

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**LUCAS ROCHA DOS SANTOS**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA NO PROCESSO DE TROCA  
DE MATÉRIA PRIMA EM UMA INDÚSTRIA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICOS DO  
POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

**MANAUS**

**2021**

**LUCAS ROCHA DOS SANTOS**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA NO PROCESSO DE TROCA  
DE MATÉRIA PRIMA EM UMA INDÚSTRIA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICOS DO  
POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Trabalho de Curso apresentado como requisito  
parcial à obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Mecânica da Universidade do Estado  
do Amazonas (UEA)

Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Kieling

**MANAUS**

**2021**

S237a2 Santos, Lucas Rocha dos  
001a Aplicação da metodologia lean six sigma no processo de  
troca de matéria prima em uma indústria de injeção de  
plásticos do polo industrial de Manaus / Lucas Rocha  
dos Santos. Manaus : [s.n], 2021.  
59 f.: color.; 30 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Mecânica -  
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2021.  
Inclui bibliografia  
Orientador: Kieling, Antônio Claudio

1. Six Sigma. 2. Lean Manufacturing. 3. Lean Six  
Sigma. 4. DMAIC. 5. Polo industrial de Manaus . I.  
Kieling, Antônio Claudio (Orient.). II. Universidade do  
Estado do Amazonas. III. Aplicação da metodologia lean  
six sigma no processo de troca de matéria prima em uma  
indústria de injeção de plásticos do polo industrial de  
Manaus

**LUCAS ROCHA DOS SANTOS**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA NO PROCESSO DE TROCA  
DE MATÉRIA PRIMA EM UMA INDÚSTRIA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICOS DO  
POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Este Trabalho de Curso foi considerado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e aprovado em sua forma final pela comissão examinadora.

Manaus, 13 de julho de 2021

Banca examinadora:



Orientador: Dr. Antonio Claudio Kieling



Dr. Gilberto Garcia del Pino



Dr. Aristides Rivera Torres

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me proporcionar discernimento para a conclusão desta monografia e saúde, neste período difícil em que estamos passando por questões sanitárias.

A meus pais que me proporcionaram condições para que fosse possível o ingresso na universidade e conclusão da mesma. Instruindo-me deste a base para que o estudo fosse parte do meu crescimento e inspiração em suas vidas, saindo do estado do Maranhão para buscar vidas melhores no estado do Amazonas.

A minha namorada por me incentivar a conquistar meus objetivos e sonhos, acreditando sempre no meu potencial e me inspirando com sua caminhada profissional.

Especialmente ao professor Dr. Antonio Claudio Kieling pela dedicada orientação, por estar sempre disponível para a mostrar o melhor caminho a seguir, além de incentivar para que fosse possível a finalização do trabalho.

À empresa pela qual estagiei, pela oportunidade de aprendizado imenso, e por acreditar em um jovem formando sempre acreditando no potencial que poderia ser extraído.

*“Seja você quem for, seja qual for a sua posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá”*

*(Ayrton Senna da Silva)*

## RESUMO

A qualidade compreende o valor que uma empresa procura para tornar melhor as expectativas de seus clientes internos, quanto os externos. A sobrevivência é de suma importância que as empresas possam atender as demandas da sociedade, que ao passar do tempo, se torna cada vez mais consciente. O *lean six sigma* não é uma receita pronta que vai ser aplicado conforme o padrão para todas as empresas, devemos tomar cuidado para que as duas metodologias realmente interajam, criar uma competição, pode levar ao fracasso do projeto de melhoria. Diversas experiências e a literatura vem buscando uma forma de integrar as duas metodologias presente de forma que tenha uma perfeita adoção do LSS. O objetivo geral do trabalho é aplicar a metodologia Lean Six Sigma para solucionar um problema de troca de matéria prima no parque no parque de injeção de plásticos de uma indústria do polo industrial de Manaus. A pesquisa foi realizada em uma empresa do setor de indústria de produção de motocicletas localizada em Manaus. A classificação quanto aos meios aborda, estudo de caso, bibliográfica, documental. A classificação quanto aos fins consiste em pesquisa, exploratória, descritiva, explicativa, qualitativa, quantitativa. Este trabalho de conclusão de curso tem por finalidade introduzir um novo conceito de melhoria, para contribuir com os métodos de melhoria já existente na empresa e contribuir para a literatura com um estudo de caso sobre o assunto, que ainda é encontra-se muito escarço, principalmente em aplicações. E eliminar os desperdícios dos processos contribuindo para a redução de custos e a otimização para a melhoria continua da companhia. Nesse contexto, analisado a inserção de implementação do método Six Sigma, empregando o conceito DMAIC como o principal método de aplicação contando com o auxílio da aplicação de ferramentas da qualidade, foi realizado um novo estudo de tempo do setup da máquina, para avaliar redução no tempo e assim otimizando o processo de produção. Em uma segunda análise o setor de injeção de plásticos foi o escolhido para o desenvolvimento da metodologia LSS. Pois é um setor considerado pequeno em relação a toda a cadeia produtiva, portanto projetos em desenvolvimento, como é caso do LSS, são viáveis. Os resultados mostram que tanto o agente de limpeza quanto a metodologia são promissoras para eliminar a contaminação. o Lean Six Sigma é uma metodologia eficiente e que pode ser adotada, que surte resultados e que os objetivos traçados no presente trabalho foram alcançados. Combinando esses dois métodos e usando a metodologia Lean Six Sigma, a empresa pode aproveitar as melhorias de seus processos. Ao implementar essas ferramentas de forma inteligente, você pode reduzir as alterações no produto e, ao mesmo tempo, reduzir o desperdício. A vantagem de usar o método Lean Six Sigma em vez de usar esses dois métodos sozinhos é que um plano de ação integrado e mais inteligente pode ser concluído para otimizar o fluxo de trabalho e o controle da produção. Por exemplo, você pode incluir o monitoramento do desvio padrão e certos tipos de resíduos no mesmo processo, economizando recursos. Para trabalhos futuros é indicado a realização de uma a revisão lateral nas injetoras que injetam polipropileno.

**Palavras-chaves:** Six Sigma. Lean Manufacturing. Lean Six Sigma. DMAIC. Polo Industrial de Manaus. Injeção de Plásticos.

## ABSTRACT

Quality comprises the value that a company seeks to improve the expectations of its internal customers as well as external ones. Survival is of paramount importance for companies to be able to meet the demands of society, which over time, becomes increasingly aware. Lean six sigma is not a ready-made recipe that will be applied as standard for all companies, we must be careful that the two methodologies really interact, creating competition, can lead to the failure of the improvement project. Several experiences and the literature have been looking for a way to integrate the two present methodologies in order to have a perfect adoption of LSS. The general objective of the work is to apply the Lean Six Sigma methodology to solve a problem of changing raw material in the park in the plastic injection park of an industry in the industrial hub of Manaus. The research was carried out in a company in the motorcycle production industry sector located in Manaus. The classification in terms of means addresses, case study, bibliographical, documental. The classification regarding the purposes consists of research, exploratory, descriptive, explanatory, qualitative, quantitative. This course conclusion work aims to introduce a new concept of improvement, to contribute to the improvement methods already existing in the company and to contribute to the literature with a case study on the subject, which is still very scarce, mainly in applications. And eliminating process waste, contributing to cost reduction and optimization for the company's continuous improvement. In this context, after analyzing the insertion of the implementation of the Six Sigma method, using the DMAIC concept as the main application method with the help of the application of quality tools, a new study of the machine setup time was carried out, to evaluate the reduction in the time and thus optimizing the production process. In a second analysis, the plastic injection sector was chosen for the development of the LSS methodology. Because it is a sector considered small in relation to the entire production chain, therefore projects under development, such as the LSS, are viable. The results show that both the cleaning agent and the methodology are promising to eliminate contamination. Lean Six Sigma is an efficient methodology that can be adopted, that yields results and that the objectives outlined in this work have been achieved. By combining these two methods and using the Lean Six Sigma methodology, the company can take advantage of its process improvements. By implementing these tools intelligently, you can reduce product changes while reducing waste. The advantage of using the Lean Six Sigma method rather than using these two methods alone is that a smarter, integrated action plan can be completed to optimize workflow and production control. For example, you can include monitoring of standard deviation and certain types of waste in the same process, saving resources. For future work, a side review is recommended for injectors that inject polypropylene.

**Keywords:** Keywords: Six Sigma. Lean Manufacturing. Lean Six Sigma. DMAIC. Manaus Industrial Pole. Plastic Injection.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: perda em R\$ setup.....	41
-----------------------------------	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Método Seis Sigma para melhoria .....	19
Figura 2: nível sigma e o número de defeitos por milhão.....	20
Figura 3: Fluxo do DMAIC .....	24
Figura 4: Ferramentas do Lean Six Sigma.....	28
Figura 5: Molde e suas características.....	37
Figura 6: Medição do tempo setup.....	42
Figura 7: Cor que mais contamina.....	42
Figura 8: Análise do bico da injeção.....	43
Figura 9: Avaliação do bico da câmara quente.....	43
Figura 10: Avaliação nos canais quentes.....	44
Figura 11: Fault Tree Analysis (FTA).....	44
Figura 12: Análise de causas.....	45
Figura 13: Fluxo no canal de injeção.....	45
Figura 14: Perfil de tensão de cisalhamento.....	46
Figura 15: Fluxo de movimentação do material.....	46
Figura 16: Análise de causas.....	47
Figura 17: Ações para eliminar as possíveis causas da contaminação verificadas na matriz FTA.....	48
Figura 18: Realizar uma classificação por tons de cores.....	48
Figura 19: Proposta: Utilizar um produto específico para limpeza no setup.....	48
Figura 20: Proposta: Utilizar materiais com a viscosidade maior.....	49
Figura 21: Proposta: Realizar alterações no padrão.....	49
Figura 22: Viabilidade de implantação.....	50
Figura 23: Acompanhamento da rejeição.....	50
Figura 24: Consumo de matéria prima / Tempo utilizado no setup.....	50

## LISTA DE SIGLAS

LM	Lean manufacturing
SS	Six Sigma
LSS	Lean Six Sigma
PIM	Polo Industrial de Manaus
DMAIC	Define (Definir); Measure (Medir); Analyze (Analisar); Improve (Melhorar) e Control (Controlar)
NFGE	Nova Filosofia de Gestão Estratégica
EUA	Estados Unidos da América
SIPOC	Suppliers (fornecedores), inputs (entradas), process (processo), outputs (saídas) e customers (clientes)
VOC	Voice of Customer
CTQ	Árvores Crítico para a Qualidade
SCM	Supply Chain Management
TPM	Manutenção Produtiva Total
FTA	Fault Tree Analysis
ZFM	Zona Franca de Manaus

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
2.1	CARACTERÍSTICA DA GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL	17
2.2	BREVE HISTÓRICO DO SIX SIGMA	18
2.3	LEAN MANUFATURING	20
2.4	LEAN SIX SIGMA	23
2.4.1	Definir (Define)	24
2.4.2	Medir (Mensure)	25
2.4.3	Analisar (Analyze)	25
2.4.4	Melhorar (Improve)	26
2.4.5	Controlar (Control)	27
2.5	KAIZEN	28
2.6	GESTÃO INTEGRADA DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	29
2.7	MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL	30
2.8	APLICAÇÃO DA FERRAMENTAS DA QUALIDADE	31
2.8.1	Diagrama de ishikawa	32
2.8.2	Histograma	33
2.8.3	Gráfico de Pareto	33
2.8.4	Arvore de análise de falhas	34
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>35</b>
3.1	LOCAL DA PESQUISA	35
3.2	PROCESSO DE INJEÇÃO PLÁSTICA	35
3.3	TIPO DA PESQUISA	37
3.3.1	Quanto a sua natureza	37
3.3.2	Quanto a sua abordagem	37
3.3.3	Quanto aos seus objetivos	38
3.3.4	Quanto aos seus procedimentos	38
3.4	COLETA DE DADOS	39
3.5	TRATAMENTO DE ANÁLISE DE DADOS	39
<b>4</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO</b>	<b>40</b>
4.1	DMAIC: Definir	40

<b>4.2</b>	<b>DMAIC: Medir</b> .....	<b>41</b>
<b>4.3</b>	<b>DMAIC: Análisar</b> .....	<b>43</b>
<b>4.4</b>	<b>DMAIC: Melhorar</b> .....	<b>47</b>
<b>4.5</b>	<b>DMAIC: Controlar</b> .....	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Devido a razões econômicas e o avanço tecnológico em relação ao uso de plásticos, houve um aumento significativo da utilização na indústria em geral e mais expressivamente na indústria automobilística. Desde a criação do primeiro veículo a produção em massa, os engenheiros vêm procurando alternativas para a melhoria de desempenho dos veículos. Com o avanço dos polímeros de alto desempenho, nas últimas duas décadas os plásticos são alternativas para a substituição das peças de aço (HEMAIS, 2003).

Dessa forma, junto ao avanço tecnológico as companhias estão em uma busca incessante para atender os desejos dos clientes, com isso as empresas tendem a produzir uma variedade de produtos com gamas de cores e formas variadas. Sendo necessário a realização de grandes números de setup, para atendimento ao plano de produção. Com isso o tempo improdutivo aumenta, e a possibilidade de rejeição também. Para a resolução dos possíveis desperdícios, as empresas estão buscando caminhos de melhorar os seus processos de produção, desde o planejamento até o envio para o cliente.

Para melhorar a qualidade de seus produtos e diminuir os desperdícios gerados na produção, o emprego de tecnologias em maquinário é a principal alternativa para tal resultado. No entanto pode se exigir altos investimentos para essa finalidade, e o objetivo final de atender as expectativas das partes interessadas pode não ser atingido. Diminuir o custo dos seus processos sem afetar a qualidade da produção e aumentar a lucratividade vem se tornando premissas para se realizar um processo de melhoria. Portanto atacar a redução ou eliminação de desperdícios, nas falhas ou erros e no aumento de recursos vem sendo o principal caminho a ser adotado.

Dentre as diversas metodologias e ferramentas para a melhoria de processos destacam-se dois programas, que são os mais utilizados atualmente. O Six Sigma (SS) que tem sua origem na Motorola e o *Lean manufacturing* (LM) que originou-se na Toyota (HA, 2007). Geralmente os programas de melhoria LM e SS são implementados um e na sequência do outro ou é adotado apenas uma das metodologia e acrescenta elementos da outra (BENDELL, 2006).

Com isso houve a percepção de que apesar de suas diferentes tratativas as duas podem apresentar uma sinergia, fazendo com o que as duas metodologias sejam integradas (VENANZI; LAPORTA, 2015). As duas metodologias compõem o Lean Six

Sigma (LSS), que também tem seu foco em processos. A junção das duas metodologias é de grande benefício, visto que os déficits de uma e compensado pelos atributos da outra (GEORGE, 2003).

De acordo com Werkema (2008) e Montgomery (2010) empresas de qualquer ramo de negócios pode utilizar da metodologia LSS. Pois o lean six sigma é uma estratégia que tem ascendência na diretoria da empresa, com foco na melhoria de processos para alavancar os resultados. Para isso o foco da metodologia estuda os meios de reduzir a variação de parâmetros e reduzir os desperdícios gerados nos processos. Empregando as ferramentas estatísticas para definir as oportunidades de melhoria. Medir para avaliar o desempenho do processo, encontrando as oportunidades de evolução do processo, analisando o caminho para reduzir ou eliminar. Posteriormente controlar os resultados para promover o ciclo de melhoria contínua. Dessa forma temos a seguinte problemática: Como a aplicação da metodologia *lean six sigma* pode ser eficiente no processo de troca de matéria prima em uma indústria de injeção de plásticos do Polo Industrial de Manaus (PIM)?

Segundo Dias (2014) a ferramenta que é mais utilizada na metodologia Lean Six Sigma é a DMAIC, que pode ser definida por 5 etapas: Definir: determinar o escopo do projeto e os objetivos para o desenvolvimento correto do projeto. Medir: verificar a situação atual, reunir informações e dados do processo, para realizar a análise. Analisar: identificar as causas do problema e priorizar os pontos a ser atacado. Implementar: testar mudanças para eliminar as causas encontradas. Controle: Estabelecer forma de controle para que o processo de melhoria sejam mantidos.

O presente trabalho justifica-se visto que com aplicação da metodologia Lean Six Sigma é essencial ferramenta para solucionar problemas no parque de injeção de plásticos de uma indústria automotiva de duas rodas do polo industrial de Manaus. Com isso melhorar os índices de controle, visando a redução da variabilidade e aumento da eficiência. Mostrado como a metodologia pode ser utilizada em um contexto prático, motando uma base, que poderá ser utilizado em melhorias futuras. Sendo assim utilizado a ferramenta Define (Definir); Measure (Medir); Analyze (Analisar); Improve (Melhorar) e Control (Controlar) (DMAIC) como passo à passo para se chegar na causa raiz de um problema de troca de matéria prima e posteriormente realizar o KAIZEN, ferramenta oriunda do LM, por tanto presente LSS, para simular as alterações realizadas e promover a melhoria contínua.

O objetivo geral do trabalho é aplicar a metodologia Lean Six Sigma para

solucionar um problema de troca de matéria prima no parque no parque de injeção de plásticos de uma indústria do polo industrial de Manaus. Os objetivos específicos delineados são: diminuir a variabilidade do tempo de troca de cor e desperdícios com consumo de matéria prima na troca de matéria prima; analisar um caminho pratico para a utilização da metodologia LSS, contribuindo com um estudo de caso práctico para as literaturas sobre o assunto e Identificar eficiência do método DMAIC para contribuição com melhoria do processo de produção de injeção plástica.

Após este capítulo introdutório, segue o capítulo 2 (dois) onde apresenta os aspectos sobre Six Sigma e manufatura enxuta, e expando sobre principais características da ferramenta como ciclo de melhoria no processo produtivo. No capítulo 3 (três), são expostos metodologia utilizada para coleta de informações e o Capítulo 4 (quatro) é demonstrado os resultados e discussão. Finalizando com a considerações finais acerca do trabalho.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 CARACTERÍSTICA DA GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL

A qualidade compreende o valor que uma empresa procura para tornar melhor as expectativas de seus clientes internos, quanto os externos. A sobrevivência é de suma importância que as empresas possam atender as demandas da sociedade, que ao passar do tempo, se torna cada vez mais consciente (LOBO, 2019).

O conceito de qualidade para Júnior (2015) é de forma simples, para a prestação de serviço pode-se concentrar as definições de qualidade sobre as atividades de produção assim a gestão da qualidade no processo, no que tange ao atendimento ao mercado com a relação de consumo ou, de modo mais abrangente, a sociedade como um todo (impacto social da Qualidade).

O futuro das empresas depende exclusivamente do modo em que operam e se transformam. Logo, é imprescindível que novas técnicas, habilidades, sejam aderidas para a plena satisfação do cliente.

Segundo Lobo (2019) a qualidade pode ser apresentada como a procura dos melhores rendimentos no âmbito de performance com os resultados sobre todas etapas do processo produtivo, devendo ter como orientação a satisfação dos clientes para superação das suas expectativas. Esses aspectos compreende todas as atividades de uma organização.

Ainda de acordo com Motta, Lacerda e Santos (2018) classifica qualidade como, um serviço ou produto que diz respeito ao grau de conformidade com que as especificações são atendidas ou cumpridas. Porém qualidade significa também, uma Nova Filosofia de Gestão Estratégica (NFGE), caracterizadas pelo empenho total da administração e dos trabalhadores na obtenção da Satisfação dos clientes e na melhoria contínua.

A qualidade total são todas aquelas variações que de alguma forma alcançar a satisfação das indispensabilidades dos seres humanos, em consequências disso a manutenção da empresa no mercado. Estas circunstâncias demonstram ter significado interligada com a satisfação do cliente externo e interno. Entretanto, é definindo como características da qualidade dos serviços ou produtos da empresa (MOTTA; CORA, 2019).

Outro aspecto a ser abordado é sobre a melhoria contínua tem suas raízes conceitual nome todo japonês chamado de Kaizen, que apresenta sendo um fator

dentro da filosofia da qualidade total, ou melhor, a ideia principal é sobre o empenho ininterrupto pelas ininterruptas melhorias em tudo e todos os processos realizados pela organização. Dessa maneira demonstra-se sobre este aspecto o englobamento do surgimento de uma cultura de constante aprendizagem todas e quaisquer atividades da companhia, empresa e/ou organização (NETO *et al.*, 2019).

Para Júnior (2015) melhoria continua parte de sua essência sobre a valorização com redução e eliminação de desperdícios dentro do processo produtivo. Criando um hábito para obtenção de soluções que sejam mais econômicas, utilizando a criatividade e inovação com os colaboradores, podendo contribuir para melhor desempenho destas práticas.

De acordo com Chaves e Campello (2016) ao ser aplicado a melhoria continua em seus processos, pode-se ser percebido o melhoramento de seus processos de maneira gradual e contínuo. Da mesma forma, os trabalhadores se tornam mais envolvidos e comprometidos com as tarefas do dia a dia, e isso traz resultados significativos para a empresa, por exemplo no prolongamento no mercado.

Para que a melhoria continua seja efetiva é fundamental o envolvimento dos funcionários da empresa no processo de melhoria contínua da qualidade, e não devemos restringir somente a produção ou área de atuação, mas a melhoria continua deverá envolver toda a companhia.

## 2.2 BREVE HISTÓRICO DO SIX SIGMA

Em 1987, nos Estados Unidos da América (EUA) a Motorola passava por serios problemas com seus concorrentes Japoneses. Pois eles conseguiam o oferecer produtos com qualidade superior e com menor custo em comparação com seus produtos. Foi então que teve origem o Seis Sigmas (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007).

De acordo com Wekerma (2004) define o Six Sigma como um programa de melhoria que foca na satisfação dos seus clientes por melhoria na qualidade de seus produtos e como consequência a elevada lucratividade. Para Scatalin (2005) explica que a redução da variabilidade a níveis baixíssimos, visto que não é possível zerar as variações, por meio do tratamento de dados e análise estatística é o melhor caminho para se obter sucesso. A Figura1 ilustra a sequência de etapas do método Six Sigma.

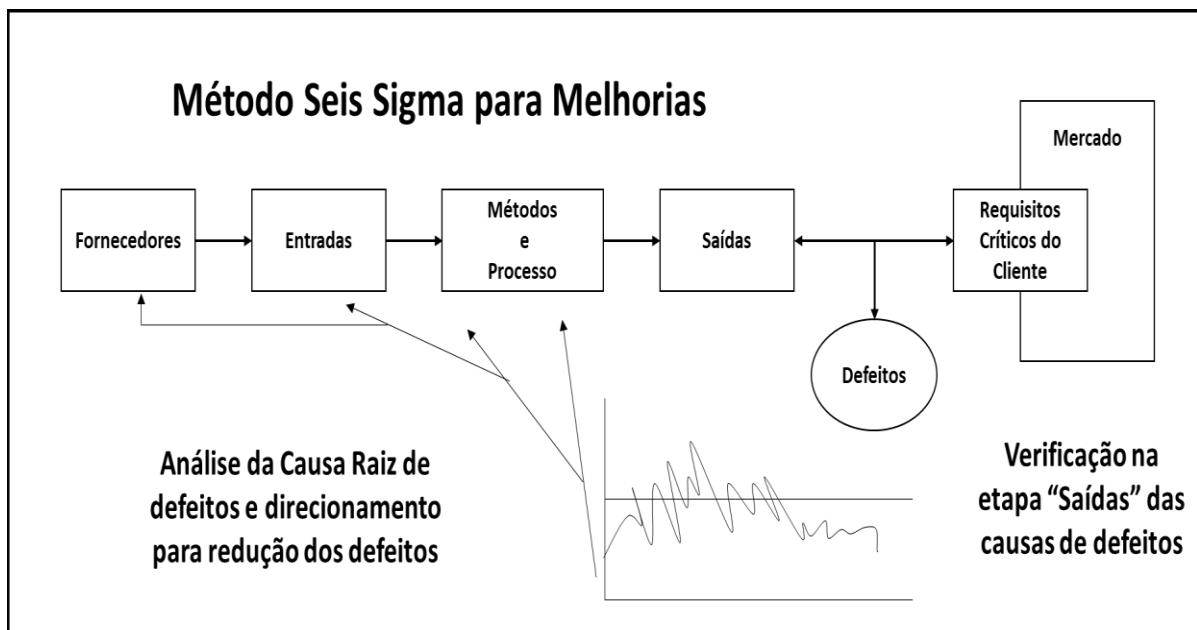


Figura 1: Método Seis Sigma para melhoria  
Fonte: Adaptado de BLAKESLEE JR (1999).

Segundo Harrington (1999) a ausência de qualidade gera custos para a companhia, e a presença da qualidade economiza o que seria gasto e gera lucros. Isso porque a produção de um produto defeituoso gera retrabalho, para ficar de acordo com as expectativas do cliente. Processos que não agregam valor a qualidade do produto final são considerados extra fluxo.

A medida de variabilidade é representada pela letra grega ( $\sigma$ ). De acordo com Breylogle (2003) o nível sigma pode variar de um até seis, e representa a chance que um defeito pode ocorrer em um processo. O objetivo da metodologia sigma é o alcance da excelência operacional. Significa que o cliente está satisfeito com o produto ou serviço realizado e o custo a se pagar é considerado justo. Essa filosofia busca alcançar 3,4 defeitos por milhão, com os dados concentrados dentro de limites, representados na tabela 1.

NÍVEL SIGMA	Nº DE DEFEITOS POR 1 MILHÃO DE OPORTUNIDADES (DPMO)
1	690,000
2	308,537
3	66,807
4	6,210
5	233
6	3,4

Figura 2: nível sigma e o número de defeitos por milhão.  
Fonte: Adaptado de ISIXSIGMA.

### 2.3 LEAN MANUFATURING

O *Lean manufacturing* originou-se no Japão na entrada dos anos 80. Desenvolvida pela Toyota para se adequar a realidade em que vivia a empresa após a segunda guerra mundial. Nessa época a *Toyota* não tinha recursos suficientes para realizar investimentos a nível de suas principais concorrentes na época, a *Ford* e a *General Motors* (CAMPOS; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2016).

O conceito do Sistema Toyota de Produção (TPS) transformou a notoriedade de produção em massa, muito utilizado como princípio para as empresas, para a premissa de produção puxada, ou seja, conforme o volume demandado pelo cliente. Com isso a Toyota se tornou uma das empresas com maior expressão no ramo automobilístico do mundo (PERGHER *et al.*, 2011).

O *Lean Manufacturing* pode ser definido como uma metodologia que foca na eliminação de perdas. Baseando-se no fluxo do processo e nas análises estatísticas (FERNANDES; RAMOS, 2006).

Segundo Ohno (1997) explica que a ideia básica do LM é a produção no momento oportuno na quantidade exigida pelo cliente e a produção e entrega focados em diminuir ou eliminar os desperdícios. Para Coutinho (2019) na manufatura enxuta existem 8 desperdícios. São eles: super produção, defeitos, retrabalho, inventário desnecessário, transporte, espera, movimentação e potencial humano.

As operações enxutas têm como princípio redução ou eliminação todos os desperdícios no processo produtivo, a fim de obter mais agilidade e eficiência assim

como produzir os bens e prestação de serviços com a mais alta qualidade e com baixo custo (BARBOSA *et al.*, 2019).

De acordo com Socconini (2019), apresenta a produção enxuta como um sistema de manufatura cujo foco é melhorar os processos e procedimentos por meio da redução contínua de desperdícios. E que seus principais objetivos são: otimização da qualidade, flexibilidade do processo, produção sob demanda, manter o compromisso com clientes e fornecedores, redução do custo de produção.

Portanto, para ter sucesso no mercado, as empresas precisam aprimorar seus processos de produção para serem o mais eficientes possível, e o uso de sistemas de produção como a manufatura enxuta tornou-se uma condição necessária para as organizações competirem em igualdade de condições com seus concorrentes.

O sistema de produção enxuta de uma organização pode produzir e distribuir produtos por menos da metade de esforço humano, espaço, ferramentas, tempo e custo geral (CRUZ *et al.*, 2016).

A produção enxuta ou como também é denominado Lean manufacturing ou Sistema Toyota de produção é considerado uma melhoria na natureza da manufatura, superando a produção em massa, pois envolve otimizações em todos os estágios do processo produtivo até chegada ao consumidor (ANICETO; SIQUEIRA, 2016).

A filosofia Lean se apresenta com o potencial de beneficiar a capacidade produtiva de qualquer processo produtivo. O Lean Manufacturing colabora com a necessidade de todas as organizações em qualquer ramo de atividades em se tornar competitiva ao mercado (COSTA *et al.*, 2015).

A filosofia de produção enxuta desde a sua origem foi possível verificar resultados satisfatórios, tal fato resultou na propagação desta filosofia desde o surgimento até os dias atuais, acompanhando a globalização industrial, pois surgiu no Japão e é utilizada em organizações de todo porte e por todo o mundo.

Exposta a importância da estratégia de manufatura enxuta agregando competitividade à organização, é importante verificar quais as possíveis vantagens e desvantagens desse sistema que envolve toda a cadeia produtiva englobando e estreitando as relações com fornecedores, processos fabris até seu consumidor.

De acordo com Júnior *et al.*, (2015), as corporações atualmente passam por uma conjuntura política de redução dos preços de venda buscando melhor colocação no mercado altamente competitivo. Há necessidade de detecção dos defeitos de forma mais eficaz, tanto para a redução de custos como para agilizar os processos, e

assim conseguir disponibilizar os produtos no mercado de forma rápida e com preço acessível.

Para implantar um sistema de produção mais adequado e atual, como a manufatura enxuta, as organizações devem ter uma visão objetiva do negócio, o que terá impacto no mercado, mas a manufatura enxuta deve ser eficiente e fornecer as condições necessárias para vantagens competitivas (CHIMINELLI; PEREIRA; HATAKEYAMA, 2017).

As principais vantagens dos sistemas de manufatura enxuta são:

a) racionalização da mão de obra b) eliminação de perdas e desperdícios; c) mudanças positivas na organização e na força de trabalho; d) uma cultura de melhoria contínua; e) autoativação; f) redução de custos de fabricação; g) correção de erros na causa raiz; h) Reduzir peças defeituosas; i) Reduzir o tempo de preparação; j) Fabricação de baterias, com menor estoque e maior flexibilidade; l) Melhor confiabilidade na detecção de falhas; m) Melhor qualidade Principalmente devido ao estoque mínimo durante a produção; (FERREIRA, 2019, p.76).

Para que os objetivos do Lean manufacturing sejam alcançados é necessário não apenas a aplicação dos princípios e ferramentas, mas também o envolvimento de toda a organização desde operários até a alta gerência. Todos precisam manter o mesmo foco: melhoria contínua e redução de desperdícios.

Segundo Bastos *et al.* (2017) as principais desvantagens do sistema de produção enxuta: limitado às aplicações do sistema de produção, a demanda e a estrutura do produto quase não mudam; mais dependente de fornecedores internos; se não houver estoque intermediário, os defeitos podem causar a paralisação da linha de produção; operadores deve ser treinado para ser capaz de promover a manutenção e a capacidade de mudança de primeira classe; se necessário, fornece um plano de garantia de qualidade para fazer o nível de abastecimento interno e externo próximo de 100% para evitar a interrupção da linha de produção.

Descrita as vantagens e desvantagens peculiares da prática do lean manufacturing nos mais variados processos produtivos, pode-se interpretar que a produção enxuta é extremamente vantajosa para as organizações, mas na sua implementação deve ser considerada as suas desvantagens, sob pena da organização adotar um sistema valorizado no mercado e na prática não conseguir aplicar por fatores de risco não avaliados no primeiro momento

Existem 5 passos que devem ser seguidos para a eliminação dos desperdícios. Primeiramente é necessário definir o valor, a partir da visão do cliente, posteriormente

definir o fluxo de valor, realizar a produção através de um fluxo contínuo, produzindo sob o sistema puxado.

## 2.4 LEAN SIX SIGMA

Como visto anteriormente o lean six sigma tem como proposta integrar as ferramentas do LM e SS para a melhoria contínua de processos. Segundo Werkema (2008), o *lean six sigma* não é uma metodologia estruturada que segue um rótulo específico. Existe casos em que o foco será a redução da variabilidade, então será usado mais ferramentas do *six sigma*, por sua vez terá casos em que o foco será a redução do lead time, e nesses casos será necessário o uso um número maior de ferramentas do lean manufacturing.

O *lean six sigma* não é uma receita pronta que vai ser aplicado conforme o padrão para todas as empresas, devemos tomar cuidado para que as duas metodologias realmente interajam, criar uma competição, pode levar ao fracasso do projeto de melhoria. Diversas experiências e a literatura vem buscando uma forma de integrar as duas metodologias presente de forma que tenha uma perfeita adoção do LSS.

Alguns pontos já são unanimidade para a perfeita aplicação do LSS. A primeira e mais importante é a organização, um perfeito planejamento é essencial para o início do projeto. Para Bendell (2006) é indispensável montar um arranjo de recursos e ações, e ter a visão do todo em que o projeto irá alcançar. Direcionamento é o segundo ponto para a correta condução do projeto.

Para Snee (2010) é importante a escolha criteriosa das ferramentas que serão adotadas, com o intuito estratégico, visando os negócios da empresa. Segundo George (2002), para o andamento do projeto de melhoria é fundamental a valorização igualitária de ambas as metodologias presentes no *lean six sigma*, para que uma não se sobressaia, um ambiente seguro é o terceiro ponto. Por último, um bom método de melhoria e a unificação do LSS aproveitando as qualidades mais especiais e essencial. Quando se tem uma solução simples e de rápido implantação é interessante a realização do evento Kaizen, sem que seja necessária uma abordagem sofisticada para sua conclusão.



Figura 3: Fluxo do DMAIC  
Fonte: Six Sigma Daily (2014).

Para Montgomery (2010) a ferramenta mais utilizada no LSS, seguindo o começo do projeto, definição do problema, até a implementação é o DMAIC. Portanto deve-se entender a dinâmica de passos a serem seguidos. O DMAIC é dividido em definição, medição, análise, melhorar e controlar. A seguir será demonstrado cada etapa e as ferramentas e métodos utilizado do ciclo DMAIC.

#### 2.4.1 Definir (*Define*)

A etapa definir é a mais importante do LSS, pois ao definir errado o ponto a ser atacado, pode gerar o fracasso do projeto. Objetivo desta etapa é identificar a oportunidade de melhoria, onde ocorre a definição dos objetivos e metas, e se o projeto é executável, analisando os pontos de dificuldades e obstáculos a serem enfrentados (WERKEMA, 2012).

Para isso torna-se necessário reunir dados, observar o fluxo de valor. O fluxo de valor pode ser definido na visão do cliente, como o preço que ele está disposto a pagar pelo produto ou serviço oferecido por tal empresa. Portanto na etapa definir tem como proposta aumentar o valor do produto ou serviço, diminuindo os desperdícios no processo de transformação de valor. Werkema (2012), afirma que nesta etapa deve ser definido a descrição do problema, definição de metas e objetivos, equipe de trabalho e cronograma.

Para esta etapa é interessante o uso de algumas ferramentas. São elas: significa suppliers (fornecedores), inputs (entradas), process (processo), outputs (saídas) e customers (clientes) (SIPOC), Voice of Customer (VOC), Árvores Crítico



para a Qualidade (CTQ) e Contrato de Melhoria.

### **2.4.2 Medir (*Mensure*)**

Para George (2002), na etapa definir tem como foco obter os dados para observar a extensão do problema, a ferramenta de melhoria do LSS o DMAIC, tem como intuito estabelecer o foco do projeto de melhoria, conhecendo o processo em seus detalhes, para isso é interessante que se faça uma visita para avaliar visualmente e entender o que é feito no local, seja ela área produtiva ou escritório. Para posteriormente avaliar o desempenho através dos dados registrados ou desenvolver uma forma de coleta de dados.

Quando o processo não possui dados, não é possível estabelecer o que está ocorrendo no processo, ou seja, não possui uma forma padrão. Para definir a forma padrão de coleta de dados, é importante estar atentos a alguns aspectos, como verificar se o produto possui defeitos, posteriormente contar o número de defeitos, para se medir características de qualidade e se formar uma base de dados. Sendo importante definir o que é defeito, pois pode ocorrer de pessoas diferentes chegarem a conclusões diferentes. Os dados quando são coletados e analisados de forma correta pode ser verificado a situação real sobre o processo produtivo (WEKERMA, 2016).

Os dados podem ser classificados como contínuos: quando são obtidos pelo uso de instrumentos de medição, utilizado quando ocorrência de defeitos é considerado constantes e os dados atribuídos: que são dados que não possuem ocorrência seguidas ou por classificação, como por exemplo atribuir se o produto é bom ou ruim ou por porcentagem conforme o número de evento ocorrido (SILVA *et al.*, 2020).

Algumas ferramentas são indicadas para nesta fase. São elas: Folha de verificação, Gráfico de controle (CEP), Gráfico X-barra/R, Gráfico P e NP.

### **2.4.3 Analisar (*Analyze*)**

A Terceira fase da ferramenta DMAIC, a fase analisar, tem o propósito de avaliar o processo atual para indicar quais os problemas e suas possíveis causas raízes, que foi definido a medida das fases anteriores (WERKEMA, 2012). Esta fase é a mais delicada e que se deve o maior tempo de dedicação, pois uma boa pesquisa do processo fará com que a causa raiz do problema seja encontrada e com isso se

estabelecerá o foco da melhoria para que seja tratado na etapa seguinte.

Nesta fase algumas ferramentas são usadas para que seja possível a determinação da causa raiz ou principais causas do problema. O gráfico de dispersão, Brainstorming, Diagrama de causa e efeito, os 5 por quês e o diagrama de árvore de falhas.

#### 2.4.4 Melhorar (*Improve*)

Após o conhecimento sobre o processo de produção e achar a possível causa raiz do problema. A quarta fase do ciclo DMAIC procura o conhecimento mais aprofundado sobre o processo a partir de métodos científicos. As melhorias que serão realizadas devem ser estudadas e de conhecimento de todos os participantes diretos e indiretamente, para que todos estejam cientes da mudança que irá acontecer. As mudanças feitas nesta etapa, não significa que haverá melhoras no processo na primeira oportunidade, é importante que haja um estudo de validação e de mudanças até que se obtenha o resultado desejado (WERKEMA, 2004).

Existem uma variedade de mudanças que são possíveis nesta etapa. Elas geralmente estão ligadas ao lean manufacturing e aos 8 desperdícios: Superprodução, estoques, movimentação desnecessária, espera, processo desnecessário, defeitos e retrabalho, transporte e desperdícios intelectual.

Para Werkema (2016) as mudanças podem ser seguidas conforme estes pensamentos, e conseqüentemente haverá um processo em que os resultados dos processos irão se tornar melhores, abaixo serão demonstrados os pontos principais e as ações que podem ser seguidas:

**Eliminação dos desperdícios:** tudo que não agrega valor ao produto é considerado desperdício, retirar do processo coisas que não se utiliza, reduzir o consumo excessivo de insumos e reciclar tudo que for possível é uma das alternativas no processo produtivo. Além disso no ambiente de controle ou escritório, eliminar os múltiplos dados que entram, tentar reduzir ao máximo as formas de controle e forma de classificação de dados. **Otimizar o fluxo de processo:** no fluxo do processo produtivo pode haver situações que gerar prejuízo. Os gargalos precisam ser eliminados, reduzir movimentações desnecessárias, principalmente as que envolvam tráfego de mão em mão, controle de produção para que não haja picos de produção. **Coordenar as variações e tempo:** Altas variações no processo produtivo, demonstra que aquele processo está fora do padrão ou não o possui. Criar padrões para os processos, definindo operações e planejando ações para conter uma possível variação é imprescindível. Definir tempo padrão, para o setup por exemplo, ajuda a entender e melhorar a troca de ferramenta. Também a otimização da manutenção reduz o tempo de espera e ajuda aumentando o tempo útil de geração de valor ao produto. **Otimizar o inventário:** estoques altos geram

sistema de contagem complexo e perdas. Um sistema de produção puxado reduzindo os múltiplos itens é o correto para não gerar desperdícios. **Ambiente de trabalho:** dar aos colaboradores informações, treinar e proporcionar motivações, como a melhora nos salários, proporciona um ambiente de boas relações na empresa. (ANDRADE *et al.*, p.2017, P.156)

De acordo com Werkema (2012), finaliza afirmando que nesta etapa do ciclo DMAIC, deve ser realizados pequenos testes e caso os testes sejam positivos. Sua implantação deve ser analisada.

#### **2.4.5 Controlar (*Control*)**

Após a implantação das mudanças e constatação de melhorias, é necessário utilização dos dados obtidos para avaliar e provar que os objetivos e as metas foram alcançados, sendo importante validar as alterações de acordo com as exigências da empresa, e achar uma forma de manter os ganhos, para logo após promover a melhoria contínua (SILVA *et al.*, 2017).

É importante ter em mente que mudanças realizadas farão parte da rotina de trabalho, sendo importante a implantação em fases para o aprendizado e o aprimoramento do processo. Também pode ocorrer resistência na implantação das mudanças, sendo importante a integração, conscientização e treinamento de todas as partes envolvidas no projeto.

É importante padronizar os processos após o processo de melhoria, pois a padronização permite que o processo seja executado mesmo por quem não recebeu o treinamento e descreve como evitar as variações e desperdícios. A padronização fará com o que o processo fique estável de modo que os produtos e serviços sejam de qualidade, sem gerar custos extras (TAKEMOTO; LOOS, 2018).

Dentre as diversas ferramentas para a utilização da metodologia Lean Six Sigma nas etapas DMAIC, citadas em cada tópico acima, ainda podem existir diversas outras ferramentas que ajudam a solucionar questões referentes a cada etapa do processo de melhoria.

A Figura 4 mostra outras ferramentas propostas por Werkema (2012).

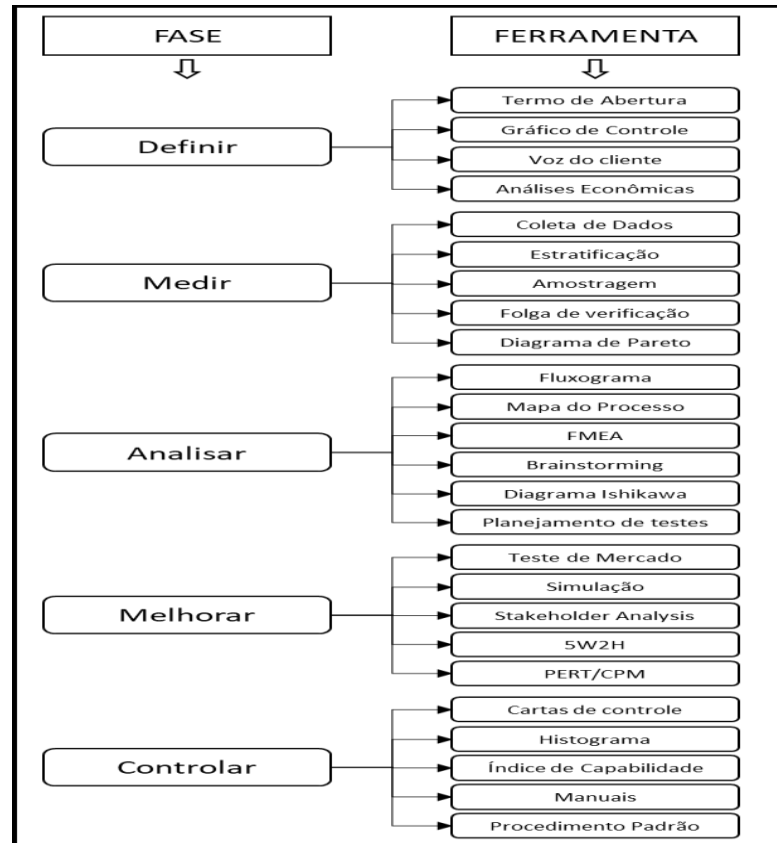


Figura 4: Ferramentas do Lean Six Sigma.  
 Fonte: adaptado de Werkema (2012).

## 2.5 KAIZEN

O Kaizen significa a busca do melhoramento contínuo em todos os aspectos, refletindo na produtividade, na qualidade sem gasto ou com mínimo investimento. O empregado pensa em desenvolver seu trabalho melhorando-o sempre, continuamente, reduzindo custos para a empresa e alimentando a idéia de mudanças positivas e continuadas. O trabalho coletivo prevalece sobre o individual. O ser humano é visto como o bem mais valioso das organizações, e deve ser estimulado a direcionar seu trabalho para as metas compartilhadas da empresa, atendendo suas necessidades humanas e se realizando por meio do trabalho (MORAES; SILVA; TIRONI, 2003).

De acordo com Guarnieri *et al.* (2008) a melhoria contínua significa a empresa estar a cada dia, e em todos os processos, introduzindo alternativas de redução de custos, mantendo a qualidade de seu produto ou serviço final. Esse resultado poderá ser obtido na empresa com a prática do método kaizen que significa melhoria contínua e constante.

A rápida implantação de melhorias pode ser feita por uma ferramenta extremamente poderosa, um evento kaizen. Trata-se de um projeto de curto prazo focado para melhorar um processo, com o objetivo de agregar mais valor com menos desperdício. Esta ferramenta enfatiza a utilização de esforços humanos trabalhando em equipe, envolvendo treinamento e dedicação, sendo uma abordagem de baixo custo à melhoria (BERTANI, 2012).

## 2.6 GESTÃO INTEGRADA DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Existem no âmbito acadêmico como no empresarial, várias concepções para o termo Gestão da Cadeia de Suprimentos ou Supply Chain Management (SCM). Entretanto, se compreende que a Cadeia de Suprimentos aglomerado de ações direcionadas à extração da matéria-prima, que vão desde os processos de criação do produto até a chegar ao consumidor final.

Para Gomes e Neto (2015) diz que a cadeia de suprimentos é um departamento multifuncional, envolve várias áreas tradicionais da organização. SCM pode ser considerado um campo atual com diferentes origens. Ou seja, pode ser apontado como um ponto de consenso para outras áreas tradicionais do ambiente de negócios.

É preciso ressaltar que a cadeia de suprimentos envolve todas as etapas envolvidas direta ou indiretamente. Incluindo fornecedores, fabricantes e armazéns, transportadores, varejistas e clientes. No ambiente interno da empresa, o SCM integra todas as atividades relacionadas a pedidos, como finanças e marketing. A cadeia é considerada dinâmica porque inclui o fluxo contínuo de produtos, informações e capitais (BARBOSA *et al*, 2021).

Como um processo estratégico, o SCM coopera com a previsão de demanda, seleção de fornecedores, contratos, transações financeiras e fluxo de materiais para criar novas condições de acomodação, como armazéns, fábricas, etc., interagir com os clientes e resolver questões sociais, ambientais e econômicas mais amplas questões.

Na opinião de Todescast (2013) aponta que a Cadeia de Suprimentos consiste em um aglomerado de processos que visam criar valor ao produto e serviço oferecido aos clientes finais. Vale ressaltar que as concepções que as ações na cadeia são relacionadas umas às outras, seja por através da venda e/ou compra de serviços,

bens ou informações.

Portanto, SCM é um conjunto de ações adotadas com o objetivo de complementar todas as etapas, para que o produto seja produzido na quantidade correta em um curto espaço de tempo e entregue no endereço correto, reduzindo assim o custo do sistema.

## 2.7 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

A Manutenção Produtiva Total (TPM) é um programa criado há duas décadas para diminuir custos de produção. O objetivo do TPM é engajar um senso de união e responsabilidades entre os supervisores, operadores e técnicos da manutenção. A idéia é não se limitar a simplesmente manter o equipamento funcionando, mas também estender e aperfeiçoar o seu desempenho global (HUTCHINS, 1998).

De acordo Alves (1995) a manutenção produtiva total é um programa de manutenção no qual os operadores participam ativamente na preservação das máquinas e equipamentos, com o objetivo de garantir que o fluxo de produção seja suave e contínuo. A manutenção preventiva é importante para preservar o equipamento e mais importante ainda para preservar a qualidade. Numa fábrica onde a produção de emergência sempre prevalece o tempo para a manutenção vem por último e as máquinas e equipamentos mais utilizados não param, até que a manutenção não seja mais preventiva e sim necessária, com os consequentes prejuízos para a produção.

No início do TPM, as ações para maximizar a eficiência geral do equipamento focavam apenas nas perdas causadas pela falha, e geralmente eram realizadas pelo departamento diretamente relacionado ao equipamento. Este período pode ser chamado de primeira geração do TPM. A segunda geração do TPM começou na década de 1980. Durante este período, o objetivo de maximizar a eficiência foi perseguido através da eliminação das seguintes seis perdas principais de equipamentos, que foram divididas em: perdas causadas por dano ou falha, perdas causadas por preparação e ajuste. Perda devido à operação sem carga e parada de curto prazo, perdas devido à redução de velocidade, perdas devido a defeitos de processo e perdas na fase inicial de produção. No final dos anos 1980 e no início dos anos 1990, surgiu a terceira geração do TPM. O foco dos esforços do TPM para melhorar a eficiência não é mais apenas o equipamento, mas os sistemas de produção

(MORAES, 2004).

A quarta geração do TPM teve início em 1999. Acredita que a participação de toda a organização na eliminação de perdas, redução de custos e maximização da eficiência ainda é limitada. Essa geração não só tem uma visão de gestão mais estratégica, mas também inclui a participação dos departamentos de negócios, pesquisa e desenvolvimento de produtos para eliminar as 20 maiores perdas que são divididas entre processo, estoque, distribuição e compra (MORAES, 2004).

Segundo Netto (2008) o TPM veio auxiliar o Sistema de Produção Enxuta e contribuiu para a redução das perdas de produção e diminuição do estoque de peças e equipamentos para máquinas responsáveis pela produção em si.

Atualmente é recomendado para as empresas a implantação do TPM porque, no mercado de hoje, muito competitivo, elas devem renovar seus produtos e reduzir custos para lucrar cada vez mais e, principalmente, se manter no mercado, pois na era da competitividade não é o mais forte que vence, e sim o mais veloz em responder às rápidas mudanças na demanda e nas expectativas do cliente (RIBEIRO, 2003).

A meta do TPM é aumentar a eficiência da planta e do equipamento. Para tanto, o TPM utiliza-se da manutenção autônoma, onde os operários desenvolvem rotinas de inspeção, lubrificação e limpeza. Padrões de limpeza e lubrificação são utilizados e um desenvolvimento na capacidade do operário em encontrar e resolver anomalias pode ser observado (MCKONE *et al.*, 2001).

## 2.8 APLICAÇÃO DA FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As ferramentas da qualidade foram desenvolvidas objetivando a identificação e análise de um ou vários problemas de processos, concomitante a funcionalidade em contribuir na escolha e decisão da melhor e mais adequada solução de um determinado problema ou aperfeiçoamento de circunstância (CORRÊA H; CORRÊA C, 2012).

Por meio destas é possível que a organização identifique, analise e aplique o estabelecimento de ações e caminhos mais adequados a serem executados para alcançar seus objetivos de correção e melhorias de acordo com os possíveis benefícios advindos da atual situação existente no mercado.

Com o objetivo de elucidar algumas das diversas razões das quais se faz o uso das ferramentas da qualidade, Lucinda (2010) as ressalta na seguinte ordem: Facilitar

o entendimento do problema; proporcionar um método eficaz de abordagem; disciplinar o trabalho; aumentar a produtividade.

Ressalta-se que para a melhor aplicação das ações de correção e melhoria, é necessário o conhecimento prévio e detalhado de todo o processo para que estas sejam executadas de forma correta e resultem de acordo com o esperado, uma vez que o uso adequado de cada uma dessas ferramentas, é de acordo com o tipo de processo e problema identificado.

A gestão da melhoria, em particular a melhoria contínua, requer um esforço de análise da situação atual, visando o planejamento e implementação de melhorias. Daí a importância do conceito de abordagens científica para a tomada de decisões baseadas em dados e fatos (CARPINETTI, 2012).

Assim, a escolha do uso e aplicação da correta ferramenta da qualidade, pode ser determinante para a organização, detectando possíveis problemas, mensurando e analisando a causa raiz, buscando a eficiência e satisfação do padrão almejado.

### **2.8.1 Diagrama de Ishikawa**

O diagrama de causa-efeito também denominado diagrama de *Ishikawa* ou de espinha de peixe é uma ferramenta muito utilizada dentro da gestão da qualidade.

Para Silva, Gomes e Oliveira (2018) esta ferramenta consolidou-se na década de 1950, com pesquisas voltadas em uma determinada fábrica na forma de diagrama que mostrava a causa e o efeito, logo instituindo uma avaliação mais profunda de quais seriam as causas, tendo como finalidade apresentar a conexão entre uma característica da qualidade e seus mais variantes fatores definitivos.

Contribuindo com esse entendimento, Alves e Paulista (2015) salientam que o Diagrama de Ishikawa é muito utilizado na estruturação de raciocínio de grupo, pois é um instrumento visual, na qual auxilia para a elucidação das causas-raiz de determinados problemas, além de contribuir na produtividade da organização.

Sendo, uma ferramenta de grande relevância para os processos produtivos, seu fácil entendimento colabora para que pessoas que não sejam especialistas, analisem e resolvam certos problemas. Portanto, o efeito ajuda no diagnóstico por meio do ataque as causas que serão conquistadas com as melhorias (SOUSA *et al.*, 2017).

Os benefícios do Diagrama de Ishikawa são muitos para as organizações



quando bem empregado no processo produtivo ou demais áreas. O diagrama pode ser utilizado juntamente com outras ferramentas, como as reuniões de Brainstorming, que potencializam reuniões de equipe e auxiliam a exposição de ideias para com a finalidade de resolução de problemas (CAPINETT, 2016).

Para Batista *et al.* (2016) destaca que o diagrama de Ishikawa é capaz de separar a causa dos efeitos de certos problemas, este diagrama possibilita inúmeros benefícios no seu emprego, sendo possível sua utilização em múltiplos contextos e de formas diferentes.

Portanto, o Diagrama de *Ishikawa* é definido por ser um instrumento simples, onde sua representação gráfica é mais fácil de ser desenvolvida. Além da sua compreensão ser de fácil entendimento, proporciona benefícios consideráveis tanto para a organização, quanto para o grupo que a usa em suas tomadas de decisões.

### **2.8.2 Histograma**

O conceito de histograma é apresentar uma representação gráfica de um histórico sem que seja necessária relação entre os dados, tal ferramenta facilita o monitoramento de processo.

Segundo Lobo (2019) um histograma representa um típico gráfico que demonstra os resultados em forma de coluna ou em barra sem sequência determinada e sem referência no tempo.

Para Marshall Junior (2015) o ao histograma tem em suas finalidades o oferecimento de dados, com o propósito de conseguir informações que possam disseminar uma série de dados para análise. Assim, simplificando a concepção da localidade do problema principal.

Com a preocupação da variabilidade dos dados as organizações têm feito uso desta ferramenta, com o objetivo de monitorar e reduzir as variáveis de processo, pois por meio do histograma é possível identificar picos e quedas dos mais diversos índices no processo produtivo.

### **2.8.3 Gráfico de Pareto**

O Gráfico de Pareto é um instrumento empregado na avaliação estatística subsidiando informações que possam auxiliar nas tomadas de decisões, logo direcionando a organização, tendo como objetivo a resolução de problemas em larga

escala.

Segundo Perez, Diacenco e Paulista (2016) o Pareto é utilizado para seguinte análise: Realizar separação de poucas críticas e de várias críticas irrelevantes; Priorização das prováveis causas dos problemas; para focar a atenção da análise nas questões de maior impacto.

O diagrama de Pareto é uma das ferramentas mais eficientes na gestão da qualidade para encontrar o problema principal, pois ele descreve as ocorrências de processo, organizando-as conforme suas frequências para que seja possível visualizar onde deve ser melhorado (NOGUEIRA; DAMASCENO, 2016).

O gráfico de Pareto é uma forte ferramenta para a gestão da organização assemelhando-se aos históricos de processos, que também permitem o monitoramento por meio de gráficos de fácil visualização e entendimento.

#### **2.8.4 Arvore de análise de falhas**

A Análise da Árvore de Falhas (*Fault Tree Analysis – FTA*) é uma análise dedutiva de cima para baixo que representa visualmente o caminho da falha ou a cadeia de falha. Ele usa a lógica booleana para combinar uma série de eventos para identificar falhas no nível do componente (eventos básicos) que causam falhas no nível do sistema (eventos principais) (ALMEIDA *et al.*, 2006).

A árvore de falhas e a análise do modo de falha e seu impacto são amplamente utilizadas no campo da confiabilidade. Depois disso, o usuário deve se perguntar por que esse problema ocorre. A resposta também é colocada na mesa, mas em um nível secundário. Uma vez que cada causa secundária é na verdade o efeito de outras causas, questionar por que elas ocorrem determinará essas outras causas (ORIBE, 2004).

Para Texeira *et al.* (2013) falha é o fim do período de uma peça de desempenhar a função requerida. Os critérios de falhas são um conjunto de regras que são aplicadas de acordo com os tipos e ordens de gravidade das mesmas para determinar os limites de aceitação de um determinado equipamento.

Os defeitos potenciais devem ser identificados no início do ciclo de desenvolvimento do produto para mitigar os riscos com sucesso. Esta campanha de prevenção de falhas visa proteger os consumidores de experiências inaceitáveis.

### 3 METODOLOGIA

De acordo com Rampazzo (2005) a metodologia científica pode fornecer compreensão e análise do mundo por meio da construção do conhecimento. O conhecimento só ocorre quando o aluno percorre o caminho do conhecimento, sendo o ensino o protagonista desse processo. Portanto, metodologia pode ser associada a “caminhos de aprendizagem a seguir” e ciência e “conhecimentos adquiridos”.

#### 3.1 LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em uma empresa do setor de indústria de produção de motocicletas localizada em Manaus, Amazonas, que está localizada na Polo Industrial de Manaus (PIM). A atuação da marca abrange a produção, importação e comercialização de motocicletas. Na fábrica de Manaus, são realizados processos produtivos complexos, desde moldes e ferramentas de produção até as principais peças das motocicletas, como escapamentos, rodas, guidão e peças de chassi. Além de produzir várias motocicletas que variam de 110cc a 1000cc, o dispositivo cobre uma área de 727.000 metros quadrados e 263.000 metros quadrados, tem mais de 5.500 funcionários e também produz veículos de quatro rodas e motores estacionários. É considerada uma das mais verticalizadas do mundo. Possui processos como fundição, usinagem, soldagem, fabricação de tubos, processos de pinturas, injeção plástica e montagem.

#### 3.2 PROCESSO DE INJEÇÃO PLÁSTICA

O processo de injeção de plásticos consiste em aquecer e moldar a matéria prima, o polímero, que pode ter origem orgânica ou artificial, para o transformar em peças de acordo com o molde utilizado para sua formação. O processo começa com a polímero que está armazenado em locais chamados de silo, que é transportado para a estufa por meio de bombas a vácuo, para a estufa, onde a finalidade é de retirar toda a umidade presente que pode gerar defeitos nas peças moldadas. Logo após o processo de estufagem, que tem seu período dependendo da matéria prima, a matéria é transportada para o dosador.

A matéria prima, polimérica pode ser classificado como termoplástico, quando o polímero é aquecido e suas ligações moleculares são vencidas de modo que a

matéria se torna líquido ou pastoso, e quando resfriado suas ligações são restauradas de modo que os polímeros voltam a ficar no estado sólido, possibilitando que o processo de conformação ocorra inúmeras vezes. Já os chamados termoplásticos, são polímeros que após aquecidos e conformado, não possibilitam que o processo ocorra outra vez, pois suas ligações não são desfeitas.

Na indústria, o policarbonato é utilizado na indústria, pois tem características específicas como a alta resistência e resistente a altas temperaturas como também não propaga chamas, a fim de evitar riscos de segurança ao cliente final em casos de sinistros no circuito elétricos de eletrônicos envolvidos pelo plástico (GALDAMEZ; CARPINETT, 2004).

O policarbonato é um tipo particular de polissacarídeos moldáveis quando aquecidos, sendo por isso chamado termoplástico e são amplamente utilizados na indústria automobilística, eletroeletrônica, embalagens, médicas. Por essa razão nos últimos anos houve um aumento considerável dos tipos de policarbonato comerciais disponíveis (WIEBECK; HARADA, 2005).

E para que seja possível fazer uso do plástico, é necessário o processamento da resina, que no caso será abordada o método por injeção, feito por meio de maquinários em alta temperatura e ferramentas como o molde adequado à finalidade e característica do produto (GALDAMEZ; CARPINETT, 2004).

Quanto ao molde, é de extrema importância que ele seja bem projetado. Um molde bem projetado é fundamental para uma boa moldagem com qualquer resina. Moldes mal projetados podem causar quase todos os tipos de defeitos conhecidos em injeção (peças incompletas, manchas, tensões residuais excessivas, peças queimadas, etc...) (WIEBECK; HARADA, 2005, p.120).

Antes de ir à máquina e moldada é estufada por horas nos silos dentro do processo produtivo mantido a temperaturas maior que 100° C, e por meio de tubulações a matéria prima é enviada ao maquinário responsável pela injeção plástica que tem alta capacidade de produção.

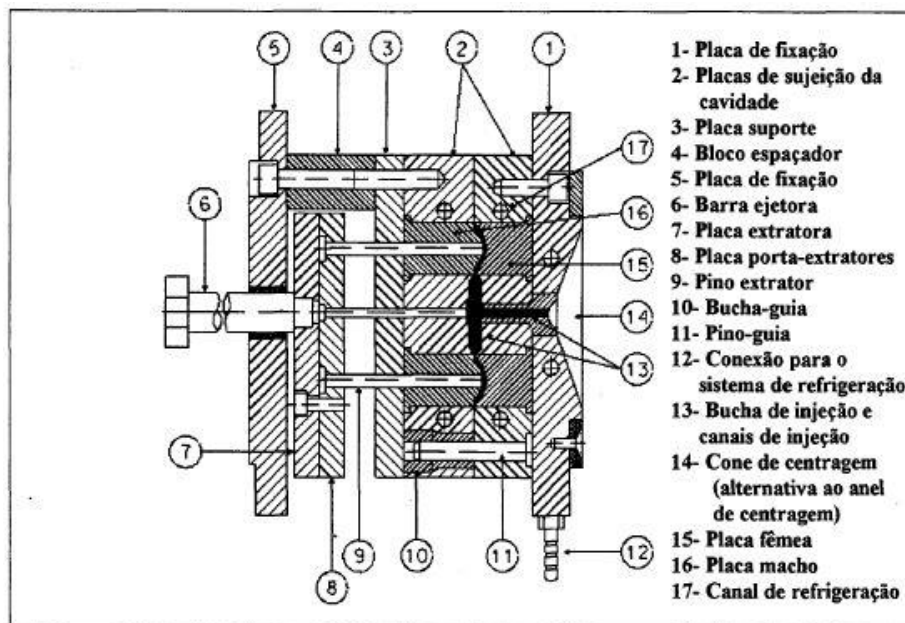


Figura 5: Molde e suas características.  
 Fonte: Volpato, 2007.

De acordo com Cruz (2013) o processo de injeção é um processo cíclico e está dividido em quatro etapas: Fechamento do molde, injeção da matéria prima no molde, pressurização da matéria prima no molde, e extração que pode ocorrer de forma mecânica, hidráulica, entre outros.

### 3.3 TIPO DA PESQUISA

#### 3.3.1 Quanto a sua natureza

O presente trabalho demandou uma pesquisa de natureza básica, onde foi possível desenvolver novos conhecimentos que serão extremamente úteis para a prosperidade dos estudos. De acordo com Kauark (2010) a pesquisa de natureza básica tem o propósito de desenvolvimento de novos conhecimentos para o emprego no avanço da ciência, sem uma execução prévia, a pesquisa envolve todos os interesses e verdades existentes

#### 3.3.2 Quanto a sua abordagem

Quanto a sua abordagem a pesquisa é definida como uma qualitativa e quantitativa. No dizer de Martins (2006), a pesquisa qualitativa é caracterizada pela descrição, compreensão e interpretação de fatos e fenômenos. Em contrapartida, na pesquisa quantitativa predominam mensurações. No presente estudo de caso será

usada a pesquisa qualitativa por meio de entrevistas. Para Richardson (1999) afirma que a abordagem quantitativa, caracteriza-se pelo emprego de quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas, desde as mais simples como percentual, média, desvio-padrão, às mais complexas, como coeficiente de correlação, análise de regressão etc.

### **3.3.3 Quanto aos seus objetivos**

No que concerne aos objetivos da pesquisa foi classificada como descritiva e exploratória. Neste entendimento Lakatos e Marconi (2003) afirma que a pesquisa descritiva visa descrever os principais aspectos de um fenômeno, população ou qualquer outra variável. Essa pesquisa irá observar, analisar e organizar os dados para que possam ser manipulados sem a interferência dos pesquisadores.

De acordo com Gil (2002) afirma que as pesquisa exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vista a torná-lo, mais explícito ou a construir hipóteses. Pode-se dizer que esta pesquisa tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou descobertas de intuições

### **3.3.4 Quanto aos seus procedimentos**

No que corresponde aos seus procedimentos a presente pesquisa foi classificada como estudo de caso e pesquisa bibliográfica.

Para desenvolver este trabalho foi elaborado um estudo de caso, onde foi possível visualizar de forma detalhada a solução do problema em questão. Segundo Severino (2017) o estudo de caso salienta a forma de investigar questões empíricas. Ele utiliza uma metodologia de pesquisa com dados qualitativos, coletados a partir de eventos reais, com o objetivo de esclarecer, explorar ou apresentar acontecimentos atuais fincados em seu próprio contexto. Definindo-se por ser um conhecimento esmiuçado e exaustivo em seus estudos, ou mesmo de um único objeto, fornecendo conhecimentos intrínsecos

Quanto aos procedimentos foi caracterizado por ser uma pesquisa bibliográfica, onde foram utilizadas publicações já existentes para embasamento teórico do trabalho, por meio de livros, artigos, teses, dissertações que estejam ligados ao tema proposto. Gil (2008) destaca que a pesquisa bibliográfica é construída a partir de material idealizado, residindo no fato de o investigador realizar uma cobertura sobre

uma diversidade de fenômenos.

### 3.4 COLETA DE DADOS

Este trabalho de conclusão de curso tem por finalidade introduzir um novo conceito de melhoria, para contribuir com os métodos de melhoria já existente na empresa e contribuir para a literatura com um estudo de caso sobre o assunto, que ainda é encontra-se muito escarço, principalmente em aplicações. E eliminar os desperdícios dos processos contribuindo para a redução de custos e a otimização para a melhoria continua da companhia.

Desta forma, buscou-se, através das fontes documentais disponíveis na organização, como exemplo, documentos dos setores de gestão da qualidade e engenharia de processo tais como: Relatórios de produtos não conformes, indicadores de performance, etc. Segundo Fachin (2001, p.152) comenta que “a pesquisa documental é toda informação oral, escrita ou visualizada. A pesquisa documental consiste na coleta, classificação, seleção difusa e na utilização de todas as espécies de informações.

Logo, as ferramentas da qualidade aliado a DMAIC foram aplicadas a fim de construir um ciclo de melhoria para melhorar, otimizar e estabilizar processos e projetos de negócios, possibilitando otimização do processo de produção. Segundo Carpinetti (2012), as ferramentas da qualidade são auxílio essencial para o aperfeiçoamento de aplicação de propostas, que irão resultar no desempenho eficiente do processo de melhoria contínua.

### 3.5 TRATAMENTO DE ANÁLISE DE DADOS

Após a coleta dos dados na empresa, foi feita a leitura de todo material, as principais informações foram compiladas. Os dados coletados durante a realização deste estudo foram tabulados em planilhas do programa Microsoft *Excel* para que pudessem ser analisados. Posteriormente foi realizada uma análise descritiva por meio de gráficos e inserção de fotos do processo, buscando estabelecer uma compreensão e ampliar o conhecimento sobre o tema pesquisado. Com a facilidade de utilização das ferramentas da qualidade auxiliar no diagnóstico da identificação de não conformidade, são de suma importância para avaliação quanto a eficiência dos planos de melhoria.

## 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

A Zona Franca de Manaus (ZFM) é uma zona industrial criada pelo governo brasileiro na região amazônica para atrair fábricas para áreas escassamente povoadas do país e promover maior integração territorial na região norte. Legalmente falando, a Zona Franca de Manaus foi criada pela Lei nº 3.173 durante o governo Juscelino Kubitschek (JK) em 1957. Porém, seu efetivo estabelecimento se deu durante o período da ditadura militar, durante o qual a ocupação do território amazônico foi acolhida para garantir a soberania nacional, e seu lema era: “integrar para não entregar”.

A implantação da Zona Franca de Manaus e sua posterior evolução, além de proporcionar um amplo leque de oportunidades de emprego, proporcionou também uma grande população concentrada em uma pequena área do estado. No passado, a população da capital amazonense era equivalente a 28% de todo o território do estado, mas hoje esse número ultrapassa os 50%. Os próximos desafios incluem a diversificação da produção, a redução dos custos de transporte e a implementação de medidas de desenvolvimento sustentável na floresta amazônica, especialmente investimentos em biotecnologia.

Nesse contexto, analisado a inserção de implementação do método Six Sigma, empregando o conceito DMAIC como o principal método de aplicação contando com o auxílio da aplicação de ferramentas da qualidade, foi realizado um novo estudo de tempo do *setup* da máquina, para avaliar redução no tempo e assim otimizando o processo de produção. Em uma segunda análise o setor de injeção de plásticos foi o escolhido para o desenvolvimento da metodologia LSS. Pois é um setor considerado pequeno em relação a toda a cadeia produtiva, portanto projetos em desenvolvimento, como é caso do LSS, são viáveis.

### 4.1 DMAIC: DEFINIR

Nessa fase é onde foi determinado a problemática que iria ser trabalhada, onde foi realizado uma análise por meio dos indicadores de performance do setor de injeção plástica, e assim foi compreendido que os indicadores de qualidade estavam acima da média estipulada pelo setor e os custos que também estava acima e tudo estava ligado ao *setup* correspondendo a troca de molde ou de matéria prima.

Analisando os *setups* foi descoberto que os tempos estavam acima do padrão,



que era para ser 38 minutos e 13 segundos e está estava sendo em 1 hora e 4 minutos e 3 segundos com alto índice de contaminação, e no *setup* de cor especificamente estava se gerando um problema de qualidade, que foi analisado e era a contaminação, que para eliminar esse problema são gastos quase o dobro de material que normalmente se utiliza.

Então temos problema com tempo, custo com material utilizado na limpeza e consequentemente problemas com peças contaminadas, pois na limpeza do sistema não é eficiente (suja com outra matéria prima que fica dentro do sistema).

Tempo Setup	Perda em R\$
1 hora de Setup	R\$ 24.247,00

Tabela 1: perda em R\$ setup.  
Fonte: Próprio autor, 2021.

Foi averiguado que na injetora apresentada um maior índice de contaminação e de dificuldade na limpeza que é uma de 1300 toneladas onde passa material de. A matéria prima utilizada é o polipropileno com pigmentação (*Master beach*).

A limpeza é feita retirando o material com a pigmentação anterior até chegar em sua cor natural, que é o transparente depois e posto o material da cor que se vai injetar. No parque de injeção a empresa detêm de 12 injetoras que é realizada em média 9 setups de matéria prima ao dia. No cotidiano do processo de injeção plástica a contaminação é um problema gerado após o setup de cor pela ineficiência e depois de ter gerado um tempo acima do normal e gastado material acima da média permitida.

#### 4.2 DMAIC: MEDIR

Para comprovação sobre a análise os dados da empresa foram acompanhados uma segunda o setup de cor, onde foi observado que o setup é composto por 5 etapas principais (finalizar a produção, limpeza do sistema de alimentação (dosador), limpeza do canhão, limpeza da câmara quente e injeção de peças com a nova cor (pigmentação). Também foi examinado que todos os parâmetros usados e foram comparados também com o padrão exigido pela empresa e estavam todos dentro do padrão, tanto a máquina quanto o molde.

Todavia, existia 3 pontos críticos que são onde foi possível identificar a origem da contaminação pois tem contato de um material com o outro, que é a limpeza do

dosador, limpeza do canhão e limpeza da câmara quente.

Continuando foi percebido que tinham duas configurações de setup mais que recebiam as mesmas tratativas. Setup de com cor clara para cor escura, e está tudo certo e o setup de cor escura para cor clara, neste momento foi identificado o problema.

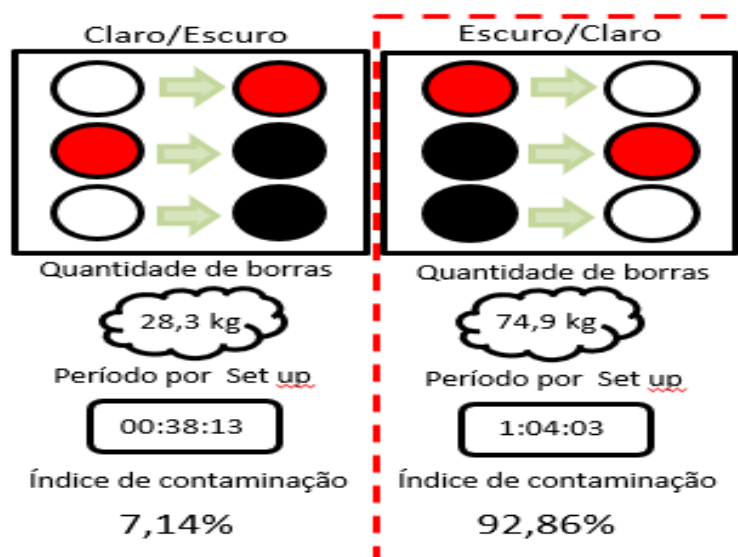


Figura 6: Medição do tempo setup.  
Fonte: Próprio autor, 2021.

De acordo com a figura 6, as cores claras como são cores que refletem todas as outras, qualquer resquício de um material escuro irá aparecer.

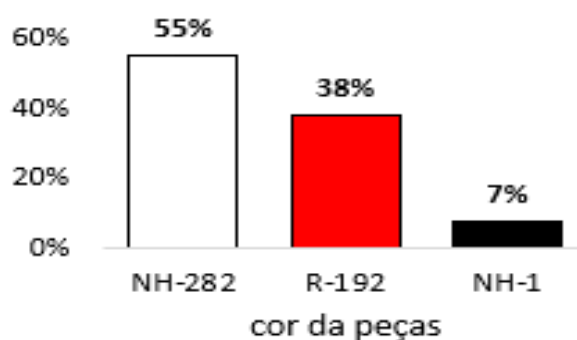


Figura 7: Cor que mais contamina.  
Fonte: Próprio autor, 2021.

Finalizando essa etapa com dois pontos a serem analisados na outra etapa, limpeza do canhão e limpeza da câmara quente do molde pois onde são as etapas mais demoradas da limpeza e que absorvem mais matéria prima. E o possível ponto de onde está saindo a contaminação ao iniciar o processo após a limpeza do sistema (setup de cor).

### 4.3 DMAIC: ANÁLISAR

Na fase analisar foi iniciado pelos possíveis focos da problemática. Na limpeza do canhão após sua finalização retiramos o bico de injeção e encontramos alguns resquícios.



Figura 8: Análise do bico da injeção.  
Fonte: Próprio autor, 2021.

Ainda no canhão de injeção foi examinado que a rosca de injeção estava sem resquícios de contaminação. Dessa forma, em um segundo ponto, a realização da limpeza da câmara quente foi avaliada que durante a limpeza e logo após sua finalização dela e nos bicos da câmara quente estavam com foco de contaminação de acordo com a figura 9.



Figura 9: Avaliação do bico da câmara quente.  
Fonte: Próprio autor, 2021.

Então analise se encaminhado para os canais da câmara quente e também encontrei material de injeções anteriores, resquícios de contaminação.

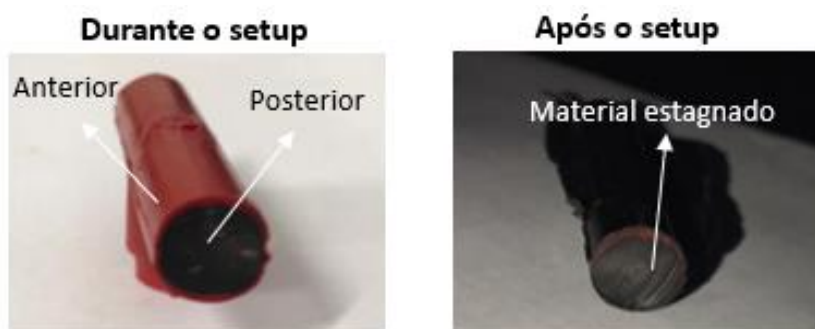


Figura 10: Avaliação nos canais quentes.  
Fonte: Próprio autor, 2021.

Importante frisar o que é canhão de injeção e câmara essencialmente quente. Nesse contexto foi realizado uma *Fault Tree Analysis* (FTA) de acordo com a figura 11.

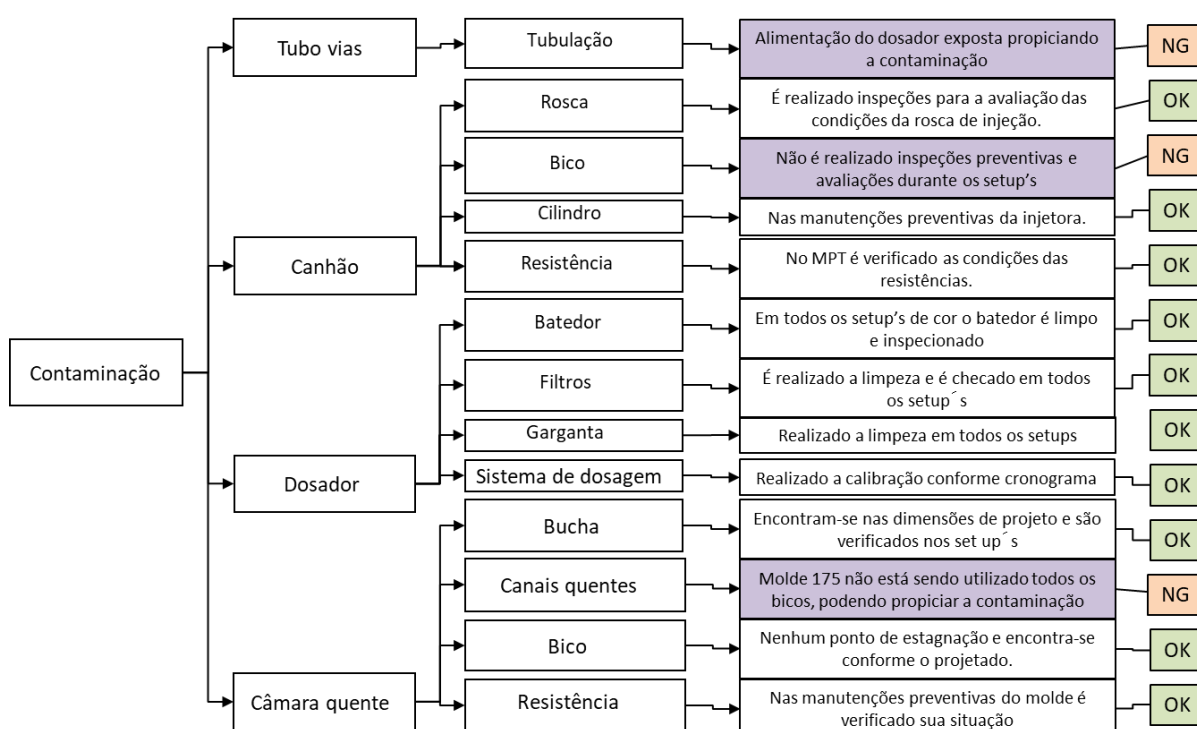


Figura 11: Fault Tree Analysis (FTA).  
Fonte: Próprio autor, 2021.

Contudo apenas resolvendo os problemas de máquina, não foi resolvida o problema no setup de cor e a contaminação posteriormente. Então foi realizado uma análise mais acentuada onde avaliou-se o comportamento do material dentro dois

canais da câmara quente e do canhão e foi observado que o material tem um comportamento laminar.

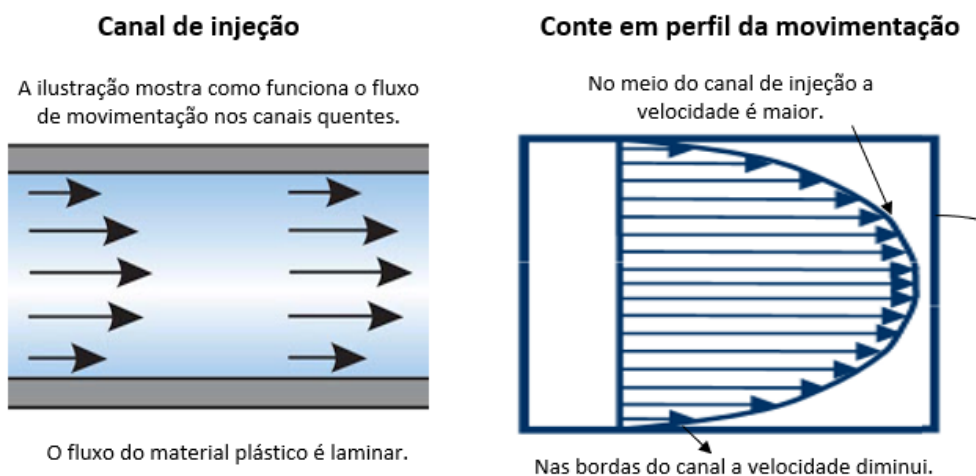


Figura 12: Análise de causas.  
Fonte: Pesquisa em campo, 2021.

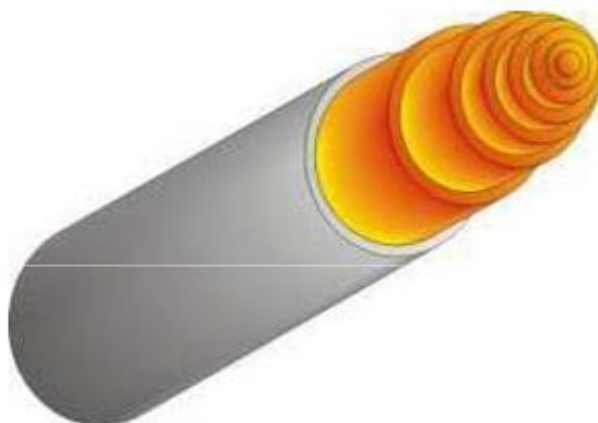


Figura 13: Fluxo no canal de injeção.  
Fonte: Pesquisa em campo, 2021.

A conclusão é que a movimentação nos canais comporta-se em camadas onde não ocorre mistura entre elas. Analisando mais profundamente visualizamos a seguinte situação.

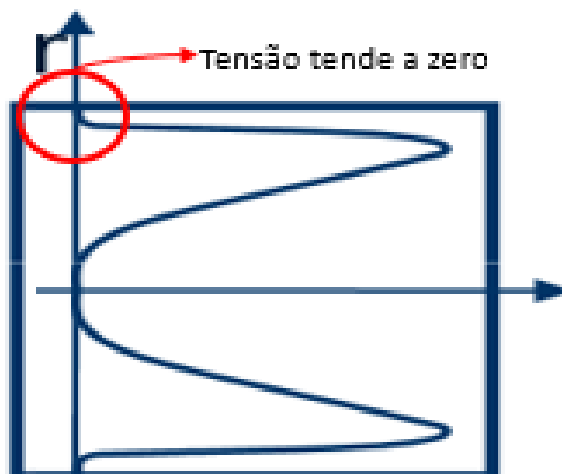


Figura 14: Perfil de tensão de cisalhamento.  
Fonte: Próprio autor, 2021.

Nas extremidades dos canais quentes e do bico de injeção do canhão a tensão de cisalhamento tende a ser nulo.

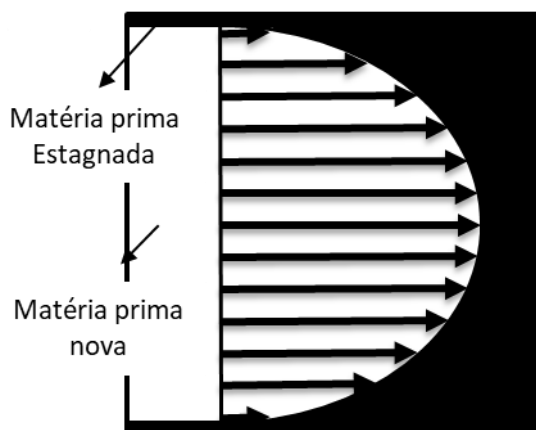


Figura 15: Fluxo de movimentação do material.  
Fonte: Próprio autor, 2021.

A figura 15, explica a sequência dos fatos. O material novo arrasta o antigo. Porém nas bordas existe dificuldade de eliminar o material antigo. Micro camada criada por conta da tensão de cisalhamento. Após a finalização do *set up* de cor e início da produção nos deparamos com a contaminação que é eliminada no bico. Com a exposição a altas temperaturas o material estagnado carboniza e contamina as peças moldadas.

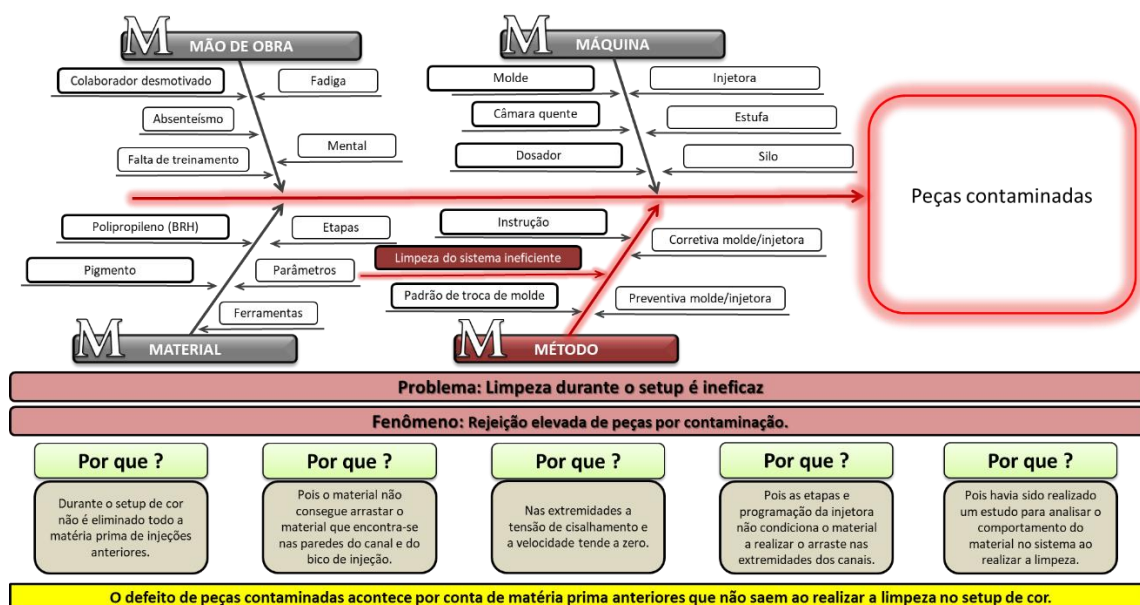


Figura 16: Análise de causas.

Fonte: Próprio autor, 2021.

Foi realizado uma análise no diagrama de Ishikawa e fiz uma análise dos 5 por quês. Observando-se que resolvendo os problemas da máquina, ainda encontramos um problema grave em método. Ou seja, O defeito de peças contaminadas acontece por conta de matéria prima anteriores que não saem ao realizar a limpeza no setup de cor.

#### 4.4 DMAIC: Melhorar

Em uma primeira análise foi decido que seria essencial agir sobre os problemas referentes a máquina que foram vistos na FTA. Onde chega-se a conclusão que a limpeza da garganta do dosador será acrescentado no padrão limpeza e a inspeção da rosca no MPT da máquina injetora.



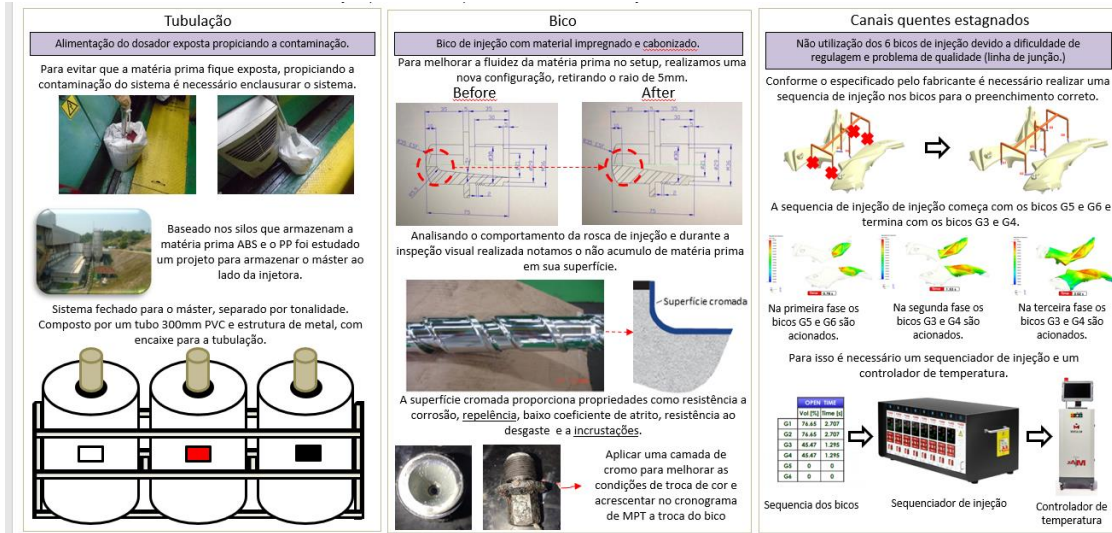


Figura 17: Ações para eliminar as possíveis causas da contaminação verificadas na matriz FTA. Fonte: Próprio autor 2021.

Depois foi visto os problemas referentes a método.

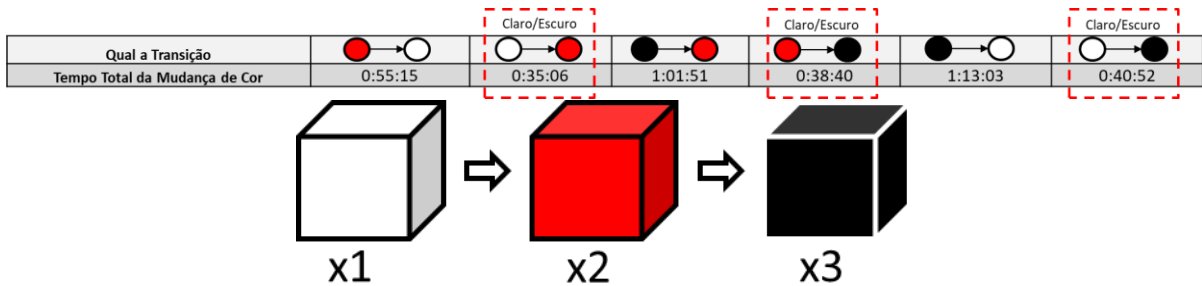


Figura 18: Realizar uma classificação por tons de cores. Fonte: Próprio autor, 2021.

Primeira proposta foi reunido com setor de Programação e controle da produção (PCP) para tenha uma reorganização do plano de produção para que tenha apenas *setups* de claro pra escuro, havendo apenas um setup crítico, mas em qualidade e em *delivery* não entende e ainda essa solução só se aplica a máquina 1300B nas outras não.



Figura 19: Proposta: Utilizar um produto específico para limpeza no setup. Fonte: Próprio autor, 2021.

Na outra opção foi fazer o uso de um agente específico para limpeza, mas não se aplica por conta do custo desse material o purga, visto que foi realizado em média



9 setups ao dia, mas se usado como limpeza pontual pode se aplicar.



Figura 20: Proposta: Utilizar materiais com a viscosidade maior.  
Fonte: Próprio autor 2021.

Outra proposta foi de realizar a utilização de matérias primas diferentes para limpar o sistema, no caso usar *Anti lock Braking System* (ABS) para limpar PP, mas não é viável pois não elimina o problema e cria a contaminação por matéria prima.

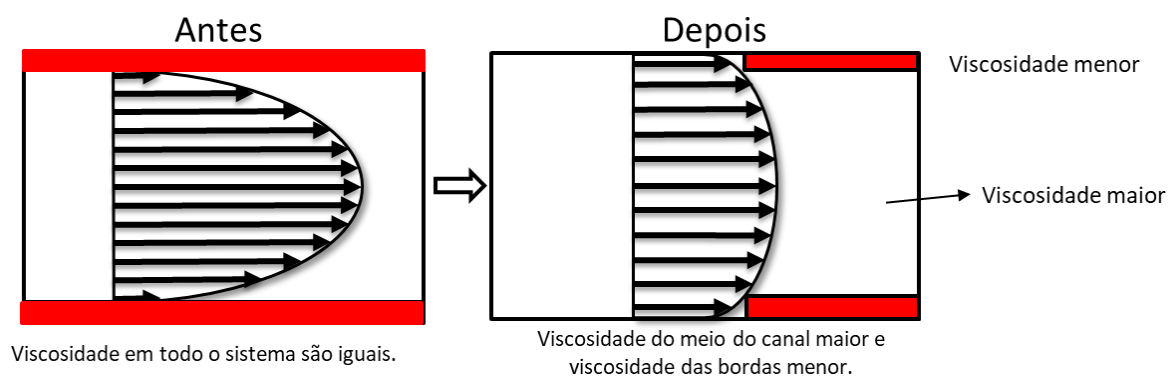


Figura 21: Proposta: Realizar alterações no padrão.  
Fonte: Próprio autor, 2021.

A última proposta sendo esta que foi aplicada, foi mudar a viscosidade do material que está estagnado dentro do sistema. Para isso foi necessário diminuir a temperatura do material que está entrando, ponto ele sem passar pela estufa e diminuindo a temperatura do canhão e aumentar a temperatura da câmara quente, com isso é possível mudar o fluxo e conseguir arrastar esse material que se encontra parado. Tendo uma limpeza eficiente, gastando menos material e tempo e eficaz eliminando a contaminação.

#### 4.5 DMAIC: CONTROLAR

Na fase controlar é evidenciado que para realização da implantar o tema, criando cronograma, realizando ajustes na máquina, fazendo dispositivo fechado para alimentar o pigmento, padrão para limpeza e padrão para limpezas pontuais com



têm seguido um método unificado de melhoria contínua: a combinação do lean e do seis sigma. Essas duas medidas funcionam juntas e os resultados alcançados são sempre melhores do que aqueles obtidos quando usados isoladamente. O Lean tem uma abordagem mais rápida e trabalha resolvendo os tipos mais diretos de problemas de fluxo e velocidade, o que permite ver os tipos de desafios que requerem um uso mais profundo de ferramentas estatísticas, típicas do seis sigma.

Segundo Rocha e Galende (2014) e Oliveira e Araújo (2013) ressaltaram que para concretizar os benefícios do programa *Lean Six Sigma*, além da liderança do gestor, são necessários investimentos de curto, médio e longo prazos. Por outro lado, os retornos desses investimentos aparecem no curto e no longo prazo. Enfatizaram também que todo trabalho deve especificar o conteúdo, a sequência, o andamento e os resultados, pois uma padronização rígida pode tornar os erros imediatamente visíveis, o contato entre os funcionários é unificado e direto e a linha de montagem de cada produto ou serviço é simples e direta; e, quaisquer melhorias feitas são realizadas de acordo com o método científico do programa.

No entendimento de Kuniyoshi (2006) e Zimmermann *et al.* (2020) o Seis Sigma fornece uma visão estruturada da solução de problemas, com foco nos clientes. Não há essa ênfase nos recursos da manufatura enxuta. Na manufatura enxuta, geralmente vai diretamente da definição do problema à melhoria. Por outro lado, a manufatura enxuta fornece ferramentas para aumentar a velocidade do processo e, a esse respeito, o Seis Sigma está mais limitado a melhorar a qualidade.

Em conformidade com Endler *et al.* (2016) e Forte (2017) diz que o LSS é descrito como um método de melhoria contínua projetado para reduzir o desperdício e melhorar o desempenho do processo, aumentando assim a satisfação dos clientes e acionistas. Também pode ser considerada uma estratégia de negócios. De certo modo, todos na empresa, em diferentes níveis de profundidade do projeto, têm a responsabilidade de compreender e implementar seus conceitos e métodos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho possibilitou uma análise sobre aplicar a metodologia Lean Six Sigma para solucionar um problema de troca de matéria prima no parque no parque de injeção de plásticos de uma indústria do polo industrial de Manaus. Dessa forma, o princípio da manufatura enxuta é simplificar a produção tanto quanto possível, enquanto promove a melhoria contínua do processo. Isso não afetará a qualidade do produto, nem promoverá a melhoria dos recursos. O resultado final de é um processo enxuto em que os materiais certos são usados na quantidade certa, no lugar certo e na hora certa para minimizar o desperdício. Por outro lado, o 6 Sigma é uma metodologia desenvolvida que preconiza o uso de estatísticas e ferramentas de qualidade para buscar continuamente reduzir o nível de defeitos no processo produtivo.

O principal objetivo é reduzir a variabilidade do processo, ou seja, dadas as especificações, todos os produtos devem estar dentro da faixa aceitável do cliente. Qualquer produto que exceda esses limites será perdido ou retrabalhado. Para este propósito, a bem conhecida sequência lógica de atividades DMAIC é usada.

Combinando esses dois métodos e usando a metodologia Lean Six Sigma, a empresa pode aproveitar as melhorias de seus processos. Ao implementar essas ferramentas de forma inteligente, você pode reduzir as alterações no produto e, ao mesmo tempo, reduzir o desperdício. A vantagem de usar o método Lean Six Sigma em vez de usar esses dois métodos sozinhos é que um plano de ação integrado e mais inteligente pode ser concluído para otimizar o fluxo de trabalho e o controle da produção. Por exemplo, você pode incluir o monitoramento do desvio padrão e certos tipos de resíduos no mesmo processo, economizando recursos.

Além das variáveis buscadas pela pesquisa, também se constatou que para que o plano produza os benefícios e resultados esperados, a estrutura do LSS deve estar totalmente respaldada pela alta administração e com objetivos claramente definidos e cumprimento de metas, conforme o esperado na literatura. Isso porque o plano exige muita disciplina e alto nível de gestão da mudança, além do treinamento e participação de todos da organização para minimizar possíveis entraves.

As vantagens do método Lean Six Sigma advêm das características positivas da Manufatura Enxuta e do método Six Sigma, ou seja, a utilização de uma ampla gama de ferramentas de melhoria. Com isso, podemos resolver de forma flexível

problemas de diferentes naturezas para diferentes tipos de empresas, escolher a ferramenta mais adequada para lidar com os problemas específicos da empresa e resolvê-los de forma mais eficaz.

Para trabalhos futuros é indicado a realização de uma a revisão lateral nas injetoras que injetam polipropileno. Onde pode ser trabalhado no fluxo de movimentação de carros da célula de embalagem para o estoque e posteriormente para a alimentação na pintura, para termos um controle das peças produzidas. No qual pode ser laborado no setup de molde para reduzir o tempo e aumentar a produtividade da injeção plástica.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Dagoberto Alves de et al. Gestão do Conhecimento na análise de falhas: mapeamento de falhas através de sistema de informação. **Production**, v. 16, p. 171-188, 2006.

ALVES, João Murta. O sistema Just in Time reduz os custos do processo produtivo. **In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 1995.

ALVES, Raphaelly Antunes; PAULISTA, Paulo Henrique. Proposta de ensaios experimentais para aplicação das ferramentas da qualidade. **Revista Científica da FEPI-Revista CientíficaUniversitas**, 2015

ANDRADE, Darly Fernando et al. **Seis Sigma Coletânea de Artigos volume 1** – Belo Horizonte (MG) : Poisson, 2017.

ANDRIETTA, João Marcos; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão & Produção**, v. 14, p. 203-219, 2007.

ANICETO, Generthon Silva; SIQUEIRA, Carlos Marcelo. A importância do sistema Toyota de produção para o desenvolvimento de empresas de seguimentos diversos. **In: Simpósio de Engenharia de Produção**. 2016.

BAKER, Bill. Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality With Lean Speed. **Quality Progress**, v. 36, n. 10, p. 96, 2003.

BARBOSA, Fabio Alves et al. Proposição de um modelo para aprimoramento do sistema de gestão da qualidade. **Sistemas & Gestão**, v. 14, n. 4, p. 435-447, 2019.

BARBOSA, Mikaele Da Silva.; MANTILLA, Angélica Maria Buitrago Acosta.; MOTTA, Edwin Bastos Sodré da.; ROBERTO, José Carlos Alves. Proposta de melhorias nos processos operacionais na gestão de compras: estudo de caso na empresa Fênix Import – Assistência Técnica. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. V.05, pp. 05-27. 2021.

BASTOS, André Luis Almeida et al. Dificuldades na implementação do lean manufacturing nas empresas do setor têxtil de Santa Catarina. **Revista Produção Industrial e Serviços**, v. 4, n. 1, p. 01-12, 2017.

BATISTA, Edrei Euripedes Canevaroli et al. Benefícios da Implantação do Seis Sigma

como Ferramenta para Redução de Custos. **Janus**, v. 13, n. 23, 2016

BENDELL, Tony. A review and comparison of six sigma and the lean organisations. **The TQM Magazine**, v. 18, n. 3, p. 255-262, 2006.

BERTANI, Thiago Moreno. **Lean Healthcare**: Recomendações para implantações dos conceitos de produção enxuta em ambientes hospitalares. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BREYFOGLE, Forrest W. **Six Sigma**: smarter solutions using statistical methods. 2. ed. Austin: Wiley, 2003.

CAMPOS, Cesar Augusto; RODRIGUES, Marcos; OLIVEIRA, Rodrigo Sacarto. Lean manufacturing: produção enxuta. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 10, p. 18-18, 2016.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro et al. **Gestão da qualidade**. EDa Atlas SA, 2012.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade**. Grupo Gen-Atlas, 2016.

CHAVES, Silvana; CAMPELLO, Mauro. A qualidade e a evolução das normas série ISO 9000. **Gestão pela Qualidade**, v.3, p.19, 2016.

CHIMINELLI, Cristiano; PEREIRA, Ricardo; HATAKEYAMA, Kazuo. Implementação de melhorias no setor têxtil empregando a Metodologia Lean Manufacturing e simulação no software Flexim. **Revista Espacios**, v. 38, n. 19, p. 36, 2017.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações**: Manufatura e serviços, uma abordagem estratégica. 3 ed. São Paula: Atlas, 2012

COSTA, R. et al. A gestão da competitividade industrial por meio da aplicação dos métodos UP e multicritério no setor frigorífico de bovinos. *Ingeniare*. **Revista chilena de ingeniería**, v. 23, n. 3, p. 383-394, 2015.

COUTINHO, Thiago. **Lean Manufacturing: o que é e como funciona?**. Disponível em: < <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/lean-manufacturing> > Acesso em 25 de Março de 2021.

CRUZ, James. et al. A utilização do sistema de produção enxuta como estratégia para se alcançar a vantagem competitiva. **Revista Científica do Unisalesiano**. São Paulo,

ano 7, n.14, 2016

CUNHA, Claudio Roberto Cavalcanti; PEREIRA, Vitor L. Paiva. Aplicabilidade da Metodologia Six Sigma em Projetos na Indústria. **Gestão e Gerenciamento**, v. 11, n. 11, p. 41-51, 2020.

DOMINGUES, Liliana Cristina Ferreira et al. **Análise comparativa do uso de tecnologias de fabrico rápido no processo produtivo de elementos moldantes para moldes de injeção de plásticos**. 2015. Tese (Doutorado m Engenharia Mecânica) Instituto Politécnico de Leiria 2015.

ENDLER, Kellen Dayelle et al. Lean seis sigma: uma contribuição bibliométrica dos últimos 15 anos. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 2, p. 575-605, 2016.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. São Paulo: Saraiva, 2001.

FERNANDES, Hermilio Carneiro Vilarinho. **Lean six sigma**: estudo do potencial de implantação na xerox – unidade industrial nordeste. Dissertação (Mestrado Administração) Universidade Federal da Bahia, 2005.

FERNANDES, Priscila de Mello Puglia; RAMOS, Alberto W. Considerações sobre a integração do Lean Thinking com o Seis Sigma. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 26, p. 1-7, 2006.

FERREIRA, Glória Marina Larangeiro da Costa. **Otimização de Processos Analíticos no âmbito da Indústria Farmacêutica com abordagem às Metodologias Lean Seis-Sigma de Gestão da Melhoria Contínua**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.

FORTE, Gilmara dos Santos. **Melhoria de produtividade em uma linha branca do PIM com aplicação do Lean Manufacturing**: estudo de caso. 2017. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

GALDAMEZ, Edwin V. Cardoza; CARPINETTI, Luiz C. Ribeiro. **Aplicação das técnicas de planejamento e análise de experimentos no processo de injeção plástica**. **Gestão & Produção**, v. 11, p. 121-134, 2004.

GEORGE, Michael L. **Lean Six Sigma**: combining Six Sigma Quality with Lean speed. New York: McGraw-Hill, 2002

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas,



2002.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, Leonardo de Carvalho; NETO, Francisco José. Métodos colaborativos na gestão de cadeias de suprimentos: desafios de implementação. **Revista de administração de empresas**, v. 55, n. 5, p. 563-577, 2015.

GUARNIERI, Patrícia. et al. **Sistema de custo Kaizen**. Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, v. 2, 2008.

HA, SiewMun. Continuous processes can be lean. **Manufacturing Engineering**, v. 138, n. 6, p. 103, 2007.

HARADA, Júlio; WIEBECK, Hélio. **Plásticos de Engenharia-Tecnologia e Aplicações**. São Paulo, SP: Ed. Artliber Ltda, 2005.

HARRINGTON, HJames. **Performace Improvent**: a total pacir-quality cart system. Volume 11. The tom Magazine, 1999. p.221, MCB University Press Ltda.

HEMAIS, Carlos A. **Polímeros e a indústria automobilística**. Polímeros, v. 13, p. 107-114, 2003.

HUTCHINS D. Introducing TPM. **Manufacturing Engineer**. v. XX, p. 34-36, 1998.

JUNIOR, Agliberto Alves Cierco Isnard Marshall. **Gestão da qualidade**. Editora FGV, 2015.

KUNIYOSHI, Douglas Shiguelo. **Implementação da Metodologia Lean Seis Sigma em uma empresa do setor têxtil**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia) à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

LAKATOS, Eva Maria.; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003.

LOBO, Renato Nogueirol. **Gestão da qualidade**. Saraiva Educação SA, 2019.

LUCINDA, Marcos Antônio. **Qualidade: fundamentos e práticas para curso de graduação**. 3 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

MARSHALL JUNIOR, Agliberto Alves Ciercolsnard. **Gestão da qualidade**. Editora FGV, 2015.

MARTINS, Gilberto de Andrade. **Manual para elaboração de monografias e dissertações**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1994.

MCKONE, Kathleen E.; SCHROEDER, Roger G.; CUA, Kristy O. The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. **Journal of operations management**, v. 19, n. 1, p. 39-58, 2001.

MONTGOMERY, Douglas C. A Modern framework for achievement Enterprise excellence. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 1, p. 56-65, 2010.

MORAES, Paulo Henrique de Almeida. Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística. Taubaté: UNITAU, 2004.

MORAES, Ricardo Ferraz; SILVA, Carlos Eduardo Sanches; TURRIONI, João Batista. Filosofia Kaizen aplicada em uma indústria automobilística. **X SIMPEP-Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, 2003.

MOTTA, Rodrigo Guimarães; CORÁ, Maria Amélia Jundurian. Uma crítica ao discurso da gestão da qualidade total, a partir do pensamento de Maurício Tragtenberg. **Revista Brasileira de Estudos Organizacionais–v**, v. 6, n. 2, p. 352-379, 2019.

MOTTA, Rodrigo Guimarães; LACERDA, Leandro Pereira de; SANTOS, Neusa Maria Bastos Fernandes dos. Estudo de caso com as motivações, o método de implementação e o impacto do programa de gestão da qualidade total em vendas em uma indústria brasileira de bens de consumo não duráveis. **Gestão & Planejamento-G&P**, v. 10, 2018.

NETO, João Batista M. Ribeiro; TAVARES, José da Cunha; HOFFMANN, Silvana Carvalho. **Sistemas de gestão integrados**: qualidade, meio ambiente, responsabilidade social, segurança e saúde no trabalho. Editora Senac São Paulo, 2019

NETTO, Wady Abrahão Cury. **A importância e a aplicabilidade da manutenção produtiva total (TPM) nas indústrias**. Juiz de Fora, 2008.

NOGUEIRA, Marcela Oliveira; DAMASCENO, Mauro Lúcio Valle. Importância do sistema de gestão da qualidade para indústria de alimentos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 84-93, 2016

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção** – além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OLIVEIRA, Ricardo Rezende de; ARAÚJO, Riberto de Barros. Otimizando os processos logísticos pela implantação do otif com lean seis sigma. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 5, n. 4, p. 235-240, 2013.

ORIBE, Claudemir Y. **Diagrama de Árvore**: a ferramenta para os tempos atuais. Banas Qualidade, São Paulo: Editora EPSE, ano XIII, n. 142, p. 78-82, 2004.

PEREZ, Valéria Vasconcelos; DIACENCO, Adriana Amaro; PAULISTA, Paulo Henrique. Análise das sete ferramentas estatísticas da qualidade utilizadas nos sistemas produtivos. **Revista Univap, São José dos Campos**, v. 22, n. 40, p. 1-6, 2016.

PERGHER, Isaac et al. Discussão teórica sobre o conceito de perdas do Sistema Toyota de Produção: inserindo a lógica do ganho da Teoria das Restrições. **Gestão & Produção**, v. 18, p. 673-686, 2011.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social**: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROCHA, Tiago Galdino; GALENDE, Sharize Betoni. A importância do controle de qualidade na indústria farmacêutica. **Revista Uningá Review**, v. 20, n. 2, 2014.

SILVA, Guilherme Schumacher da; GOMES, Matheus Silveira Galvão; OLIVEIRA, Alexandre Silva de. Aplicação do diagrama de Ishikawa para determinação das causas do tempo excessivo de fila no restaurante universitário. **Produção em Foco**, v. 8, n. 1, 2018

SILVA, Luana Carla et al. Implementação da metodologia Seis Sigma para melhoria de processos utilizando o ciclo DMAIC: um estudo de caso em uma indústria automotiva. **Exacta**, v. 15, n. 2, p. 222-232, 2017.

SILVA, Marcos Meurer et al. aplicação da metodologia seis sigma para melhoria continua da qualidade em uma indústria alimentícia. **Producao Online**, v. 20, n. 2, p. 546-575, 2020.

SOCCONINI, Luis. **Lean Manufacturing**. Paso a paso. MARGE BOOKS, 2019

SOUSA, Saymon Ricardo Oliveira et al. A importância da ferramenta PDCA no processo industrial portuário: estudo de caso em um carregador de navios. **Exacta**, v.

15, n. 1, p. 111-123, 2017

TAKEMOTO, K. Koiti; LOOS, Mauricio Johnny. Melhorias no processo de recebimento de produtos acabados em uma empresa têxtil utilizando o método dmaic. **Journal of Lean Systems (JoLS)**, v. 3, n. 4, p. 38-63, 2018.

TEIXEIRA, Edson Sidnei Maciel; TEXEIRA, Maicon Adilson. Estudo da Construção de uma Árvore de Análise de Falhas aplicada em um Equipamento de uma Empresa de Assistência Técnica. **IN: III Congresso Brasileiro De Engenharia De Produção, Ponta Grossa, PR, Brasil, 04 a 06 de dezembro de 2013.**

TODESCAT, Marilda et al. A utilização de indicadores de responsabilidade social para caracterização de aglomerados produtivos. **Revista de Administração FACES Journal**, v. 12, n. 4, p. 67-83, 2013.

VENANZI, Délvio; LAPORTA, Bruna Pires. Lean six sigma. **South American Development Society Journal**, v. 1, n. 2, p. 66-84, 2017.

VOLPATO, Néri. **Protopatipagem rápida**. Ed. Blutchter. 2007.

WERKEMA, Cristina. **Criando a cultura Lean Seis Sigma. 3ª edição**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Volume 1. Nova Lima, MG: Werkema Editora, 2004.

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

WERKEMA, Cristina. **Perguntas e Respostas sobre o Seis Sigma: Série Seis Sigma V.6**. Belo Horizonte: Editora Werkema. 2008.

ZIMMERMANN, Guilherme dos Santos et al. **Aplicação da metodologia Lean Seis Sigma nos cenários de assistência à saúde: revisão integrativa**. Revista Brasileira de Enfermagem, v. 73, 2020.