciclo PDCA e sua relação com o método DMAIC, 2017. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/ciclo-pdca>>. Acesso em: 12 de março de 2022.

WERKEMA, Cristina. Criando a Cultura Lean Seis Sigma: Grupo GEN, 2012.

WERKEMA, Cristina. Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas: PDCA e DMAIC. Elsevier, 2016.

WERKEMA, M. C. C. Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing. 1. ed. Belo Horizonte : Werkema, 2006.

WOMACK, James P. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. Gulf Professional Publishing, 2004;370.

ZAYKO, Matt. Uma visão sistemática dos princípios lean: reflexão após 16 anos de pensamento & aprendizagem lean. Trad. Diogo Kosaka. Lean Institute Brasil, disponível em www.lean.org.br, acessado em, v. 27, n. 07, 2008.