



**Guilherme Zanella Ferrari**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN DESIGN* PARA OTIMIZAÇÃO DE  
PRODUTOS**

Horizontina - RS

2019

**Guilherme Zanella Ferrari**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN DESIGN* PARA OTIMIZAÇÃO DE  
PRODUTOS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Sirnei César Kach, Me.

Horizontina - RS

2019

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

"Aplicação da metodologia *lean design* para otimização de produtos"

Elaborada por:

Guilherme Zanella Ferrari

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 27/11/2019  
Pela Comissão Examinadora

---



Mestre. Sínei César Kach

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

---



Mestre. Francine Centenaro  
FAHOR – Faculdade Horizontina

---



Mestre. Eliane Garlet  
FAHOR – Faculdade Horizontina

## Dedicatória

A meus pais e familiares, por acreditarem no meu potencial, e por serem a base de minha educação e personalidade. A minha namorada, pelo companheirismo e apoio. Aos meus amigos, pela parceria e palavras de empoderamento e motivação ao longo dos anos de minha graduação.

## AGRADECIMENTO

A Deus primeiramente, por me dar forças para enfrentar as adversidades durante essa caminhada. Ao meus pais, que não mediram esforços para que esse sonho de concretizasse. A minha namorada pelo apoio e companhia de todas as horas e pelo incentivo. A minha irmã pelo auxílio nas horas que foram necessárias. Ao professor e orientador Me. Sirnei César Kach, pela paciência e dedicação ao longo do desenvolvimento do trabalho e por não ter medido esforços para a realização deste. Aos colegas que de alguma forma, contribuíram para a concretização deste estudo.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”  
(Theodore Roosevelt)

## RESUMO

Em tempos de crise econômica ou mesmo fora dela, diminuir os gastos e excessos de uma empresa se torna necessário. Assim, é importante ter em mente estratégias para minimizar os desperdícios e fazer com que haja agregação de valor aos produtos por meio dos processos. Baseado nessas ponderações se estrutura o Trabalho Final de Curso (TFC), que busca apresentar as vantagens da utilização da metodologia *lean design*, ampliando o domínio da técnica por meio de um objeto de estudo, atuando diretamente no desenvolvimento do projeto de produto. Nesse contexto, o projeto de pesquisa direcionou-se no desenvolvimento enxuto de um distribuidor de adubo sólido, visando a otimização da mão de obra e matéria-prima empregadas no produto e um aumento de produtividade durante a manufatura. Embasando-se nas problemáticas de produtividade, funcionalidade e ergonomia do modelo anterior, houve empenho em desenvolver um novo modelo aplicando os conceitos para tornar enxuto desde o projeto gerando resultados relevantes ao mesmo. Após isso, foi fabricado o protótipo do item em estudo, sendo realizadas análises durante o procedimento através de filmagens e cronometragens para comparação entre os dois modelos posteriormente. Detalhamento de vantagens em relação ao produto e processo constituem uma metodologia de pesquisa, já que o trabalho está focado em análise de cenário e interferência no projeto atual otimizando-o com novo produto. Conclui-se, então, que o projeto o qual utilizou a metodologia *lean design* teve resultados melhores ao modelo antigo, comprovando a eficiência do proposto como tema da pesquisa.

**Palavras-chave:** *Lean.Design*; Processos; Competitividade.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Pilares Sistema Toyota de Produção .....	17
Figura 2 - Esquema engenharia simultânea.....	19
Figura 3 - Convergência teórica .....	21
Figura 4 - Uma Visão Sistêmica Lean Design .....	23
Figura 5 - Sequência de Execução de um Mapeamento de Fluxo de Valor.....	26
Figura 6 - Oito desperdícios .....	27
Figura 7 - Cálculo de indicador OEE .....	29
Figura 8 - Modelo de produção empurrada .....	31
Figura 9 - Modelo de produção puxada.....	32
Figura 10 - Gargalo de produção .....	36
Figura 11 - Etapas para Implementação da Gestão Visual .....	37
Figura 12 - Diagrama Ishikawa.....	39
Figura 13 - Sete perguntas 5W2H.....	40
Figura 14 - Fases DFMEA.....	41
Figura 15 - Ciclo PDCA .....	43
Figura 16 - Materiais e equipamentos utilizados .....	48
Figura 17 - Delineamento de pesquisa.....	49
Figura 18 - Comparação de Tempo de Solda Arco Superior .....	50
Figura 19 - Comparação Arcos .....	51
Figura 20 - Tempo Processo de Soldagem Do Chassi. ....	52
Figura 21 - Tempo de Fixação Das Caixas de Transmissão.....	53
Figura 22 - Tempo de Montagem Disco .....	54
Figura 23 - Tempo Montagem Chapa Base .....	55
Figura 24 - Tempo Montagem Mexedor .....	56
Figura 25 - Tempo Montagem Funil .....	57
Figura 26 - Fixações Superiores Funil Projeto Antigo .....	58
Figura 27 - Fixações Inferiores Projeto Antigo .....	58
Figura 28 - Calço para Posicionamento do Prato para Furação.....	59
Figura 29 - Fixações Funil Projeto Lean.....	60
Figura 30 - Comparação de Tempo de Montagem Chapa Defletora.....	61
Figura 31 - Comparação do Tempo Total de Processamento.....	62
Figura 32 - Tempo Total de Montagem .....	63

## LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*  
TOC – *Theory of Constrains*  
TPS – *Toyota Production System*  
JIT – *Just in time*  
PMBOK - *Project Management Body of Knowledge*  
LT - *Lean thinking*  
DT - *Design thinking*  
PPAP - *Production part approval process*  
VSM - *Value Stream Mapping*  
MRP - *Material Requirement Planning*  
ERP - *Enterprise Resource Planning*  
DFMEA - *Design Failure Modes and Effects Analysis*  
CAD – *Computer Aided Design*  
TFC – *Trabalho final de Curso*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	TEMA	12
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.4	HIPÓTESES	14
1.5	JUSTIFICATIVA	14
1.6	OBJETIVOS	15
1.6.1	Objetivo Geral	15
1.6.2	Objetivos Específicos	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>16</b>
2.1	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	16
2.2	Just-in-time	17
2.3	Autonomação (JIDOKA)	17
2.4	ENGENHARIA DE PROCESSO	18
2.5	ENGENHARIA SIMULTÂNEA	18
2.6	LEAN DESIGN	20
2.7	LEAN MANUFACTURING	22
2.8	PMBOK	23
2.9	PPAP	24
2.10	VALUE STREAM MAPPING (VSM)	25
2.10.1	Cronoanálise	26
2.10.2	Identificando os desperdícios	27
2.10.3	Eficiência global	28
2.10.4	Fluxo de produção	29
2.10.5	Nivelamento de produção	30
2.10.6	Balanceamento de produção	30
2.10.7	Produção empurrada	31
2.10.8	Vantagens e desvantagens da produção Empurrada	31
2.10.9	Produção puxada	32
2.10.10	Vantagens e Desvantagens da Produção Puxada	33
2.10.11	Material Requirement Planning (MRP)	34
2.10.11	ERP	34
2.10.12	TOC	35
2.10.13	Gargalos	35
2.10.14	Gestão visual	36
2.10.15	Poka Yoke	37
2.11	FERRAMENTAS DE AUXÍLIO AO MÉTODO LEAN	38
2.11.1	Brainstorming	38
2.11.2	Diagrama de causa e efeito	38
2.11.3	Cinco Porquês	39
2.11.4	5W2H	40
2.11.5	DFMEA	41
2.12	METODOLOGIAS LEAN	42
2.12.1	PDCA	42
2.12.2	Kaizen	43
2.12.3	Seis sigmas	44
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>45</b>
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	45

3.2	TÉCNICAS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	47
3.3	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS .....	48
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	50
4.1	CRONOANÁLISE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO .....	50
4.2	MELHORIAS NA EXECUÇÃO DO <i>LEAN DESIGN</i> .....	63
5	CONSIDERAÇÃO FINAL.....	65
	REFERÊNCIAS.....	67
	APÊNDICE A - ROTEIRO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....	72
	ANEXO A – FLUXO RESUMIDO DE PROCESSOS DO GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	73
	ANEXO B – FLUXO RESUMIDO DE PROCESSOS DO GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	74

# 1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial surgiu na Inglaterra no século XVIII e trouxe consigo importantes transformações. Além da modernização, tinha como principais objetivos o aumento da produtividade e dos lucros, e esses se estabeleceram na sociedade de forma tão profunda que mesmo nos dias atuais continuam sendo algumas das principais preocupações de uma organização. Nesse contexto, o *lean design*, também conhecido como desenvolvimento enxuto, vêm sendo muito procurado pelas empresas, por ter como objetivo principal minimizar ao máximo os desperdícios.

A referida metodologia, é aplicada no período de desenvolvimento do produto, como análise de itens que não agregam valor, por exemplo, super processamento e dimensionamento (excesso de material), processos especiais, movimentação que não atende as normas de ergonomia dos colaboradores. Da mesma forma, tenta minimizar o tempo de produção, trazendo maior produtividade e lucro.

Estruturando-se em pilares como planejamento e o *just-in-time*, o qual tem como princípio a redução de estoques, desperdícios e *lead time*, a produção enxuta se mostra extremamente eficiente e repleta de benefícios.

Visto isso, buscou-se desenvolver um produto, aplicando a metodologia *lean design*, que expusesse as vantagens da aplicação do modelo para uma empresa. Esse estudo foi procedido na São José Industrial, potencializando a produção desse, de forma que foi possível cortar fases de produção, manufaturando em menor tempo e mantendo ou melhorando sua qualidade.

Assim, o objetivo dessa pesquisa é, através da análise de um modelo antigo do mesmo produto, visualizar o desenvolvimento desse, identificando seus excessos (aquilo que não agrega valor), minimizando ao máximo os desperdícios, para logo após, expor seus ganhos, analisados por meio de um estudo feito pelo acadêmico.

Dessa forma, o Trabalho Final de Curso pretende pesquisar, analisar e demonstrar as vantagens da metodologia *lean design*. Para isso, baseia-se em literaturas, cálculos, gráficos e atividades práticas e assim, mesmo que com alguns pontos a melhorar, o TFC seja efetuado com sucesso.

## 1.1 Tema

A pesquisa tem como princípio a aplicação da metodologia *lean design* no desenvolvimento de produtos.

## 1.2 Delimitação do tema

A atuação sobre desenvolvimento de produto, é cada vez mais necessária para garantir eficácia do mesmo e tornar a organização mais competitiva. O processo de construção por vezes falha pela dificuldade de atenção na parte de desenvolvimento. Deixando de verificar demandas importantes de planejamento, testes e simulações que podem minimizar falhas, perdas e dificuldades de desenvolvimento.

Tornar uma organização competitiva, parte da necessidade de otimização dos processos, redução de materiais em seus produtos, ações fundamentais que fazem com que a manipulação dentro do processo seja facilitada, manuseio do produto melhorado por estar mais leve ou com melhor funcionalidade em sua aplicação, e facilitação da operação com questões ergonômicas e praticidade, impactam nos resultados gerando principalmente satisfação do cliente.

No caso deste objeto de estudo para aplicação do conceito *lean design*, observar o desenvolvimento do projeto de produto. Definição de processos e determinação de máquinas, equipamentos, postos e pessoas a serem demandadas são fatores que devem ser previstos já no planejamento e desenvolvimento do mesmo.

Evoluir na construção de um protótipo já prevendo demandas de melhoria é fundamental. Essa confirmação se dá após o protótipo e início da linha de produção. Desta forma, pode-se determinar a implementação de uma produção otimizada e que ainda precisando melhoria continua, já nasce melhor desenhada e com isso minimiza retrabalhos e retoques futuro.

Sendo assim, este trabalho delimita-se na pesquisa bibliográfica a respeito do *lean design*, aplicação dos conceitos no projeto de um novo item, construção do protótipo, testes de campo e validação do mesmo. A implementação do conhecimento adquirido na prática em um produto novo da São José Industrial, sem dúvida serve de laboratório de aprendizado pra toda equipe, pois o conceito de *lean design* passa a ser parte da engenharia em fase de reestruturação.

Após o desenvolvimento do produto estar concluído foi feita uma análise comparando o novo projeto com o produto a ser substituído, mostrando suas vantagens e desvantagens estimadas.

Validando a proposta, os dados são encaminhados para outros projetos e com impacto em processos de manufatura. Já este alinhamento fará parte de outra ação para futura pesquisa ou necessidades que surgirem.

### **1.3 Problema de pesquisa**

O foco das empresas ao longo dos anos vem sendo a otimização de espaço físico, mão de obra, o menor *lead time* possível. Esse relaciona-se ao termo usado para se referir ao tempo que leva do pedido ser feito até o momento em que a empresa recebe o pagamento.

Levando isso em conta, além de outros pontos que são abordados do decorrer deste estudo, tem-se constantemente buscado a diminuição de desperdícios, que seriam superprodução, movimentações desnecessárias, retrabalhos, estoques, espera, entre outros. Esses atrasam a evolução de uma empresa, pois os recursos gastos em tais atividades poderiam ser reinvestidos em outros seguimentos, assim como o tempo empregado seria melhor utilizado.

Ao ser praticada a metodologia no produto, é pensado do início ao fim das etapas de desenvolvimento do produto, para que o período de tempo seja menor e o valor aplicado em matéria prima e mão de obra, da mesma forma, decresça. Sendo assim, é pensado o tipo de material, processo que será utilizado, movimentações de uma etapa a outra, itens a prova de erros, itens terceirizados e comerciais para favorecer que o produto passe em todos os processos necessários, sem perder a qualidade, porém no menor tempo possível.

Com base no exposto e considerando um cenário de reestruturação da engenharia na empresa, que busca por otimizações e necessidade de posicionamento de mercado é possível questionar: Seria o *lean design* a metodologia mais adequada para otimizar produtos, diminuir o *lead time* e perdas na manufatura proporcionando uma diferenciação da empresa envolvida na pesquisa?

## 1.4 Hipóteses

A metodologia *lean design* é, devido a suas ferramentas e bases, a forma mais adequada para reduzir o *lead time* e as perdas de manufaturas e aumentar a produtividade da empresa.

Buscando melhorar fluxo de produção, tornando-o mais barato, rápido, com o mínimo de retrabalhos, pretende-se aplicar o desenvolvimento enxuto que possibilita eliminar desperdícios no nascimento do produto, já pensando na melhor forma de processamento, visando manter as boas práticas de ergonomia e engenharia para os colaboradores, também impactando na forma dos clientes fazerem a manutenção, o que acarreta na maior vida útil do produto.

Dessa forma, sem a metodologia ou, ao menos, alguma de suas ferramentas, as empresas podem ter dificuldades e desperdícios desnecessários, os quais poderiam ser evitados com a utilização da metodologia.

## 1.5 Justificativa

O mercado contemporâneo apoia-se na alta exigência e competitividade. Portanto, faz-se necessário às empresas eliminar todos os excessos. Tendo isso em vista, a aplicação do *lean design* em uma indústria se torna uma alternativa interessante.

Isso se deve em razão de que esse propõe redução de custo interno de fabricação, de modo a obter, conseqüentemente, o aumento da margem de lucro ou até mesmo ter um preço mais competitivo, bem como alcance de um processo mais produtivo e enxuto. Para isso, através de planejamento, intenciona diminuir as perdas de manufatura e tempo, assim como aumentar a produtividade.

Desse modo, justifica-se a realização deste trabalho tendo em vista que, com um bom planejamento, podem ser eliminados desperdícios no nascimento do produto, já pensando na melhor forma de manufatura-lo, já prevendo possíveis interferências e limitações na produção. Assim, será possível diminuir os custos e garantir maior segurança aos contribuidores.

Ao mesmo tempo o presente trabalho estará ampliando os conhecimentos voltados ao *lean design* e ao desenvolvimento de produtos como um todo, tanto do acadêmico que realizou o trabalho, quanto às pessoas que irão lê-lo.

## 1.6 Objetivos

### 1.6.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é mostrar as vantagens da metodologia *lean design*, fazendo uma análise crítica no desenvolvimento do projeto de produto. Apresentar um detalhamento para que seja possível eliminar processos, ter o maior aproveitamento da matéria prima e melhora da ergonomia para os colaboradores.

### 1.6.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver o estudo de um projeto com aplicação da metodologia *lean design*;
- Verificar da capacidade instalada pelo sequenciamento das operações definidas no projeto e dados reais de fábrica;
- Desenvolver protótipo;
- Testar e validar o produto.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Sistema toyota de produção

Segundo Ohno (1997) o STP (Sistema Toyota de Produção) deu início a um novo modelo de trabalho, adotado por muitas empresas, que buscam enxugar seus processos. Este sistema de produção fez com que a empresa sobrevivesse em meio a uma grave crise que causou a falência de muitas indústrias. A crise do petróleo em 1973, afetou o mundo inteiro. Assim a *Toyota Motor Company*, mesmo que os lucros tenham diminuído, aumento nos ganhos que outras empresas em anos futuro, isso fez com que todas empresas se voltassem para ela e se perguntassem o que ela estaria fazendo para superar todas dificuldades (OHNO, 1997).

O sistema Toyota de produção permaneceu por anos coberto pelos bons resultados que de maneira geral as empresas vinham tendo. Porém, com o início da crise, os resultados positivos foram diminuídos consideravelmente, fazendo com que os olhos de todo o mundo se voltassem para o Japão (OHNO, 1997).

No entanto, os japoneses também aprendiam muito com os americanos, conforme Ohno (1997), novamente, os Estados Unidos têm técnicas excelentes de gerenciamento tais como controle de qualidade (CQ) e controle de qualidade total (CQT), e métodos de engenharia industrial (EI).

Segundo Votto (2012) após a 2ª guerra em meados de 1945 com o Japão derrotado, foi onde a *Toyota* teve um novo começo. Para isso, os japoneses foram atrás de conhecer e aprender os métodos utilizados pelos americanos, identificando quais eram bons ou ruins. A base do sistema Toyota de produção é a absoluta eliminação de desperdício. Podemos ver na Figura 1 os dois pilares necessários a sustentação do sistema são, *just-in-time* e a automação industrial.

Figura 1- Pilares Sistema Toyota de Produção



Fonte: Adaptado de Ribeiro, 2011

De acordo com Ghinato (2000), o sistema consiste em atender melhor o cliente, fornecendo produtos e serviços de alta qualidade, ao mais baixo custo e menor *lead time* possível.

## 2.2 Just-in-time

O sistema JIT (*Just In Time*) segundo Vidossich (1999) é um termo da língua inglesa que significa “no momento preciso, no momento exato”. O sistema JIT é considerado uma metodologia de gerenciamento de produção, criada pela *Toyota Motor Company*.

De acordo com Alves (1995) JIT tem como princípio reduzir ou eliminar funções e sistemas desnecessários ao processo global da manufatura, eliminando processos de inspeção, retrabalhos, estoque, etc.

## 2.3 Automação (JIDOKA)

Automação em muitos casos acaba sendo confundido com a automação normal. Segundo Ohno (1997) automação ou também conhecida como automação com um toque humano, não pode ser confundida com uma automação comum. A automação comum tem um ponto muito vulnerável, caso algum fragmento se soltar no interior da máquina pode danificá-la. As matrizes ou encaixes quebram, por exemplo. Quando isso acontece em uma máquina de produção em massa, milhares de peças irão sair defeituosas e não será possível evitar.

Conforme Ohno (1997) é em função disto que a Toyota dedica tanta importância para à autonomia. As máquinas são capazes de detectar alguma anomalia e simplesmente se desativar. Esta tecnologia surgiu por Toyoda Sakichi, fundador da *Toyota Motor Company*. A ideia nasceu em uma máquina de tecer. O equipamento conseguiu instantaneamente identificar se um dos fios da urdidura ou da trama se rompesse e o equipamento se desativava autonomamente (OHNO, 1997).

## **2.4 Engenharia de processo**

Segundo Santos (2002) a engenharia de processos é considerada como uma arquitetura para análise, conhecimento e melhoria dos processos dentro e entre organizações. Complementam este contexto os objetivos citados por Santos (2002) *apud* Grover e Kettinger (2000) como o entendimento da forma de trabalho, o conhecimento sobre os processos, realização de simulações, análise de indicadores entre outros.

Segundo Perlingeiro (2005) o uso da engenharia de processos no desenvolvimento de produtos, agregou maior rapidez, maior segurança e menor custo aos produtos. Tornando-os mais competitivos. A engenharia que envolve o projeto integrado surge como um problema único. O próximo passo é decompô-lo em várias etapas seguindo uma ordem lógica e utilizando de ferramentas no processo de delimitação da estrutura (PERLINGEIRO, 2005).

Ainda citando Perlingeiro (2005) a engenharia de processos é o ramo que atua sob diversas áreas como matemática, química, física e outros. Busca por meio destas áreas, representar estes fenômenos através de modelos, desenvolvendo ou aperfeiçoando processos, sempre de forma economicamente viável.

## **2.5 Engenharia simultânea**

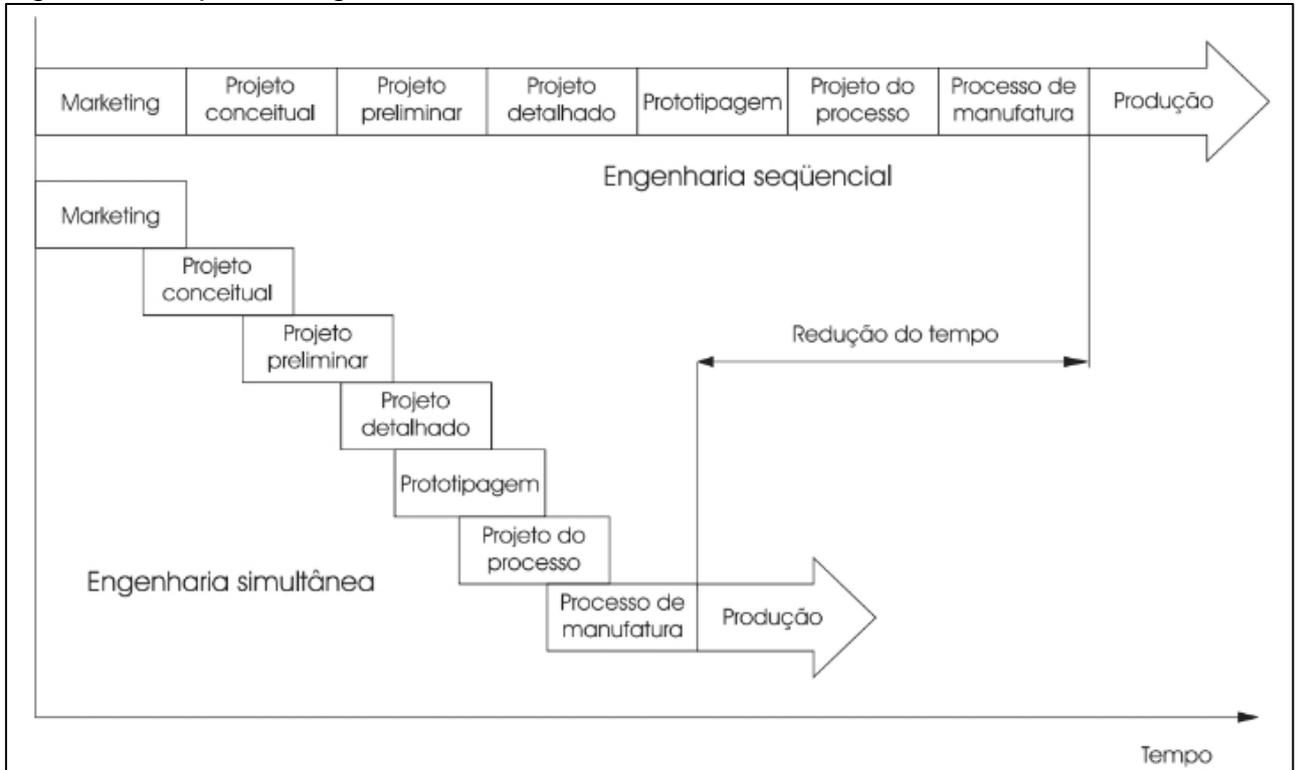
Segundo Back et al (2008) a engenharia simultânea consiste na criação de uma equipe multifuncional no projeto de engenharia, a fim de desenvolver produtos que agregam dentro das suas características, todos elementos do ciclo de vida de um produto em menor espaço de tempo. A Figura 2 apresenta a

redução do tempo em um projeto de engenharia com o uso da engenharia simultânea em relação a engenharia sequencial.

De acordo com Romano (2003) a engenharia simultânea colabora para o aumento das competências de uma empresa, gerando assim maior competitividade de mercado. O *design* de novos produtos parte de um esboço do item, após isso parte-se para um modelo final de ideia do projeto, que deve levar em conta diversos fatores como custos, competitividade entre outros. Portanto torna-se importante manter um pensamento *lean* diretamente no desenvolvimento de um novo produto.

A engenharia simultânea, como o próprio nome sugere, possibilita o tratamento simultâneo de restrições de projeto e manufatura, levando em consideração características que tornam o produto mais competitivo, como custo, qualidade e funcionalidade, além de reduzir em um tempo considerável a fase de desenvolvimento do produto já que a abordagem destas questões se dá de forma conjunta como podemos ver na Figura 2 (BACK et al, 2008).

Figura 2 - Esquema engenharia simultânea



Fonte: Adaptado de Back et al, 2008.

Carter e Baker (1992) apontam que Engenharia Simultânea é uma aplicação sistemática de integração do desenvolvimento do produto. Sua intenção

é integrar o desenvolvimento, desde o princípio, de todos os elementos do ciclo de vida de um produto.

Ainda segundo Back et al (2008) o sucesso da implantação da engenharia simultânea, não é garantido, visto que se trata de uma problemática da alta gerência em reunir esta equipe multidisciplinar e motivá-los a atuar de forma conjunta com um objetivo final. O que torna uma equipe de engenharia simultânea de sucesso não é o fato de todos atuarem no mesmo projeto, mas sim, de pessoas que tenham o mesmo objetivo em comum e que saibam que somente com a participação e comprometimento de todos, os resultados serão alcançados. (BACK et al, 2008).

## **2.6 Lean design**

O desenvolvimento de um projeto aborda questões pertinentes a todas as etapas posteriores, devendo se levar em conta informações referentes a compra de materiais, processo de fabricação, montagem e outros. O uso do *lean design* busca na mesma linha de pensamento inserir informações sobre o método de construção, possibilitando o sequenciamento das atividades de forma otimizada (FIALHO et al, 2015).

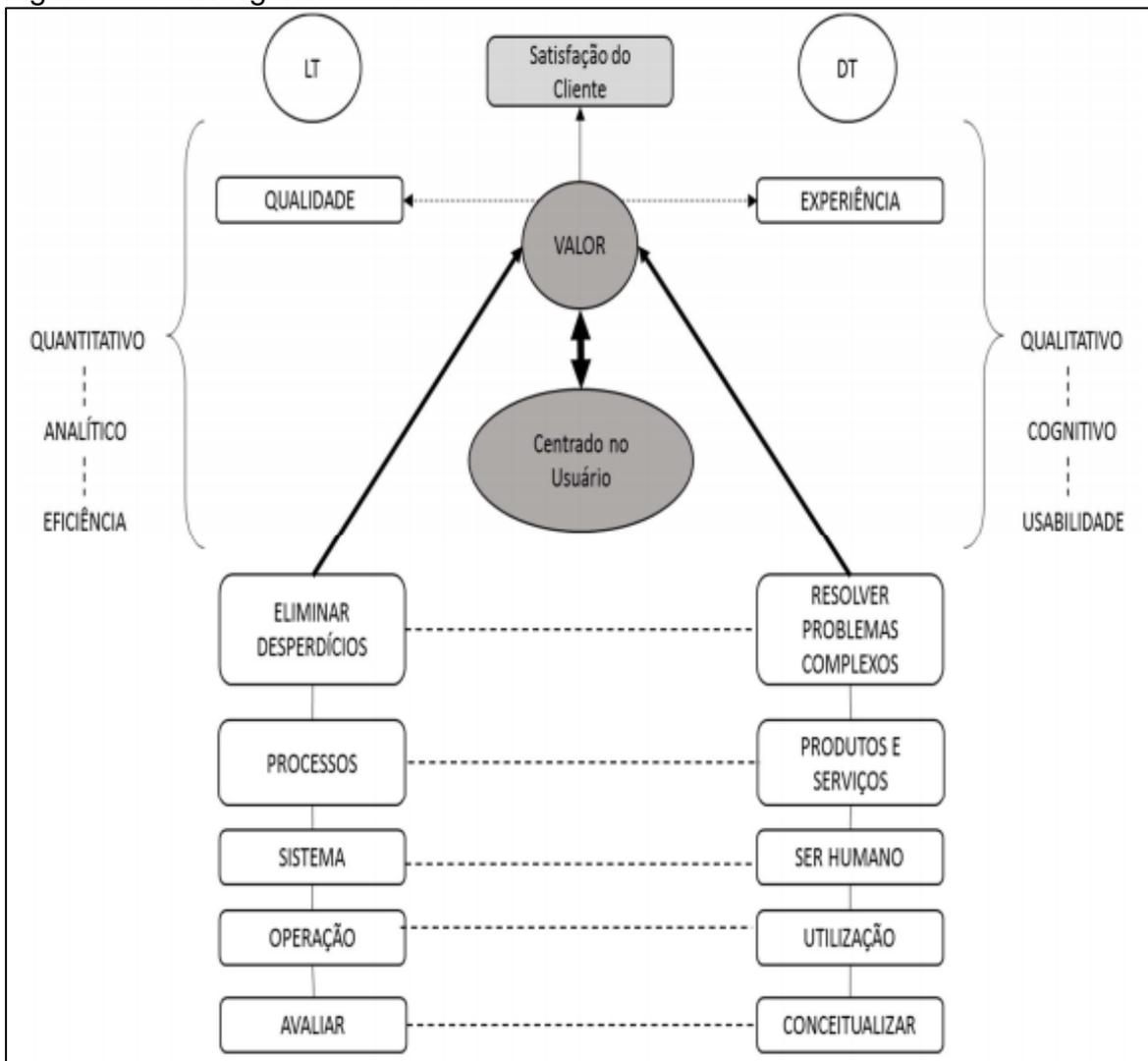
Segundo Odorczyk (2018), o Desenvolvimento enxuto é considerado uma filosofia de gestão que se destaca por possibilitar um pensamento mais estratégico no desenvolvimento de produtos e serviços tornando assim empresas mais inovadoras e competitivas, além de possuir uma visão de agregação de valor ao cliente final.

Fialho et al (2015) diz que esta é considerada uma metodologia de desenvolvimento de produtos baseada no pensamento enxuto, buscando desenvolver com uma série de requisitos, restrições e regras legais. Para Fialho et al (2015) o uso desta metodologia na maior parte dos casos é tratado sob três perspectivas: a conversão, fluxo e valor. Já Odorczyk (2018) divide o conceito em outras três fases:

- Inspiração;
- Ideação;
- Implementação.

Assim atua-se com a ideia de compreender o assunto abordado, buscar informações e criar a concepção do produto e acompanhá-lo até a entrega ao cliente final. A Figura 3 apresenta uma estruturação da aplicação do *lean design* (ODORCZYK, 2018).

Figura 3 - Convergência teórica



Fonte: Adaptado de ODORCZYK (2018).

Tanto o LT (*lean thinking*) quanto o DT (*design thinking*) buscam melhoria e inovação. Para o LT a inovação é uma consequência da melhoria de processos e para o DT a melhoria em produtos e serviços é uma consequência da inovação (ODORCZYK, 2018).

## **2.7 Lean manufacturing**

O conceito de produção enxuta surgiu através da implementação pela companhia Toyota no século XX, onde buscando o melhor aproveitamento dos recursos e mantendo um pensamento enxuto, a *Toyota Motor Company* desenvolveu este modelo de trabalho (RIBEIRO, 2011)

Segundo Ribeiro (2011) a aplicação da metodologia *lean* parte de uma transformação cultural, onde primeiramente atua-se sobre pessoas, fazendo com que as mesmas se insiram neste conceito aplicando assim no seu trabalho a eliminação de desperdícios.

O *lean manufacturing* atua diretamente sobre desperdícios, portanto deve-se considerar todas as atividades desenvolvidas. Por mais que possa parecer fácil a adoção do sistema de produção enxuto, não é tanto é que a empresa demorou vários anos até ter este conceito concretizado (WERKEMA, 2006).

De acordo com Werkema (2006), o cerne do conceito está ligado à redução dos sete tipos de desperdícios que podem estar presentes em um processo produtivo.

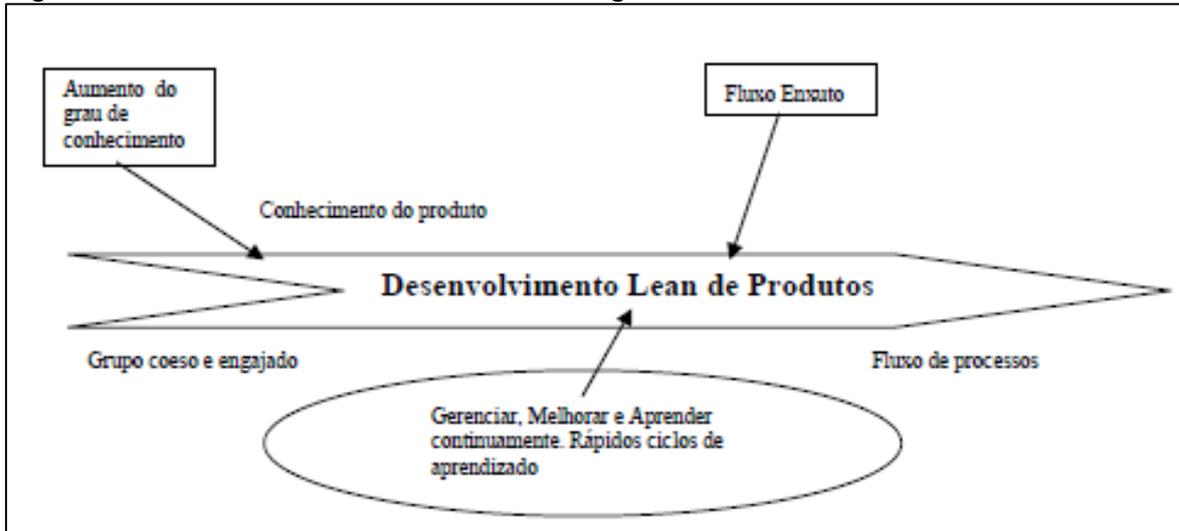
Já para Liker e Meier (2007) os desperdícios mais comuns na indústria são os defeitos:

- Espera;
- Defeito;
- Transporte;
- Movimento desnecessário;
- Geração de estoques;
- Excesso de produção;
- Super processamento;
- Criatividade Perdida.

Entre os benefícios que a adoção e uma eficiente gestão do sistema *lean* está à flexibilidade, a qualidade, ergonomia, segurança e motivação por parte dos empregados. Desta forma há uma diminuição significativa nos custos, necessidade e exigência de trabalho (WERKEMA, 2006).

Na Figura 4, conforme Lovro (2011), pode-se identificar de forma sistêmica como ocorre a aplicação e uso do conceito de *lean design* na engenharia de produto.

Figura 4 - Uma Visão Sistêmica Lean Design



Fonte: Adaptado de LOVRO,(2011)

De acordo com com Lovro (2011) o sucesso japonês deriva do eficiente processo de integração entre o desenho do produto e do processo, incluindo-se também aí a integração com outras áreas funcionais tais como Marketing, Compras, Finanças, Logística, etc

## 2.8 PMBOK

Segundo Oliveira e Chiari (2016) o PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) é uma metodologia que auxilia gestores no gerenciamento de projetos, na tomada de decisões entre outras. O gerenciamento de projetos em muitas empresas é um desafio, pois se trata de uma metodologia que é pouco usada principalmente por pequenas empresas, onde devido a necessidade de lançar um produto no mercado o mais rápido possível, acaba-se atropelando algumas etapas, podendo resultar em um produto que não atenda ao máximo aos requisitos dos clientes.

Grandes projetos resultados de muitos estudos levam como peça chave, um conjunto de habilidades e conhecimentos onde a visão dos gerentes desses projetos era muito importante. Buscando o reconhecimento do trabalho desses e

visando a unificação de uma metodologia, criou-se o PMBOK, uma ferramenta de auxílio no gerenciamento de um projeto (OLIVEIRA E CHIARI, 2016)

Segundo Moraes (2012) o padrão de gerenciamento de projetos trata-se de uma referência usada para o desenvolvimento de um projeto, podendo ele resultar em um produto, serviço ou resultado único.

Ainda conforme Moraes (2012) O gerenciamento de projetos é o emprego de conhecimentos, habilidades, ferramentas a fim de cumprir as suas necessidades, garantindo às organizações desenvolver um projeto de forma eficiente.

De acordo com Moraes (2012) entre os benefícios do uso do gerenciamento de projetos pode-se citar:

- Satisfação de todos envolvidos;
- Cumprimento de prazos;
- Resposta a problemas em tempo hábil;
- Gerenciamento de mudanças;
- Aumento da probabilidade de sucesso;

### **Anexo A - Fluxo resumido de processos do gerenciamento de projetos**

No anexo A segundo Moraes (2012) pode ser observado um fluxo resumido do passo a passo do funcionamento do PMBOK.

## **2.9 PPAP**

O processo de aprovação de peça de produção é um processo de concordância de peças de produção que tem por objetivo definir os requisitos para aprovação de itens à sua fabricação. O PPAP (*Production part approval process*) é aplicável aos fornecedores de peças/componentes que se destinam a produção, para outras empresas. Todos fornecedores de peças por catálogo ou a granel devem implementar o PPAP, a menos que não seja uma exigência prescrita formalmente pelos clientes (LOBO, 2010).

Ainda segundo Lobo (2010) a exigência de fornecedor sujeito ao método de aprovação, deve buscar aprovação nas seguintes situações:

- Produção de componentes, peças ou produtos novos, ou que tenham alguma modificação, como material, cor, etc.
- Correção de uma avaria numa peça anteriormente aprovada.
- Alterações no produto resultado de alterações de engenharia, de especificações ou de materiais.

Entre outros parâmetros, este modelo de auditoria visa garantir:

- O cumprimento dos requisitos do cliente, presentes em documentos, desenhos.
- Determinar a capacidade de um processo produtivo de um fornecedor em produzir um produto seguro respeitando os requisitos de clientes.

A aprovação de peças/produtos deve ser realizada em condições normais de produção, sendo que deve ser monitorado por um período de tempo significativo, compreendendo um intervalo de tempo e uma quantidade de itens pré-definidos. (LOBO, 2010).

## **2.10 Value Stream Mapping (VSM)**

Segundo Basso (2015), *apud* Rother e Shook (2003), O VSM pode ser definido como sendo uma ferramenta de identificação e eliminação de desperdícios visando que as atividades em um fluxo criem valor na visão do cliente. Esta ferramenta consiste em uma representação gráfica do fluxo do processo, garantindo uma otimização no andamento do estado atual e principalmente no futuro.

Complementando por Ribeiro (2011), o mapeamento da cadeia de valor tem como objetivo representar um fluxo do valor global de ações, sendo estas de valor agregado ou não. Este fluxo contempla desde a entrada da matéria prima até a entrega do cliente final.

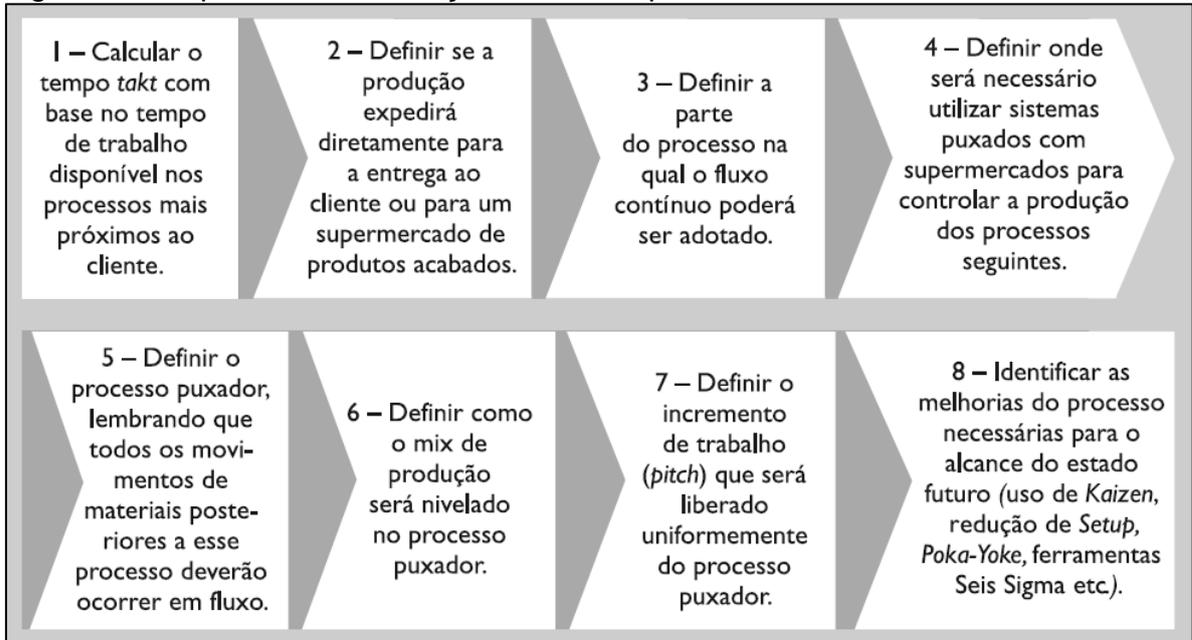
Ribeiro (2011) diz que como objetivos desta ferramenta podem citar:

- Entendimento da cadeia de valor;
- Entender e identificar o fluxo do material;
- Identificar perdas e criar um plano de erradicação;
- Identificar as atividades sem valor agregado;

Segundo Werkema (2006) a elaboração de um VSM, não objetiva a identificação de oportunidades de melhoria isoladas. O principal objetivo do VSM é

o fato de que o mesmo permite uma mudança de foco, migrando de um estágio de melhoria local para um patamar de otimização do sistema que integra o valor global. Na Figura 5 pode-se verificar a Sequência de execução do VSM.

Figura 5 - Sequência de Execução de um Mapeamento de Fluxo de Valor.



Fonte: Werkema (2012)

De acordo com Werkema (2012), diversas vezes algumas melhorias dos processos deverão ser feitas de imediato, buscando viabilizar a introdução do fluxo contínuo ou o nivelamento do mix e do volume de produção.

## **Anexo B –VALUE STREAM MAPPING (VSM), imagem explicativa do VSM.**

### 2.10.1 Cronoanálise

Segundo Junior *et al* (2015) a cronoanálise teve na sua origem a necessidade de estudo de tempos e métodos, a fim de tabular parâmetros de várias formas, culminando na racionalização industrial. O estudo de tempos segue a linha de produção enxuta, onde se busca aumentar parâmetros relativos à produtividade e qualidade.

Junior *et al* (2015) *apud* Costa *et al* (2008) define cronoanálise como sendo o estudo de tempos e movimentos que buscam a determinação da capacidade de

produção de um setor ou de uma linha, assim é possível mensurar a produção real, servindo de base para a mudanças futuras.

Como Rocha e Navarro (2014) apresentam a cronoanálise é uma ferramenta usada para verificar os tempos consumido na produção da empresa, que tem como objetivo identificar uma sequência lógica do fluxo operacional mais adequado e eficaz ao trabalho. Com essa ferramenta há a possibilidade de analisar a existência de gargalos na produção.

### 2.10.2 Identificando os desperdícios

O desenvolvimento de um VSM, como citado no item anterior, busca identificar dentro de um processo possíveis desperdícios associados.

Dentre todos os tipos, pode-se citar oito deles que são muito conhecidos pelos engenheiros que desenvolvem estes fluxos, na Figura 6 estão listados todos sete tipos de desperdícios, seguidos dos exemplos.

Figura 6 - Oito desperdícios

<b>8 DESPERDÍCIOS NA INDUSTRIA</b>	
<b>ESPERA</b>	Tempo de espera para materiais, pessoas, equipamentos ou informações.
<b>DEFEITO</b>	Produção fora de especificação
<b>TRANSPORTE</b>	Transporte de materiais ou produtos que não agrega valor.
<b>MOVIMENTAÇÃO</b>	Movimento de pessoas que não agrega valor.
<b>EXCESSO DE ESTOQUE</b>	Excesso de inventário de matéria-prima.
<b>EXCESSO DE PRODUÇÃO</b>	Excesso de inventário de produtos acabado.
<b>SUPER PROCESSAMENTO</b>	Etapa do processo que não agrega valor ao cliente.
<b>CRIATIVIDADE PERDIDA</b>	Não envolver os peritos nas proximidades da área de trabalho e ideias para melhoria.

Fonte: Adaptado de Rezende et al (2013).

Conforme Rezende et al (2013) as metodologias *lean* buscam extinguir os desperdícios, que são as atividades realizadas em um processo que não agregam valor para o cliente apenas aumenta o custo do produto.

### 2.10.3 Eficiência global

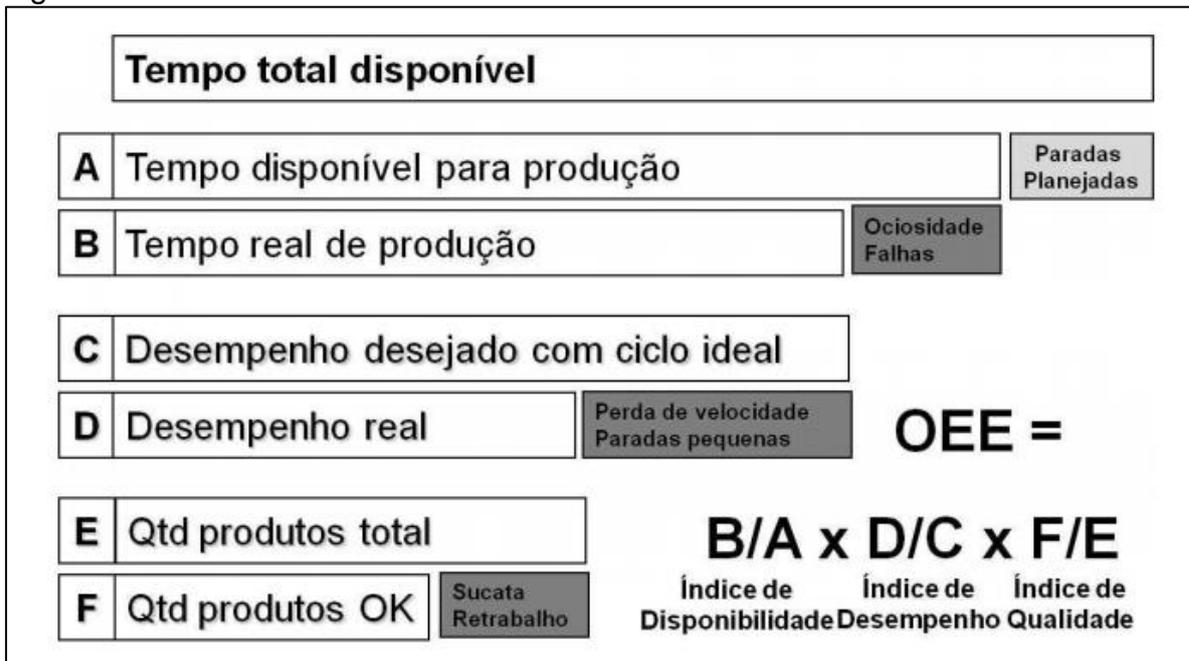
Esta ferramenta conhecida também como OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), é muito usada pelas organizações objetiva avaliar o desempenho de um conjunto de fatores envolvidos na eficiência de uma unidade produtiva. Identificando assim todas perdas relacionadas a um processo. (RIBEIRO 2011).

Ainda segundo Ribeiro (2011) o índice de eficiência global de um equipamento é medido através de três fatores, sendo eles, a disponibilidade do equipamento, ou seja, qual o tempo que o equipamento está disponível para produzir. Outro fator que deve ser considerado é relacionado à performance deste equipamento, onde é analisado quanto tempo este equipamento operou dentro do tempo disponível. O terceiro e último fator diz respeito a qualidade dos produtos produzidos ao longo deste período, ou seja, quantos dos produtos, estão conformes.

Ron e Rooda (2005) dizem que o OEE não é meramente um indicador operacional, e sim também um indicador que mede as atividades de alto volume de produção onde a utilização da capacidade produtiva é um fator de alta prioridade e paradas ou interrupções tem alto custo em termos de perdas e capacidade.

De acordo com Santos (2009) a Figura 7 expõe de maneira simples o cálculo do OEE:

Figura 7 - Cálculo de indicador OEE



Fonte: Santos (2009)

Segundo Santos (2009) a eficiência global é dada através do produto de três fatores:

- Tempo disponível para produzir;
- Velocidade ou taxa de produção do equipamento;
- Qualidade dos produtos produzidos.

#### 2.10.4 Fluxo de produção

A sequência de desenvolvimento de um produto pode ser considerada um fluxo, onde tem-se a entrada de matéria-prima, passando por todas etapas de fabricação até o produto finalizado (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Ainda segundo Womack, Jones e Roos (2004) a estruturação de um ciclo produtivo é orientada diretamente às técnicas de análise e metodologias de gerenciamento. O uso do MRP no planejamento de materiais, a fim de gerenciar toda demanda de produção.

A aplicação do JIT (*Just In Time*) durante um fluxo de produção visa garantir a redução dos tempos de preparação de máquinas, tornando a produção mais balanceada criando um fluxo contínuo (GHINATO, 2000).

### 2.10.5 Nivelamento de produção

Nivelamento de produção significa alimentar uniformemente a produção, enquanto atende à demanda dos clientes por vários produtos. É a técnica pelo qual se diminui ao máximo a variável das quantidades produzidas, para utilizar de melhor forma os recursos necessários (CUMMINGS, 2007).

Conforme Liker (2005) diz o nivelamento de produção é caracterizado por uma distribuição igualada do volume e variedade de produtos ao decorrer do tempo. Converte a demanda puxada do consumidor em um processo de produção previsível. Ou seja, levando em conta um sistema puxado, em que só é produzido o requisitado pelo cliente, haveria uma variação muito grande do processo, já que ocorrem períodos de menor produção, gerando ociosidade na capacidade produtiva, e períodos de grandes volumes de pedidos. Dessa forma, com o nivelamento é possível manter uma uniformidade do processo de produção, o qual é de extrema importância às empresas (LIKER, 2005).

### 2.10.6 Balanceamento de produção

O objetivo do balanceamento de linha é de aumentar ao máximo a performance de todos os postos de trabalho e conseqüentemente, da mão de obra. Balancear equivale em nivelar a carga de trabalho dos vários postos que formam uma linha, de maneira que estes trabalhem em conexão com a demanda. (ROCHA, 2011).

De acordo com Fonseca (2011) na indústria em geral, o paradigma de produção se inverteu. Se antigamente a demanda mexiam na produção em massa dos produtos padronizados e em grandes quantidades, atualmente a produção é feita em menores quantidades de produtos personalizados. As linhas de produção devem ser flexíveis e serem balanceadas de modo que a produção de inúmeros modelos em simultâneo seja fabricado de forma eficiente. Assim, o balanceamento de produção procura por em prática ações eficazes para garantir que a produção seja realizada de forma contínua e nivelada, evitando desperdícios geralmente relacionados a estoques e ociosidade. Nesse contexto, proporciona o máximo de produtividade e eficiência, mantendo o ritmo de trabalho adequado ao processo (FONSECA, 2011).

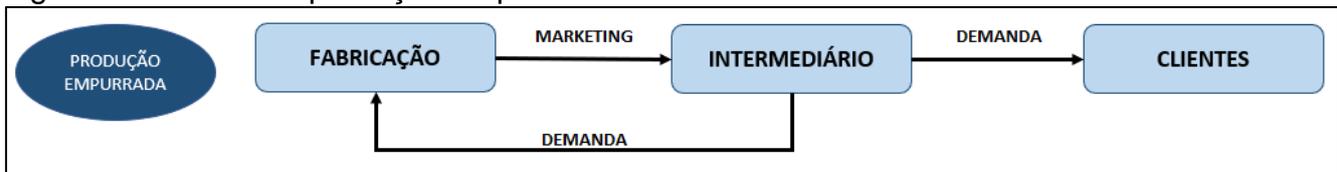
### 2.10.7 Produção empurrada

Como Basso (2015) fala produção empurrada também conhecida pelo termo em inglês *push system* é um modelo de produção clássico que surgiu na revolução industrial. Seu princípio é que cada item produzido é empurrado para a etapa posterior.

Segundo Maia e Vasconcelos (2017) este modelo de produção é caracterizado por produzir, estocar e, após isso, vender o estoque aos clientes como pode-se verificar na Figura 8.

Ainda de acordo com Maia e Vasconcelos (2017) para otimizar esse processo de gestão no modelo de produção puxada foi criada a ferramenta MRP termo da língua inglesa que significa *Material Requirement Planning* ou Planejamento da Necessidade de Materiais.

Figura 8 - Modelo de produção empurrada



Fonte : Adaptado de Maia e Vasconcelos (2017)

Maia e Vasconcelos (2017) dizem que o sistema empurrado é muito delicado por ser necessário uma eficiência grande dos gestores, caso contrário ocorrem superproduções que acarretam em estocagem ou podem ser produzidos menos produtos que a demanda, levando a insatisfação dos clientes.

### 2.10.8 Vantagens e desvantagens da produção Empurrada

Como todo sistema tem seus pontos fortes e fracos, não seria diferente com o modelo de produção empurrado. De acordo com Basso (2015) pode-se citar como sendo seus pontos fortes:

- Melhor reação a mudanças na demanda antecipando tendências;
- Estoque de segurança compensando flutuações na demanda e rupturas na cadeia;
- Funciona muito bem em um ambiente estável.

Já seus pontos fracos Basso (2015) diz que podem ser caracterizados como sendo:

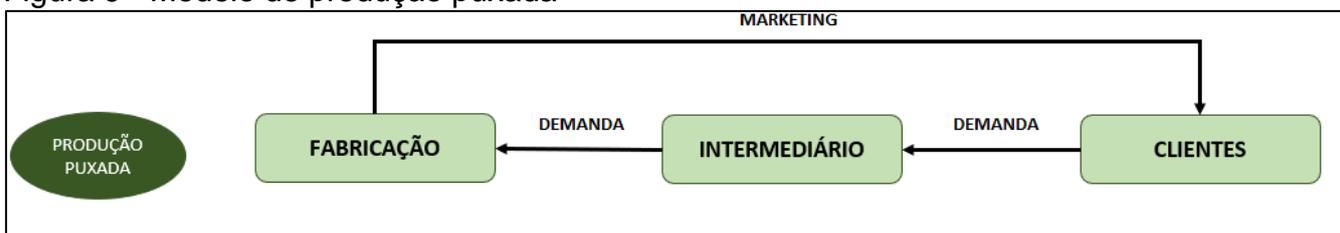
- Estoques mais altos;
- Estoques esconde ineficiências;
- Incerteza da demanda;
- Implementação mais cara;
- Integridade dos dados e treinamento;
- Autoridade delegada ao computador;
- Alguns parâmetros são sempre considerados constantes.

### 2.10.9 Produção puxada

Produção puxada ou *pull system* no inglês, é um sistema de produção onde cada etapa da fabricação do produto puxa a anterior. A ordem de produção é criada conforma a demanda do cliente. (MAIA E VASCONCELOS, 2017).

Conforme Fernandes (2013) a produção puxada é o oposto da produção empurrada, nesse caso é levado ao pé da letra a metodologia *Just In Time* como da para visualizar na Figura 9. O objetivo principal do *JIT* é reduzir os estoques, uma vez que ocultam problemas, como estoque em processo, produtos defeituosos, improdutividade, demanda instável.

Figura 9 - Modelo de produção puxada



Fonte: Adaptado de Fernandes (2013)

No modelo de produção puxada só existe produção se houver pedidos. Neste caso faz com que o sistema de planejamento MRP se torne desnecessário. A ferramenta de planejamento e controle de estoque é o operador *kanban* que fica responsável pela gestão das demandas (MAIA E VASCONCELOS, 2017).

#### 2.10.10 Vantagens e Desvantagens da Produção Puxada

Assim como o modelo de produção empurrado tem suas vantagens e desvantagens, sendo vulnerável em algumas situações, porém em outros cenários é a que melhor se aplica. Segundo Fernandes (2013) as principais vantagens são:

- Redução dos estoques;
- Redução do custo operacional do PCP;
- Melhoramento da qualidade;
- Redução dos custos de produção;
- Geração de valor no processo;
- Motivação para os envolvidos;
- Flexibilidade da produção;
- Aumento da confiabilidade no sistema.

Ainda conforme Fernandes (2013) as desvantagens do modelo de produção puxada são:

- Vulnerabilidade da produção a fatores externos e internos;
- Ociosidade de trabalho em momentos de baixa demanda;
- Demora na entrega de produtos ou até mesmo falta quando há uma demanda acima do normal;
- Dependência da qualidade do fornecedor;
- Necessidade de confiança nos colaboradores e na administração;
- Restrição de variabilidade de produtos;
- Tempos de preparação da linha altos gera ineficiência do processo.

Tendo em vista todas essas vantagens e desvantagens não seria possível a implementação total do modelo de produção puxado, por isso as empresas optam por um *mix* entre o sistema puxado e o empurrado, pegando seus pontos mais fortes para que juntos se completem (MAIA E VASCONCELOS, 2017).

### 2.10.11 *Material Requirement Planning* (MRP)

A necessidade de promover uma produção onde não haja estoques, desperdícios de materiais e flutuações de produção, abre espaços para o uso do MRP. Esta ferramenta visa identificar e planejar a compra de materiais necessários à produção, este sistema permite, a partir da produção mestre, definir que item será produzido e em que momento (FERNANDES e GODINHO, 2010).

O uso do MRP dentro das organizações tem por competência desempenhar a função de planejamento dos materiais necessários à fabricação de peças e sua montagem no item final. Ainda por Fernandes e Godinho (2010), o sistema atua dentro da perspectiva de produção empurrada, assim tem-se a peça no momento certo.

A aplicação bem-sucedida deste sistema exige três informações importantes: o saldo do estoque disponível, a lista de materiais e o programa mestre de produção (FERNANDES, 2013).

### 2.10.11 ERP

*Enterprise Resource Planning* ou ERP pode ser definido como um software que busca unir todas as áreas da empresa, reunindo assim as informações de todas áreas da empresa de acordo com Basso (2015), *apud* Davenport (1998). O surgimento deste modelo de gerenciamento garantiu uma das mudanças mais perceptíveis na manufatura devidos sua rápida capacidade de implementação e a resposta às necessidades globais.

Este sistema auxilia empresas no gerenciamento de seus processos possibilitando atuar sob diferentes estratégias de planejamento, compartilhando planos de produção e a demanda de fornecedores. Os sistemas ERP se caracterizam por permitirem a atuação da produção na forma puxada conforme Basso,(2015), *apud* Bjorklund (2009).

Segundo Basso (2015) *apud* Davenport (1998) ao implantar um sistema ERP a empresa deve realizar uma análise a fim de buscar por práticas de gerenciamento que melhor se adequam ao seu negócio.

### 2.10.12 TOC

A TOC (Teoria das Restrições) se baseia em identificar os gargalos de produção e corrigi-los, assim todo andamento seguinte do processo manteria um ritmo constante (SANTOS, 2011).

Para Santos (2011) *apud* Krajewski et al (2009) o principal objetivo da TOC é que os gargalos devem ser muito bem planejados a fim de aumentar os ganhos com produtos e serviços, garantindo assim o cumprimento de datas estabelecidas.

Já para Santos (2011) *apud* Goldratt (1990) as empresas são constituídas por elos inter-relacionados que possuem um objetivo em comum, desta forma uma restrição que houver dentro do processo, pode acabar dificultando o desempenho da mesma, e assim impedindo a empresa de alcançar o objetivo.

Desta forma torna-se importante a empresa atentar há alguns passos para garantir a melhoria do processo (SANTOS 2011, *apud* GOLDRATT 1990).

- Identificar a restrição;
- Explorar a restrição do sistema;
- Identificar fronteiras a esta restrição;
- Elevar a restrição;
- Garantir que a inércia não se torne uma restrição.

### 2.10.13 Gargalos

Almeida Almeida e Medeiros (2009) dizem, que os gargalos acabam se tornando um empecilho para que uma empresa dentro do seu processo se torne eficiente, visto que são os gargalos que em muitos casos acaba dificultando a realização de um processo dentro de curtos espaços de tempo como pode-se ver na Figura 10.

A gestão dos gargalos é crucial para que uma empresa tenha um processo balanceado e estruturado. Os gargalos nada mais são do que barreiras que restringem o fluxo normal e contínuo de um processo de uma empresa (ALMEIDA ALMEIDA E MEDEIROS, 2009)

Figura 10 - Gargalo de produção



Fonte: Adaptado de Blati, Kelency, Cordeiro (2010)

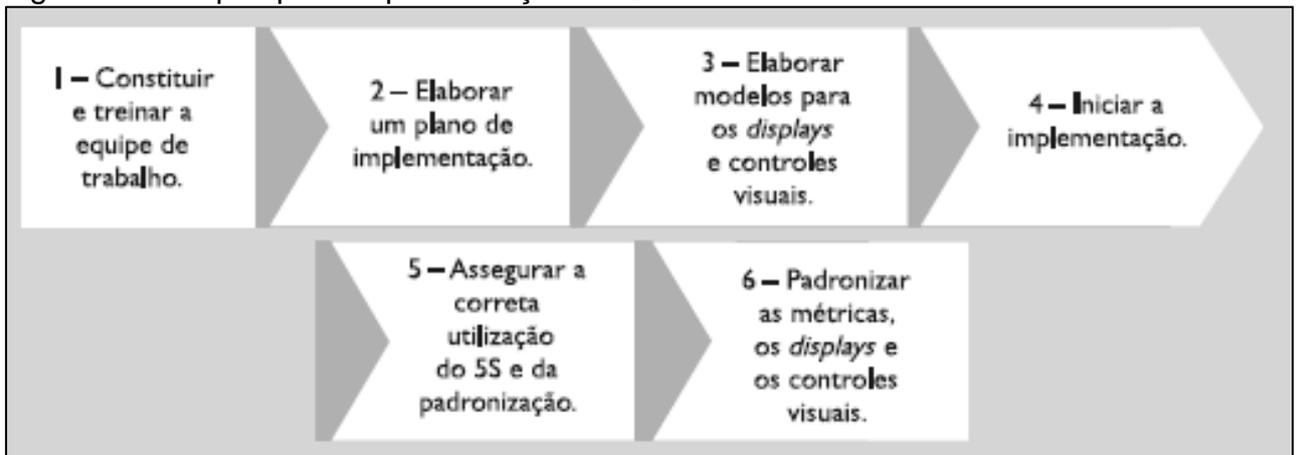
A fim de buscar um sequenciamento no processo, as empresas devem monitorar seus processos através de um VSM buscando identificar pontos que possuem um retardamento no fluxo, podendo ser pelo menos um dos oito desperdícios encontrados dentro de um processo fabril (ALMEIDA ALMEIDA E MEDEIROS, 2009)

#### 2.10.14 Gestão visual

A gestão visual é considerada um modelo integrado ao sistema *lean*, que atua de forma visual, desta forma pode ser definida com o objetivo de colocar em local de fácil visualização ferramentas, peças, atividade de produção entre outros (WERKEMA, 2006).

A Figura 11 apresenta a sequência para a implementação da gestão visual em uma empresa.

Figura 11 - Etapas para Implementação da Gestão Visual



Fonte: Adaptado de WERKEMA 2006.

Ainda segundo Werkema (2006) o uso da gestão visual nos processos de uma empresa garante uma melhoria na comunicação entre departamentos e capacidade de priorizar atividades, aumento na visualização imediata do alcance.

#### 2.10.15 Poka Yoke

Segundo Nogueira (2010) *poka yoke* pode ser definido como sendo um sistema à prova de erros, surgiu através do STP. Este mecanismo pode ser constituído como sendo um recurso que indica ao operador a forma correta de realizar uma operação, além de detectar a execução errada de um processo ou quando há uma anomalia em uma peça ou componente.

Estes dispositivos caracterizam-se pela possibilidade de ser utilizados em um regime de inspeção de 100%, além de serem de simples funcionamento e baixo investimento. A aplicação deste sistema é muito ampla, podendo funcionar apenas na forma de um sinal a fim de alertar sobre a ocorrência de uma anomalia, como também com inspeção de peças acabadas através de um sistema de detecção de erros de fabricação, possibilitando a identificação de uma não conformidade antes que o produto seja enviado ao cliente final (NOGUEIRA, 2010)

Werkema (2016) diz que estes dispositivos são parte integrante da metodologia *lean*, sendo extrema importância para garantir que um produto em perfeito estado seja entregue ao cliente e para ratificar a confiabilidade da empresa.

De acordo com Werkema (2006) o *poka yoke* pode ser de prevenção, onde utiliza de métodos que previnam a ocorrência de um problema. Além do anterior, existe ainda o *poka yoke* de detecção, onde são empregados dispositivos que interrompem o processo ou emitem um sinal caso um erro é detectado.

## **2.11 Ferramentas de auxílio ao método *lean***

### *2.11.1 Brainstorming*

Esta ferramenta também conhecida como tempestade de ideias visa auxiliar na produção soluções aos problemas encontrados dentro dos processos. Para alcançar os objetivos desejados é de fundamental importância o envolvimento de todos colaboradores da empresa, a fim de se obter uma visão mais ampla acerca do problema (MACHADO, 2012).

Lobo (2010) divide esta ferramenta em três etapas:

- Definição do problema: O líder ou coordenador deve expressar o problema aos integrantes, explicando de forma detalhada.
- Fase criativa: Este é o momento destinado aos integrantes pensarem e se expressarem a respeito do assunto, deve-se tomar nota de todas ideias geradas, sem desmerecer nada
- Fase crítica: Nesta fase, o time analisa cada ideia levantada, comparando e eliminando as redundantes e aquelas que não possuem nenhuma relação com o assunto. Após isso cada apontamento que tiver uma relação direta com o problema deve ser analisado detalhadamente.

Esta é uma ferramenta de grupo, onde sugere a participação livre de ideias e sugestões, para identificação de possíveis causas de um problema e sua solução (LOBO, 2010).

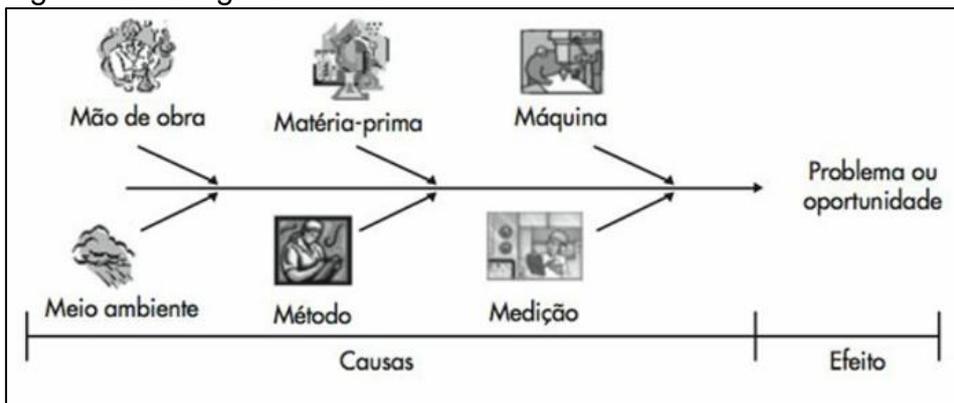
### *2.11.2 Diagrama de causa e efeito*

De acordo com Machado (2010) este diagrama também conhecido como diagrama de Ishikawa, busca representar a relação entre o efeito e a causa de um problema e todas possibilidades que podem contribuir para ele.

O uso do diagrama de causa e efeito é aplicado como ferramenta onde busca-se identificar a causa raiz do problema. Machado (2010) define a causa raiz de um problema como sendo a razão para uma determinada condição. Este

diagrama classifica e relaciona todas as causas e seus efeitos, e podem ser agrupadas em seis grandes grupos, também conhecidos como 6 M's. A aplicação desta ferramenta está apresentada na Figura 12, onde a direita é colocado o problema, e a esquerda as causas primárias, variando de acordo com a área de influência. A partir daí são criadas causas secundárias e terciárias. O uso deste método pode ser integrado com outras ferramentas como o *brainstorming*.

Figura 12 - Diagrama Ishikawa



Fonte: Adaptado de Machado, 2010.

Ishikawa (1993). diz que a ferramenta Diagrama de causas e efeitos se caracteriza como um instrumento para se aplicar no controle da qualidade, aplicável em atividades diversas, de modo que colabora na identificação de desvios no fluxo, observando uma possível existência e localização dos gargalos na organização.

### 2.11.3 Cinco Porquês

O uso da metodologia dos cinco porquês, geralmente é utilizado de maneira paralela a outros métodos de busca da causa raiz do problema. Segundo Eckes (2001) este diagrama atua a partir dos problemas identificados e tenta explicá-la.

A aplicação deste método consiste, em perguntar cinco vezes a razão de um determinado evento estar ocorrendo, com isso tem-se o real motivo da avaria (ECKES, 2001).

Segundo Dennis (2008), a análise dos cinco porquês é uma ferramenta central na solução de problemas onde é fácil acabar longe da causa original real.

Por isso esta metodologia requer a divisão da anomalia em três categorias, padrão inadequado, aderência inadequada ao padrão ou sistema inadequado.

#### 2.11.4 5W2H

Conforme Franklin e Nuss (2006), a ferramenta 5W2H é como um plano de ação, ou seja, consequência de um planejamento como forma de orientação de ações que deverão ser executadas e implementadas, sendo uma forma de acompanhamento do desenvolvimento do estabelecido na etapa de planejamento. Com essa metodologia a gerencia de processos e informações, através de respostas simples e objetivas, expostas no Figura 13, permite obter informações extremamente cruciais para a contextualização de um planejamento sejam identificadas.

Figura 13 - Sete perguntas 5W2H

<b>5W2H</b>	
What ?	O que será feito ?
Who ?	Quem fará ?
Why ?	Por que será feito ?
Where ?	Onde será feito ?
When ?	Quando será feito ?
How ?	Como será feito ?
How Much ?	Quanto custará o que será feito ?

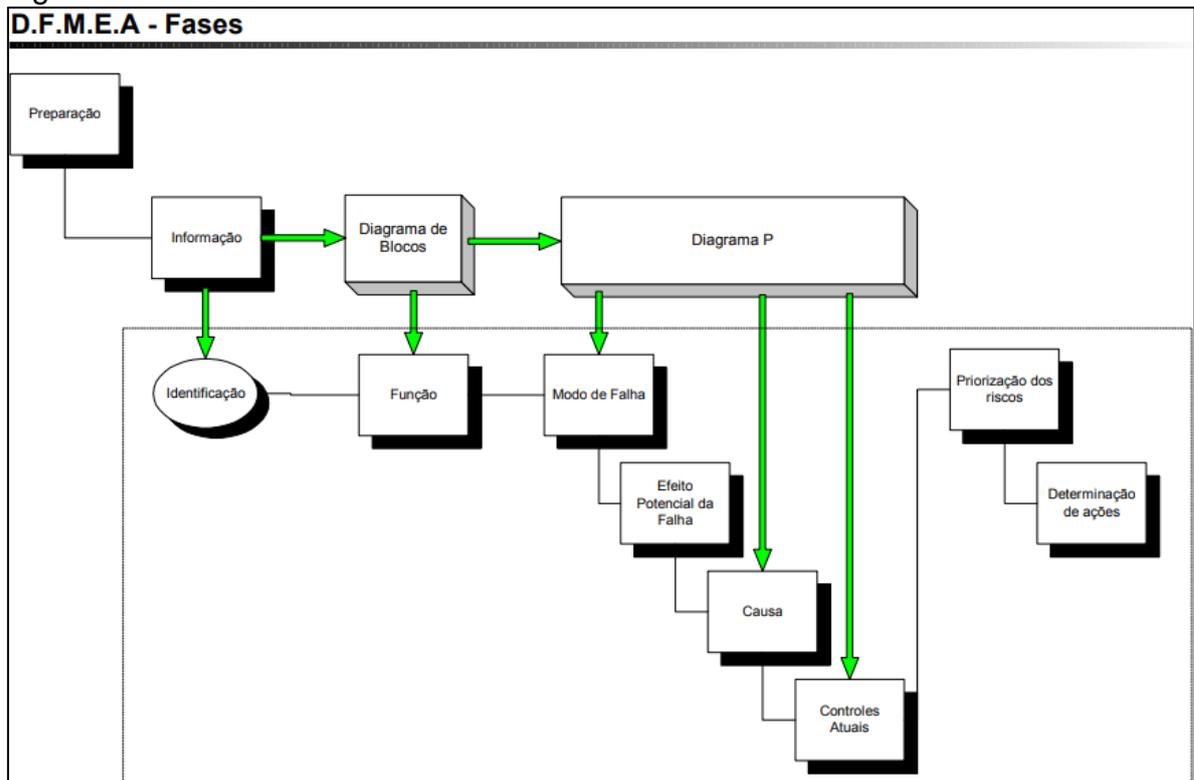
Fonte: Adaptador de Machado (2012)

O plano de ação 5W2H é uma maneira simples que contém as informações necessárias para o acompanhamento e a execução da ação pretendida. Pode-se integrar com a elaboração de um gráfico com prazos e tarefas relacionados entre si (MACHADO, 2012).

### 2.11.5 DFMEA

Conforme Santana e Massarani (2005) DFMEA (*Design Failure Modes and Effects Analysis*) é a Análise dos Efeitos e Modos de Falha em Projeto, é sobretudo, uma abordagem estruturada para prevenção de problemas relacionados ao projeto do produto, suas causas e seus efeitos. O DFMEA envolve todos os itens da estrutura do produto até as menores partes como subsistemas ou componentes, identificando os modos e causas potenciais de falha gerados por cada peça, determinando os controles atuais (ou soluções) para as causas, seguidos pelos efeitos da falha para a montagem do produto e para usuários finais. Pode-se ver na Figura 14 um esquema das fase do DFMEA.

Figura 14 - Fases DFMEA



Fonte: Adaptado de Santana e Massarani (2005)

O DFMEA, oferece uma abordagem estruturada para prevenção de problemas relacionados ao projeto do produto, bem como as suas causas e seus efeitos. Essa ferramenta é um diário de bordo para toda a vida do produto e a sua estrutura permite realizar trabalhos de melhoria contínua. (SANTANA E MASSARANI, 2005)

## 2.12 Metodologias *LEAN*

### 2.12.1 PDCA

Pode ser definido como um ciclo de melhoria contínua, que objetiva identificar e organizar as atividades dentro de um processo de solução de problemas, visando garantir a eficácia e o desenvolvimento de uma atividade planejada (MACHADO, 2010).

Ainda segundo Machado (2010), a aplicação correta desta ferramenta permite à empresa desenvolver-se de maneira sólida, garantindo um processo de evolução constante. A aplicação desta ferramenta é dividida em quatro grandes grupos:

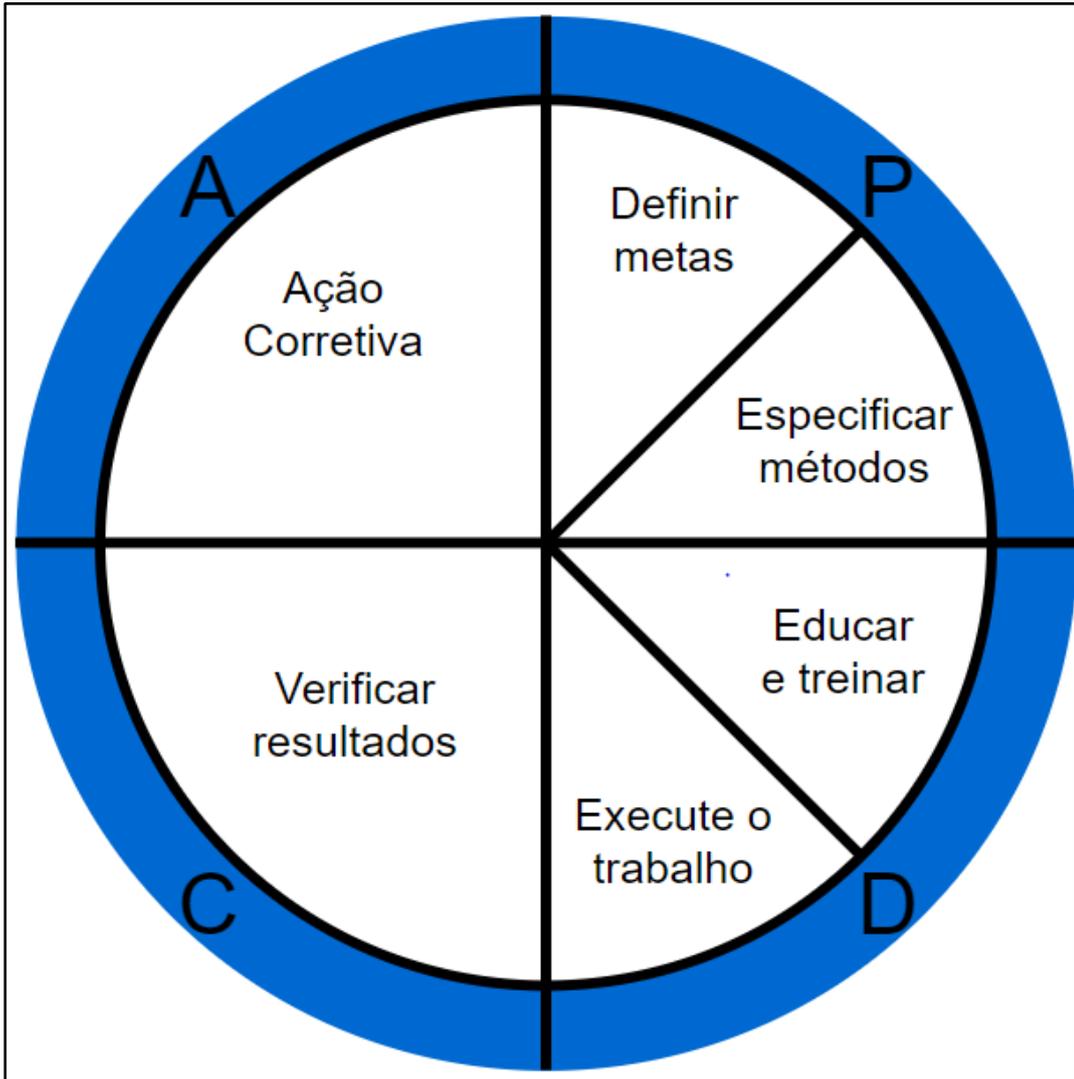
- Planejar;
- Desenvolver;
- Corrigir;
- Agir;

A ação de planejar é o primeiro passo para alcançar a melhoria contínua, nesta etapa definem-se metas e os métodos de trabalho (MACHADO, 2010).

Segundo Alves (2015) o momento de desenvolvimento atua diretamente sobre todos colaboradores da empresa, a fim treinar e motivar a equipe deixando-os cientes da importância do envolvimento de todos, assim busca-se executar o trabalho da melhor forma possível

A partir dos resultados alcançados na fase do desenvolvimento, deve-se fazer um levantamento dos resultados, desta forma o ato de corrigir alguma anomalia é muito importante. Após a avaliação dos resultados é necessário agir de forma corretiva acerca dos processos deficientes como pode-se ver na Figura 15 (ALVES, 2015).

Figura 15 - Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Machado, 2010.

O desenvolvimento do ciclo PDCA está integrado ao uso de diversas ferramentas da qualidade, que buscam auxiliar os gestores na tomada de decisão como a folha de verificação que consiste em monitorar os resultados de um processo, a utilização do 5W2H entre outros (MACHADO, 2012).

### 2.12.2 Kaizen

De acordo com Machado (2010) o *kaizen* é uma das soluções mais simples e baratas baseia-se na filosofia japonesa de melhoria contínua, que visa garantir através de pequenas mudanças, grandes resultados na redução de custos e no aumento da produtividade. O fundamento desta metodologia está baseado na aplicação da ferramenta 5S.

O *kaizen* é recomendado em situações onde os desperdícios identificados são óbvios, onde o risco é mínimo e os resultados são necessários imediatamente (WERKEMA, 2006).

A busca por eficiência corresponde diretamente com a eliminação de desperdícios relacionados a superprodução, inventário desnecessário, rejeição, movimentação, processamento, espera e transporte (MACHADO, 2010).

De acordo com Machado (2010) o papel dos supervisores torna-se imprescindível a fim de monitorar o andamento do processo, sempre atentando aos chamados 6 M's, que são considerados a base para o diagrama de causa e efeito.

### 2.12.3 Seis sigmas

Segundo Werkema (2006) os seis sigmas consistem de uma estratégia gerencial altamente quantitativa, que tem o objetivo de aumentar a performance e a lucratividade das empresas.

Pande et al (2001) classifica o método seis sigmas como sendo um sistema flexível para um desempenho de negócios melhorado. Segundo ele, o objetivo da estratégia seis sigmas, é torna-lo capaz de compreender os benefícios que a mesma proporciona, através do crescimento no seu desempenho. A aplicação correta desta metodologia pode garantir, redução de custos, aumento da satisfação dos clientes e otimização de produtos e processos.

O enfoque dos seis sigmas está diretamente ligado a objetivos estratégicos e estabelece que todos setores são peças chaves para a sobrevivência e sucesso futuro. A atuação na busca do sucesso baseada em métricas quantificáveis, é aplicado através de métodos como o DMAIC (*define, measure, analyze, improve and control*) e DMADV (*define, measure, analyze, design and verify*). Esses dois métodos possuem aproximadamente a mesma sequência sendo elas definir, medir, analisar, desenvolver e controlar (WERKEMA, 2006).

### 3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse trabalho foi utilizado equipamentos existentes na São José Industrial para que seja aplicada a metodologia *lean design* de maneira que a fabricação desse produto possa ser mais eficaz. Com a realização de pesquisa é possível observar que com esse sistema adotado seria possível cortar fases da produção, de maneira que o produto seja manufaturado em menor tempo mantendo ou melhorando a qualidade. Estes dados e informações são identificadas e foram obtidos através de pesquisa bibliográfica.

Segundo Gil (2002), existem três grandes grupos para classificar o tipo de pesquisa:

- Exploratórias;
- Descritivas;
- Explicativas.

Este trabalho se enquadra na pesquisa exploratória em decorrência do conteúdo abordado, onde o principal objetivo é proporcionar maior familiaridade com o assunto, a fim de torná-lo mais claro. Na maior parte dos casos, a pesquisa exploratória assume a forma de pesquisa bibliográfica ou estudo de caso uma vez que o que torna valido o estudo são os testes a serem desenvolvidos com o protótipo. Desta maneira, é evidenciado que todo conhecimento adquirido se dá em virtude de pesquisa bibliográfica e dos testes.

Ainda de acordo com Gil (2002) o trabalho pode ser classificado como uma pesquisa-ação, pois segundo ele é um tipo de pesquisa com base empírica que é realizada em associação com uma ação, no qual os pesquisadores e participantes estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Como o presente trabalho trata-se de uma pesquisa focada em desenvolvimento enxuto, optou-se por mostrar alguns conceitos aplicados no desenvolvimento de um distribuidor de fertilizante da empresa. O presente trabalho focou na redução de custo do produto, porém também levou em conta o *marketing* do mesmo, fator que afeta diretamente no retorno que a empresa terá.

#### 3.1 Métodos e técnicas utilizados

O presente trabalho teve início com uma pesquisa exploratória, no qual foram analisadas algumas ferramentas do *lean design* DFMEA, *Poka Yoke*,

*Brainstorming*, Diagrama *Ishikawa* entre outra. E simultaneamente foi feito o desenvolvimento de um distribuidor de fertilizantes sólidos.

Segundo Embrapa (2016) os fertilizantes são fonte de nitrogênio com maior potencial. Os fertilizantes sólidos são usados para fazer adubação de grande número de plantas. A utilização desses fertilizantes é feita por um distribuidor, que procura espalhar de forma igual esse produto no solo.

De acordo com Flores (2008) essas máquinas são compostas por um caixa para armazenamento de adubo, comumente apresenta o formato trapezoidal cônico, podendo também possuir rodas para ajudar no transporte ou até mesmo mover os mecanismos responsáveis pela distribuição de adubo. Conforme a aplicação, existe dois grupos de máquinas de distribuidores de adubos, por gravidade e a lança. No caso do presente trabalho se trata de um distribuidor a lança com duplo disco. Os discos se encontram na parte inferior da caixa de armazenamento na posição horizontal lado a lado girando em sentidos opostos, através da rotação desses discos, o adubo é arremessado, fazendo a distribuição do mesmo. Os discos são compostos por palhetas com regulagem para serem adaptáveis a vários tipos de fertilizantes, com granulométricas diversas, densidades e pesos.

No desenvolvimento do produto foram usadas as ferramentas adequadas para torná-lo o mais enxuto possível. Foi levado como base o produto já em linha, buscando melhorá-lo em alguns aspectos, não tendo foco total em redução de custo, mas também em aumentar a produtividade, melhorar o *marketing* e outras questões focadas em melhorar o funcionamento.

Posteriormente a fase de desenvolvimento do produto foram realizados todos os detalhamentos, criação de roteiros de produção e aberta uma ordem de produção.

Na fase de construção do protótipo foram encontrados alguns erros de projeto. Diante disso, foram feitas algumas modificações, buscando corrigi-lo e melhorá-lo. Após isso, foi refeita a montagem e então uma análise crítica do produto. Na reunião foi realizado um *brainstorming* procurando algumas melhorias, definindo que deveriam ser feitas mais algumas adequações no projeto. Em seguida foi feita mais uma montagem e então, após mais uma análise crítica de alguns membros da equipe de engenharia, foi aprovado o protótipo.

Depois desta fase houve realização de análises em cima da montagem do produto já em linha e da montagem do produto desenvolvido com as ferramentas do *lean design*. Também foi analisado o processo de solda do todo o chassi do implemento já em linha. Para serem realizadas essas análises, foram feitas filmagens dos processos, está análises geraram os resultados que foram apresentados nesse trabalho. Vale ressaltar que não foram feitas as análises da etapa de soldagem do produto novo pelo fato do mesmo ainda não ter dispositivos de gabaritos no período em que foi desenvolvido o trabalho. Os gabaritos ainda estavam sendo desenvolvidos, porém são estimados alguns ganhos.

### **3.2 Técnicas de coleta e análise de dados**

A coleta de dados foi feita por meio de observação, entrevista e cronoanálise.

A observação é uma técnica de coleta de dados para conseguir informações e utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos que se desejam estudar. É um elemento básico de investigação científica, utilizado na pesquisa de campo e se constitui na técnica fundamental da Antropologia. A observação ajuda o pesquisador a identificar e a obter provas a respeito de objetivos sobre os quais os indivíduos não têm consciência, mas que orientam seu comportamento. Desempenha papel importante nos processos observacionais, no contexto da descoberta, e obriga o investigador a um contato mais direto com a realidade. É o ponto de partida da investigação social (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 192).

Conforme Marconi e Lakatos (2003) comentam, o método de coleta de dados observatório é de extrema importância, uma vez que leva o pesquisador ao contato direto com a realidade, agilizando o processo de identificação de oportunidades de melhorias, que é o objetivo deste trabalho. A pesquisa observatório tem um papel crucial para a obtenção de provas com relação ao objetivo do trabalho.

Para a coleta de dados através do método observatório foram feitas filmagens e tiradas fotos de ambos os produtos, o produto em linha e o em desenvolvimento, para posteriormente serem desenvolvidas análises mais detalhadas sobre ambos os processos e auxiliar a complementar os dados obtidos visualmente e anotados no momento das filmagens.

Coletas de dados do tipo entrevista foram feitas de forma informal com os colaboradores envolvidos na manufatura do produto ainda produzido, para entender qual era o problema do mesmo, buscando conhecer quais os pontos bons e ruins e prosseguir no desenvolvimento do produto novo.

Já na cronoanálise o estudo de tempo, foram utilizadas as filmagens feitas durante a coleta de dados pelo método observatório. Nessa etapa foi utilizado o *software* Excel para fazer a análise de dados, criando gráficos e quadros, apresentados nas figura 18 a 32.

Afim do melhor entendimento das tarefas desenvolvidas nesse trabalho fez-se de modo gráfico o roteiro de todo o processo, como mostra no Apêndice A.

### 3.3 Materiais e equipamentos

Os materiais, equipamentos e recursos necessários ao desenvolvimento deste estudo encontram-se descritos no Figura 16.

Figura 16 - Materiais e equipamentos utilizados

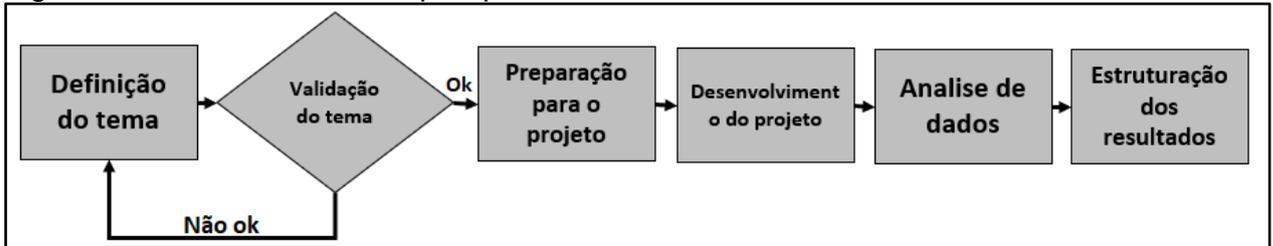
NOME	DESCRIÇÃO	APLICAÇÃO
Microsoft Excel	<i>Software</i> que permite a criação de gráficos e planilhas	Análise das filmagens, comparações de resultados, criação de gráficos e planilhas
SolidWorks	<i>Software</i> de modelagem 3D, um dos mais utilizados no mundo todo	Foi utilizado para o desenvolvimento do projeto 3D
Câmera fotografica	Instrumento para captação de imagens	Utilizado para filmagens das montagens, e dos processos de fabricação

Fonte: Autor, 2019

O conteúdo apresentado no Figura 16 são as principais ferramentas utilizadas nesse trabalho.

Na figura 17 é apresentado o delineamento de pesquisa.

Figura 17 - Delineamento de pesquisa



Fonte: Autor (2019)

Na Figura 17 foi apresentado o caminho desde o início da definição do tema até a estruturação dos resultados em forma de um fluxograma.

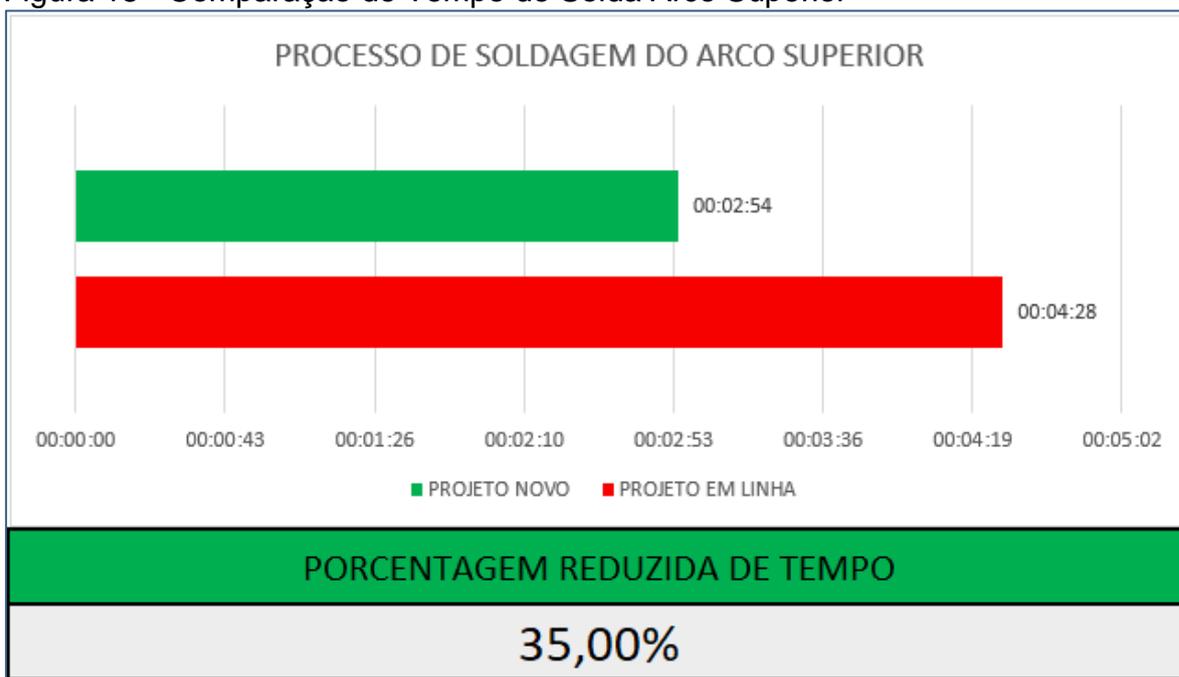
## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No presente capítulo são apresentados resultados oriundos da coleta de dados do processo de fabricação do distribuidor de adubos sólidos da São José Industrial. Tanto do projeto já em produção quanto do projeto novo, no qual foi aplicada a metodologia *lean design*, para uma comparação das vantagens e desvantagens de ambos.

### 4.1 Cronoanálise do processo de fabricação

Na Figura 18 é mostrada a comparação de tempo de todo o processo de solda do arco superior do projeto aplicado a metodologia *lean* e do projeto antigo.

Figura 18 - Comparação de Tempo de Solda Arco Superior



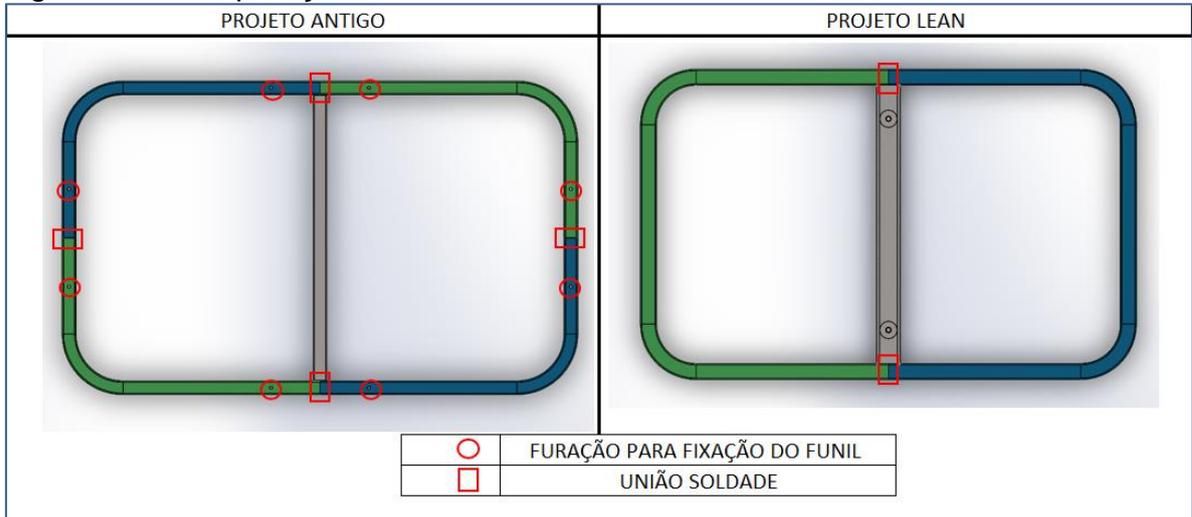
Fonte: Autor (2019)

Vale ressaltar que o processo de posicionamento irá ser cerca de 50% mais rápido no projeto novo, levando em consideração dispositivos de solda parecidos.

O processo de solda irá ser mais rápido, pelo fato de ter 50% menos uniões de solda no arco novo como pode-se ver a comparação da Figura 19 por outro lado a travessa central do arco no projeto novo leva duas buchas com parafusos que devem receber solda então acredita-se que irá diminuir os ganhos

aproximadamente em 15%. Por outro lado, ainda tem-se uma porcentagem de ganhos alta, cerca de 35% no processo de solda do arco do distribuidor de adubos sólidos.

Figura 19 - Comparação Arcos

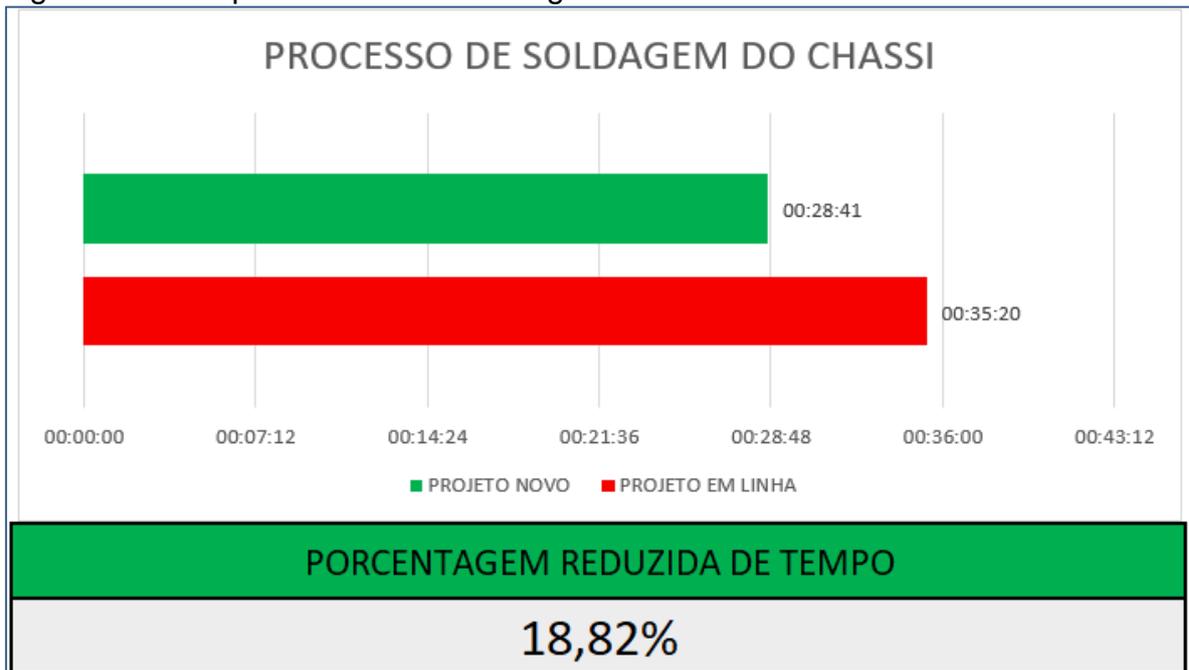


Fonte: Autor (2019)

Pode-se comentar que o processo de fabricação das peças que compõem o arco também teve uma simplificação no processo. No projeto antigo pode-se visualizar na Figura 19 que era composto por quatro peças e cada peça contém duas furações. Além da eliminação do processo de furação para as peças do projeto *lean*, foi reduzido o número de componentes do conjunto, o que faz ser mais rápido o processo de posicionamento e solda como pode-se ver na Figura 18.

Na Figura 20 é mostrado a comparação de tempo do processo de solda do chassi dos distribuidores de adubos sólidos, tanto do projeto aplicado a metodologia *lean* quanto do projeto antigo.

Figura 20 - Tempo Processo de Soldagem Do Chassi.

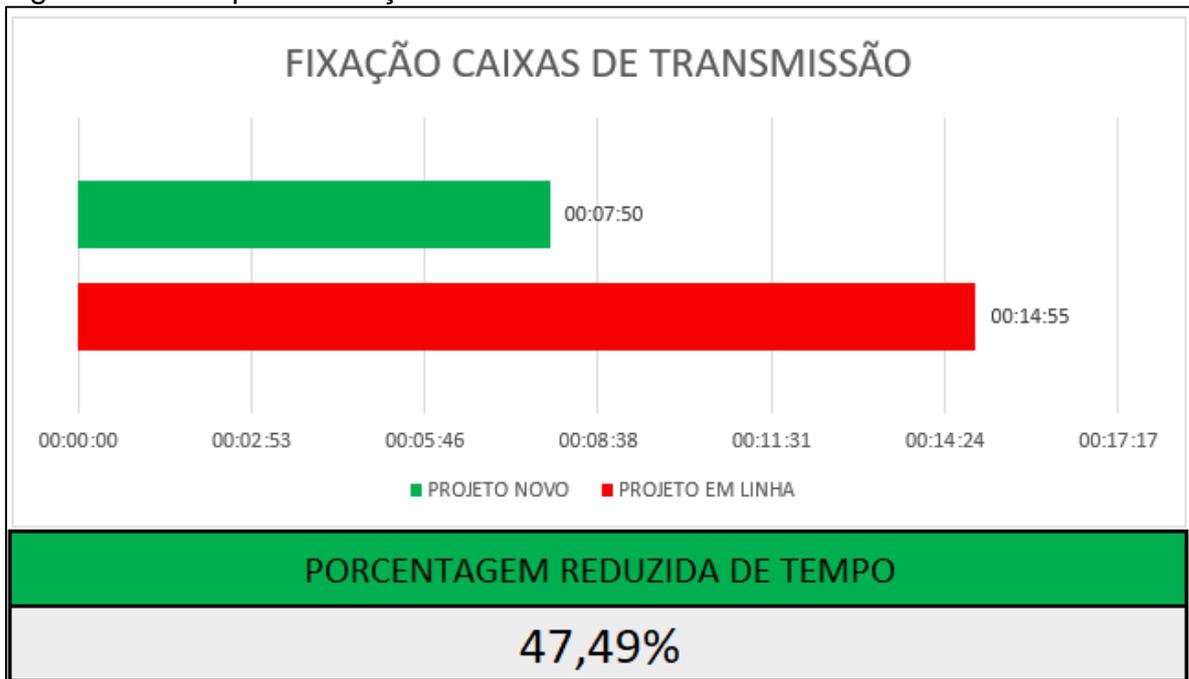


Fonte: Autor (2019)

Após a análise dos vídeos constatou-se que os dispositivos para o processo de solda devem ser modernizados tanto para melhor fixação, que ainda é muito manual e fixado em grande parte por parafusos, que pela utilização excessiva do dispositivo, colocando e tirando várias vezes faz com que as roscas se desgastem fazendo com que fique mais difícil inserir o parafuso e retirar segundo o próprio soldador. Nas filmagens se presenciou o problema no dispositivo, o que fez com que o soldador teve que cisalhar o parafuso para conseguir retirar o gabarito. Mesmo assim, a retirada após o cisalhamento do parafuso foi difícil, sendo necessária a utilização de uma talha para conseguir retirar o dispositivo, o que resultou em nove minutos nessa função.

Nas Figuras 21 a 30 são apresentadas as comparações de tempo de montagem de cada etapa do projeto *lean* e do projeto antigo. Na Figura 21 expõem a comparação da fixação das caixas de transmissões.

Figura 21 - Tempo de Fixação Das Caixas de Transmissão



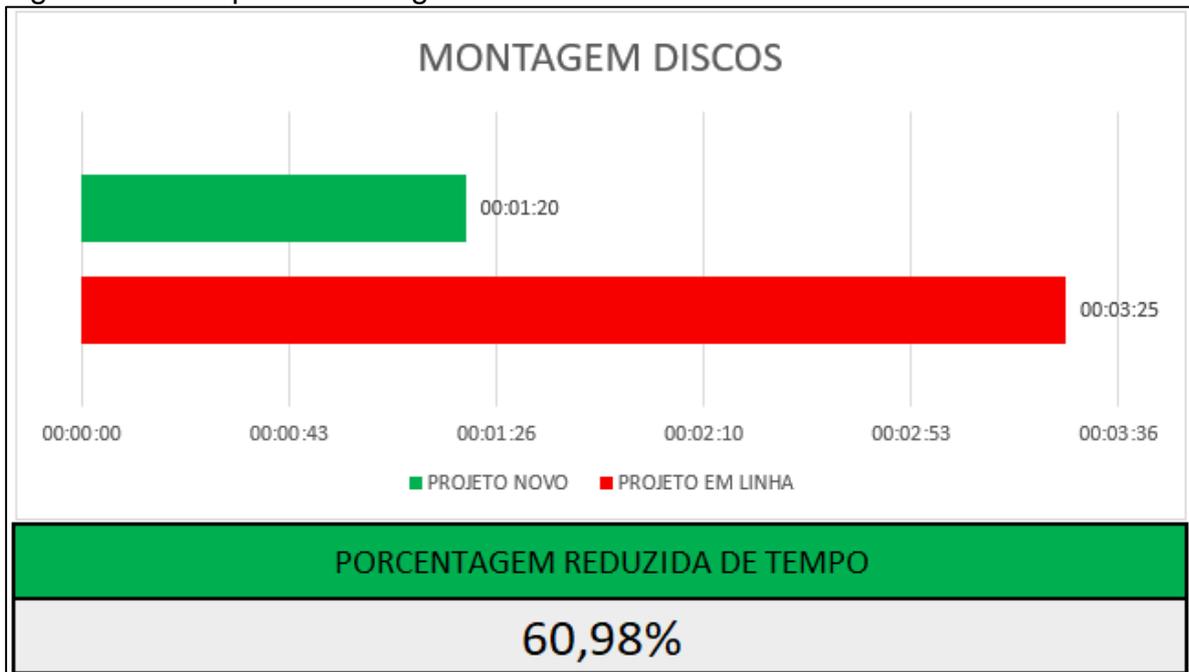
Fonte: Autor (2019)

No projeto antigo é feito o aperto depois da inserção do funil (Figura 25) para ter a certeza que tanto eixo com disco e pratos estejam alinhados, parafusos fixação base inferior tem que ser apertados sem a apertadeira pneumática, pelo fato de não ter acesso (oportunidade de melhoria no dispositivo montagem para ter acesso por baixo).

No projeto *lean* a fixação das caixas tende a ser mais rápida por ter melhor acesso que no projeto anterior e existem menos parafusos para fixações

A fixação das caixas não é feita logo no início pelo fato de ter que alinhar eixo da caixa com eixo do disco e com eixo do mexedor.

Figura 22 - Tempo de Montagem Disco

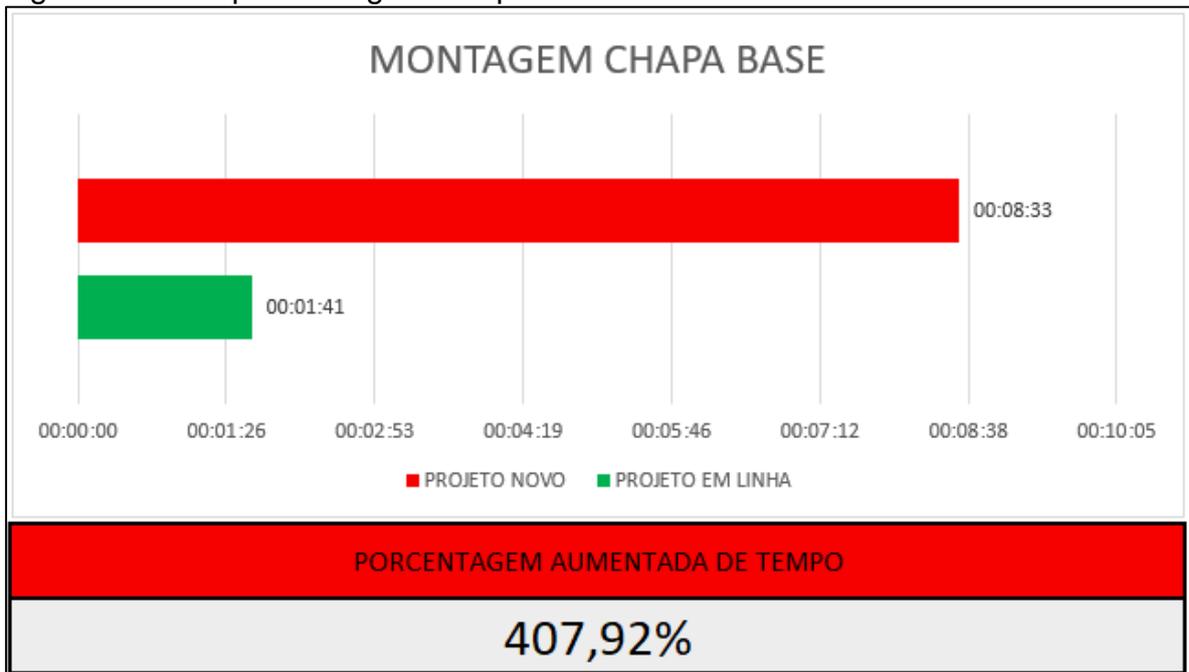


Fonte: Autor (2019)

As montagens dos discos são idênticas, porém com o projeto novo analisa-se a montagem do distribuidor de adubo na linha de montagem e foi observado que os montadores têm dificuldade de acesso para apertar os parafusos, o que tende a levar mais tempo para finalizar a montagem dos discos como pode-se ver na Figura 22. Já no projeto *lean* os colaboradores têm mais facilidades na montagem.

Na Figura 23 é mostrado a comparação de tempo do processo de montagem da chapa base dos distribuidores de adubos sólidos, tanto do projeto aplicado a metodologia *lean* quanto do projeto antigo. A chapa base é onde fixado-se os dosadores e serve como fixação para outros componentes como a chapa defletora (figura 24), possui também inserida na própria chapa base uma caixa coletora para direcionar pra abertura do dosador e para posicionar o funil.

Figura 23 - Tempo Montagem Chapa Base



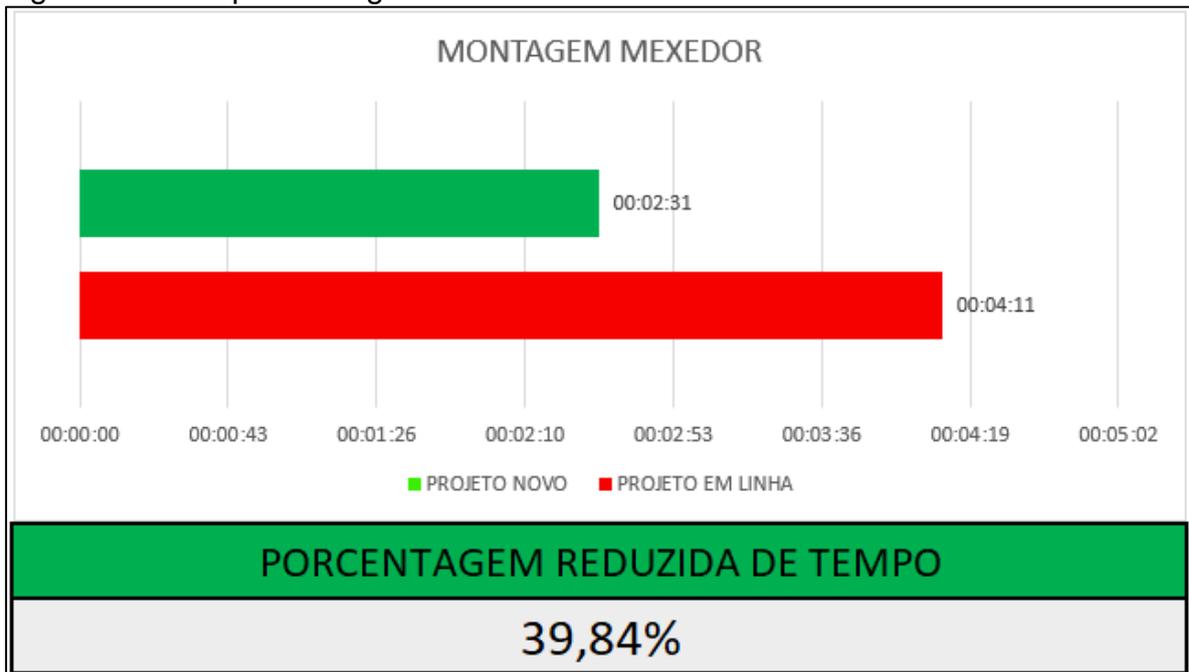
Fonte: Autor (2019)

O tempo teve um aumento com relação ao tempo do projeto antigo, pela complexidade e tamanho diferentes de ambos os conjuntos. Porém vale ressaltar que a chapa base do projeto novo elimina alguns processos de solda para fixação do chapa defletora e otimiza muito a montagem do funil posteriormente.

Vale ressaltar que o acréscimo de 6 minutos e 52 segundos nessa etapa da montagem como mostrado na Figura 23 é uma desvantagem com relação ao projeto anterior. Porém nas etapas seguintes a essa os ganhos são mais altos que a perda desses minutos, resultando no final do *lead time* total do produto uma redução significativa.

Na Figura 24 é mostrado a comparação de tempo do processo de montagem do mexedor, tanto do projeto aplicado a metodologia *lean* quanto do projeto antigo

Figura 24 - Tempo Montagem Mexedor



Fonte: Autor (2019)

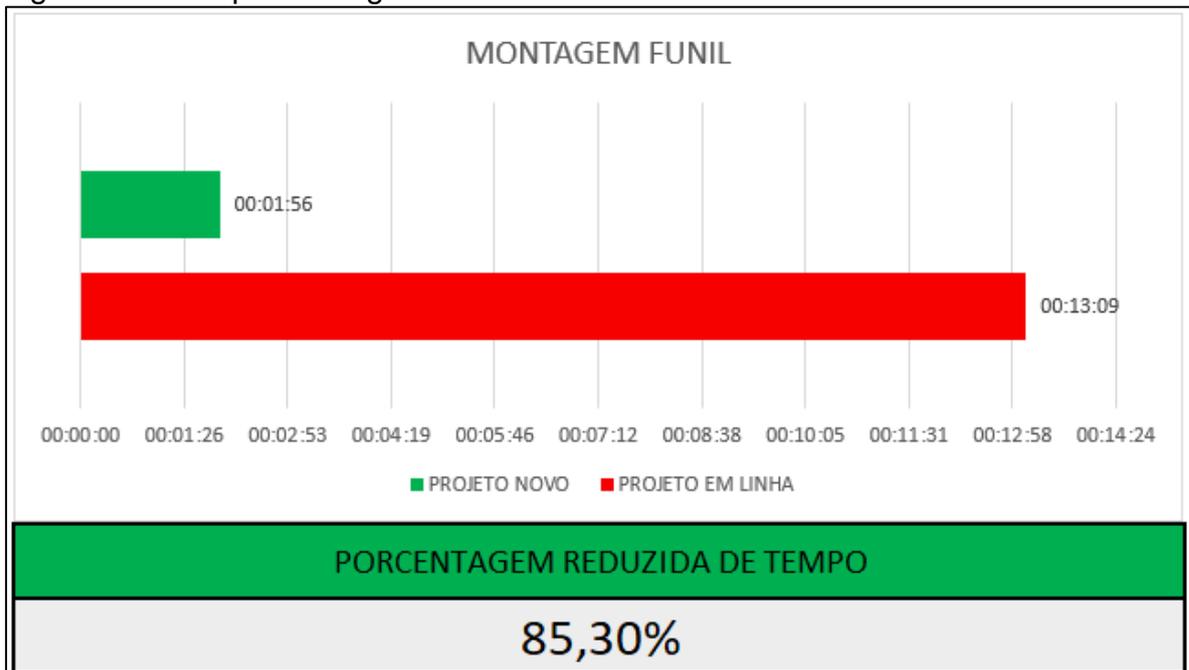
Na Figura 24 foi retratado a montagem do mexedor do distribuidor de adubos sólidos desenvolvido com a metodologia *lean* em comparação com o projeto sem a aplicação da metodologia *lean*. Obtendo 39,84 % de redução. Diminuição de 1 minuto e 40 segundos no processo.

No projeto antigo observou a necessidade novamente dos montadores subirem e entrarem dentro do distribuidor, correndo risco de cair ao subir ou descer, também foi observado que não há espaço para o uso da apertadeira pneumática dentro do funil o que ocasiona a necessidade de ser apertado manualmente com chave o parafuso de fixação do mexedor.

No projeto *lean* outro fato que chamou atenção nas análises de vídeo é que pelo espaço dentro do funil ser limitado para se trabalhar há a necessidade de apertar o parafuso e a porca de fixação do mesmo manualmente, sem o auxílio do apertadeiras pneumáticas. Ao contrário do projeto novo, que por ter um espaço maior para se trabalhar tem acesso para as fixações necessárias.

Na Figura 25 podemos ver o gráfico comparando o tempo de montagem do funil.

Figura 25 - Tempo Montagem Funil

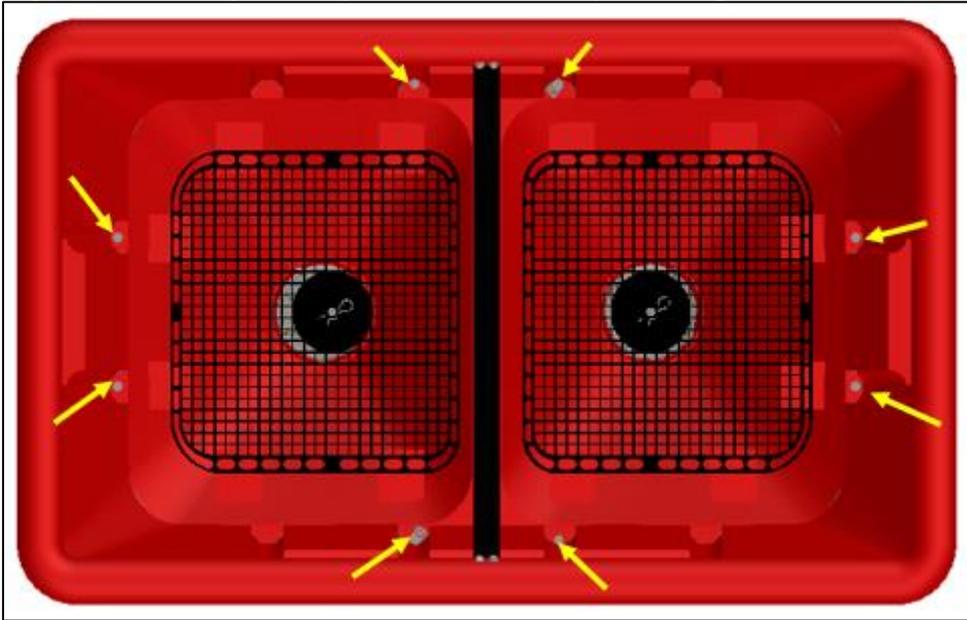


Fonte: Autor (2019)

Na Figura 25 foi abordado a montagem do funil do distribuidor projeto *lean* confrontando os tempos com o projeto sem a aplicação da metodologia. Alcançando 85,30 % de redução. Diminuição de onze minuto e treze segundos no processo.

No projeto antigo foi observado que os montadores precisam entrar dentro do funil, correndo risco de cair ao descer e subir, a altura é de dois metros e meio pelo fato do distribuidor estar em cima da bancada de montagem. Vale ressaltar que para fixação do funil devem ser feitos dezesseis furos no funil rododado e colocação de dezesseis parafusos e porcas e dar aperto em todos eles. Como é mostrado na Figura 26 (oito parafusos na parte superior) e na Figura 27 (quatro parafusos para cada lado na parte inferior)

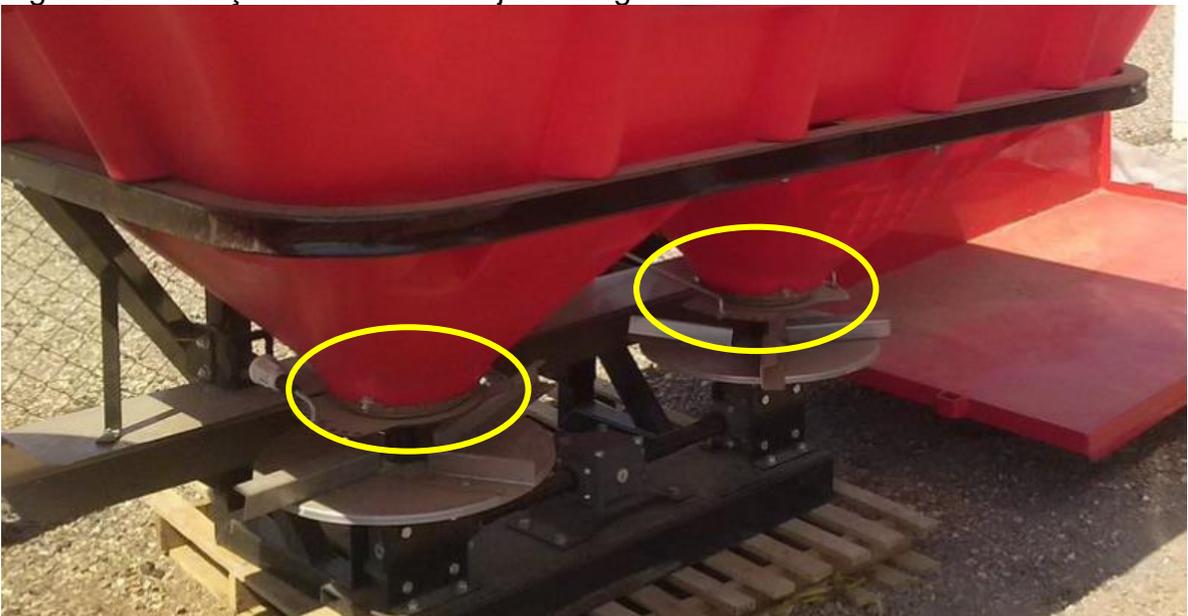
Figura 26 - Fixações Superiores Funil Projeto Antigo



Fonte: Autor (2019)

A Figura 26 expõem as localizações das fixações superiores do funil no projeto sem a aplicação do *lean design*.

Figura 27 - Fixações Inferiores Projeto Antigo



Fonte: Autor (2019)

A Figura 27 apresenta as localizações das fixações inferiores do funil no projeto sem a aplicação do *lean design*.

Também há necessidade de colocar calços para posicionar o prato pra fazer a furação no rodomodado, como pode-se ver na Figura 28. Na mesma pode-se visualizar o montador fazendo as furações para colocação dos parafusos.

Figura 28 - Calço para Posicionamento do Prato para Furação

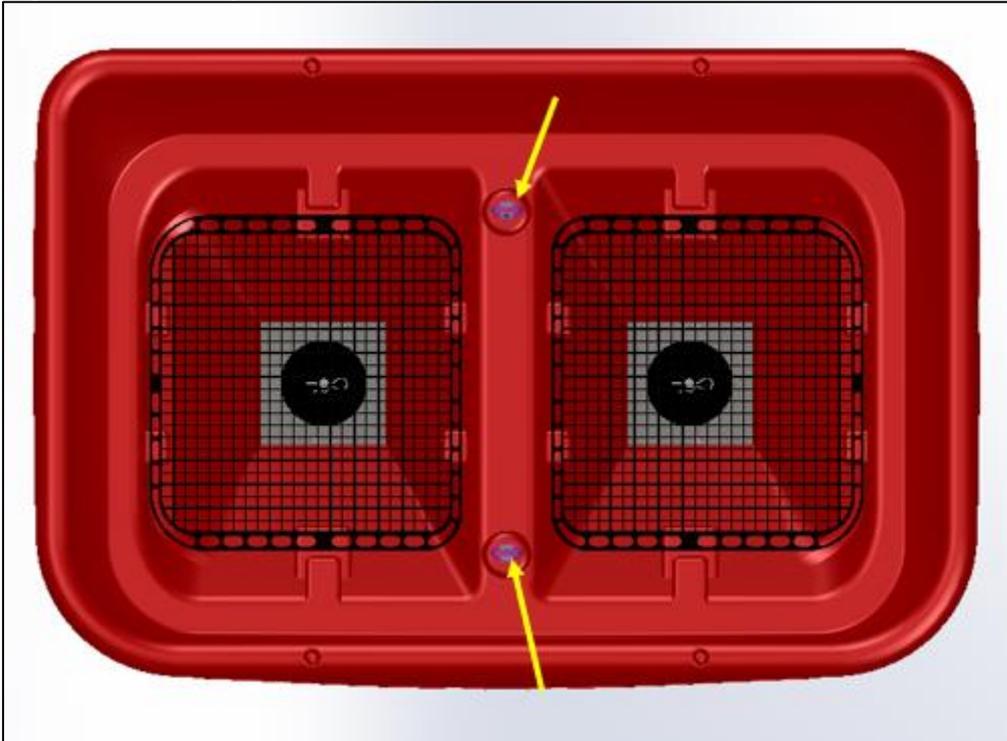


Fonte: Autor (2019)

Na Figura 28 pode-se ver o colaborador fazendo o processo de furação, após o posicionamento do calço.

No projeto *lean* a grande vantagem desse distribuidor é a montagem do funil, pelo fato de ser montado sem necessidade de fazer dezesseis furos, posicionar os parafusos e porcas, dar aperto nos mesmos. Ficou muito simples para fixar o funil, é necessário colocar dois olhais como pode-se ver na Figura 29. Além disso os montadores não têm a necessidade de subir e entrar dentro do produto, correndo risco de cair ou até mesmo de virar o distribuidor de adubo por cima dos montadores.

Figura 29 - Fixações Funil Projeto *Lean*

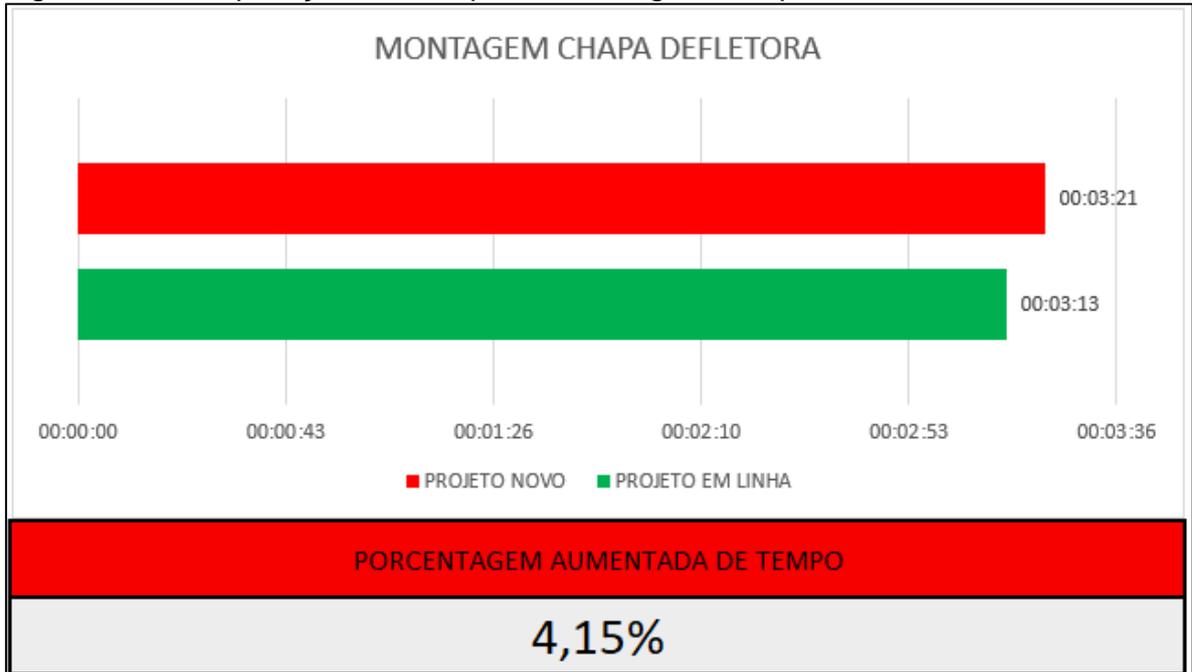


Fonte: Autor (2019)

A Figura 29 mostra as localizações das fixações do funil no projeto com aplicação *lean design*. Sendo somente os dois olhais como fixação.

O processo de montagem da chapa defletora continuou com os mesmos pontos de fixações, colocação mantém-se idêntica ao projeto anterior o que resultou em tempos parecidos como pode-se ver na Figura 30.

Figura 30 - Comparação de Tempo de Montagem Chapa Defletora

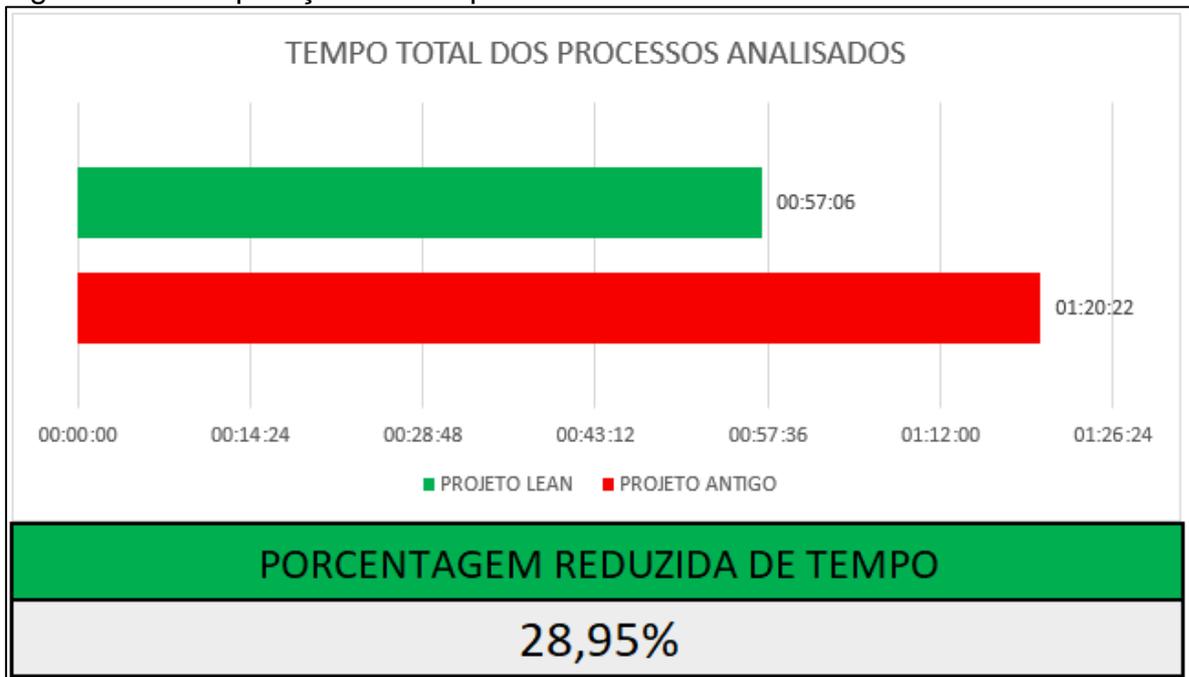


Fonte: Autor (2019)

Os processos de montagem de ambos são muito parecidos como apresentado na Figura 30, acredita-se que essa pequena diferença de tempo de oito segundos de uma montagem para a outra seja pelo fato do protótipo estar sendo montado pela segunda vez contra um produto que é montado diariamente pelos mesmo montadores.

Na Figura 31 pode-se ver a comparação do tempo total de todos os processos analisados de ambos os projetos.

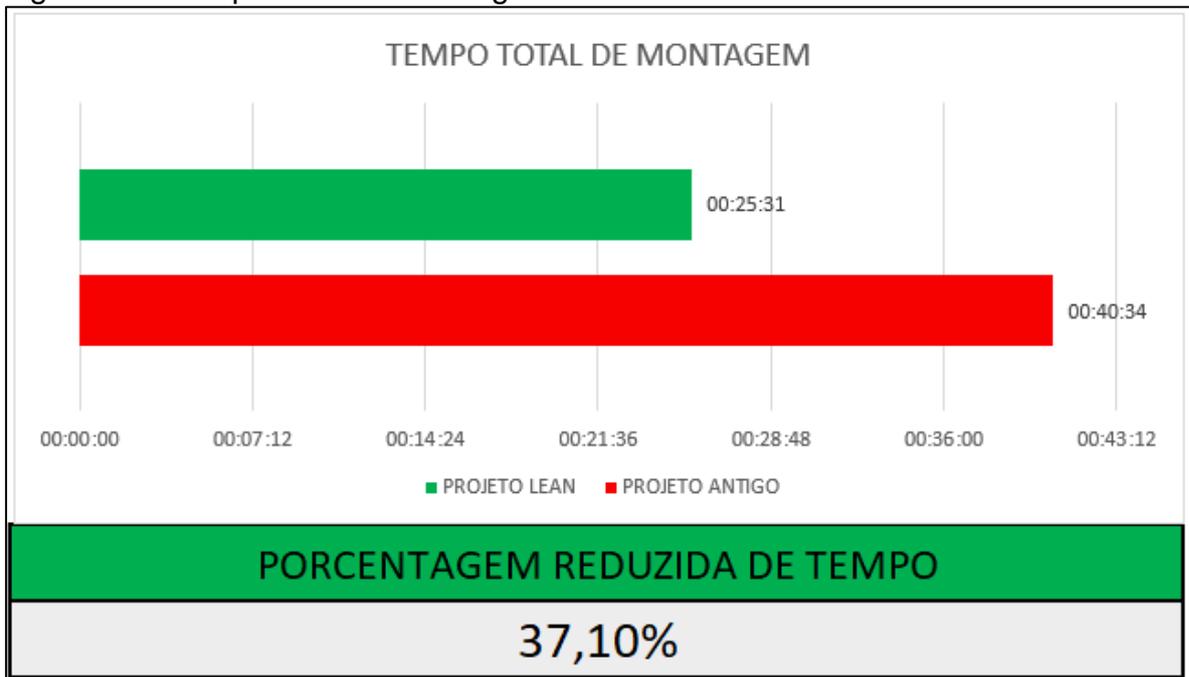
Figura 31 - Comparação do Tempo Total de Processamento



Fonte: Autor (2019)

Após analisar os dados obtidos, comparando o tempo total de produção do chassi e montagem dos distribuidores, foi visto um aumento de tempo em alguns processos de montagens, porém houve também grandes ganhos de produtividade, os quais chegam a 28,95%. Foi no processo de montagem que houve a maior diminuição de tempo, enquanto no projeto antigo eram necessários de 40 minutos e 34 segundos, no projeto *lean* contabilizou-se 25 minutos e 31 segundos, o que totaliza 37,1% de decréscimo de tempo como pode-se ver na Figura 32.

Figura 32 - Tempo Total de Montagem



Fonte: Autor (2019)

Vale frisar que os montadores fizeram uma montagem com auxílio para entender a sequência de montagem e a segunda vez que realizaram a construção do distribuidor protótipo foi filmada e cronometrada. Comparado com o projeto antigo, que os montadores chegam a montar seis distribuidores por dia pode-se compreender que com o passar do tempo os ganhos serão cada vez maiores conforme os colaboradores se adaptem a nova sequência de montagem.

#### 4.2 Melhorias na execução do *lean design*

Após a realização do trabalho, e análise de todos os acontecimentos, foi visto que apesar dos objetivos terem sido alcançados, a execução do *lean design* foi falha. O motivo se dá pelo fato de que o planejamento do desenvolvimento do projeto não ter tido a duração necessária e da execução deste. -. Também liberando o setor de construção dos protótipos com mais antecedência. Apesar disso, o projeto *lean*, comparado com o projeto antigo, tem grande vantagem na produtividade, ergonomia, segurança dos colaboradores, funcionamento e confiabilidade. Até o presente momento do trabalho os testes de campo têm apresentado resultados positivos.

Deve-se deixar claro que para ter resultados mais aproximados dos ganhos terá de ser feita uma nova análise após o produto estar totalmente em linha de produção. Pelo fato de os colaboradores ainda não estarem adaptados a sequência de montagem, processo de soldagem, ainda não se terem os dispositivos corretos de solda entre outros fatos. Com isso estima-se que os ganhos serão ainda maiores que os mostrados nas Figuras 31 e 32.

## 5 CONSIDERAÇÃO FINAL

Desta forma, pode-se afirmar que a metodologia *lean design* é a forma mais adequada para otimizar produtos, diminuir o *lead time* e as perdas de manufatura. Isso se deve ao fato de que o modelo enxuto visa o planejamento para melhor aproveitar o tempo, capital e mão de obra, proporcionando assim uma diferenciação e potencialização das empresas que o utilizarem.

Assim, essa pesquisa propôs como objetivo geral demonstrar as vantagens de aplicar a metodologia *lean design* através da confecção de um distribuidor de adubo sólido na empresa São José Industrial.

O projeto foi desenvolvido em um *software* de CAD, utilizando-se de ferramentas para torna-lo o mais enxuto possível e melhora-lo em aspectos como, entre vários outros, custo e produtividade, além de refinar o *marketing* desse.

Posteriormente, foi construído um protótipo, em que foram encontrados alguns erros. Para corrigi-los realizaram-se modificações e assim pôs-se em pratica as ferramentas do *lean design*, com destaque para o *brainstorming*, visando melhor estruturar o projeto.

Enfim, o protótipo foi fabricado e testado, sendo feitas análises em cima da montagem do produto já em linha e da montagem do produto desenvolvido e os comparando. Para isso, filmagens foram executadas, a fim de fazer um estudo posterior que contribuiria para definir os resultados da pesquisa. Esses, após uma análise, mostraram que o projeto que utilizou o *lean design* apresentou resultados superiores ao modelo antigo, como a redução de tempo de montagem e fixação de várias partes, totalizada em 37,1% de redução, assim como a diminuição de processos e peças desnecessárias, sem falar no oferecimento de maior ergonomia e segurança para os colaboradores, entre outros.

Apesar do sucesso da pesquisa sempre existem insuficiências. A gestão de ferramentas do *lean design* deveriam ter recebido maior tempo de planejamento e atenção para que o projeto evoluísse com maior rapidez e não houvesse desperdícios.

Vale salientar, que posteriormente faz-se necessário uma nova análise para apurar os dados que não puderam ser comparados de forma exata pelo fato de o projeto ainda estar em desenvolvimento na data.

Apesar de tudo, o modelo enxuto mostrou-se eficiente em vários aspectos e trouxe benefícios a empresa São José Industrial, sendo sua utilização indicada para os projetos futuros.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Raquel Cavalcanti de; ALMEIDA, Milene Felix de; MEDEIROS, Kleber Fernandes de. **ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO E A IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS NA PRODUÇÃO DO CAULIM**. Encontro nacional de engenharia de produção. Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009.

ALVES, Érika Andrade Castro. **O PDCA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DA ROTINA**. XI Congresso nacional de excelência em gestão. 13 e 14 de agosto de 2015.

ALVES, J.M. **O Sistema Just In Time Reduz os Custos do Processo Produtivo**, São Paulo: Instituto de Formento e Coordenação Industrial – IFI Control Técnico Aeroespacial. 1995

BACK, Nelson. et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri- SP: Manole, 2008.

BASSO, Renato G. **Estratégia de planejamento de produção e os sistemas ERP em ambientes sujeitos ao fenômeno hockey-stick**. 2015. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Engenharia de produção, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BJORKLUND, J. 10 Ways to use ERP to lean the manufacturing supply chain. **IFS white paper**, 2009.

BLATI, Anderson Caldeira; KELENCY, Luiz Gustavo; CORDEIRO, Ramon Willian Lessa. **BALANCEAMENTO DE OPERAÇÕES Aplicação da ferramenta de balanceamento de operações em uma linha de produção de bombas de combustíveis**. Universidade Anhembi Morumbi. SÃO PAULO 2010.

CARPINETTI, Luiz C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 3ª ed. Atlas: São Paulo, 2016 .

CARTER, D.E.; BAKER, B.S. **Concurrent engineering: the product development environment for the 1990**. Mentor Graphics Corporation, 1992.

COSTA, F. N. et al. **Determinação e análise da capacidade produtiva de uma empresa de cosméticos através do estudo de tempos e movimentos**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, XXIII., 2008, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Rio de Janeiro. ENEGEP, 2008. Disponível em: < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_sto\\_069\\_496\\_10717.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_069_496_10717.pdf) >. Acesso em 11 de fev. 2015.

CUMMINGS, D. **Managing the Constraint Operation thru Heijunka: Production Leveling**. Disponível em: . Acesso em: 31 Mar. 2008. 2007.

DAVENPORT, T.H. **Putting the Enterprise into the enterprise system**. Harvard Business Review, v. 76, n. 4, p. 121-131, Jul. /Ago. 1998.

EMBRAPA. **Fertilizantes de eficiência aumentada: uso de ureia de liberação controlada ou com inibidores em sistemas agrícolas sustentáveis.** Palmas, TO. Setembro, 2016

EXELOP. **VALUE STREAM MAPPING (VSM) : WHY IS IT IMPORTANT TO USE IT?**. Disponível em: <<https://www.exelop.com/formation/en/value-stream-mapping-vsm-why-is-it-important-to-use-it/>>. Acesso em: 02 de novembro de 2019.

FERNANDES, Guilherme Werpel. **A UTILIZAÇÃO DO KANBAN E MRP EM UMA INDÚSTRIA ELETRÔNICA COM SISTEMA HÍBRIDO DE PRODUÇÃO.** Universidade federal de juiz de fora faculdade de engenharia Departamento de engenharia de produção. JUIZ DE FORA 2013.

FERNANDES, F. C. F. & GODINHO, F. M. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial**, Editora Atlas. 2010

FIALHO, Karlo E. R. et al. **Explorando a aplicação dos conceitos lean design em processo de elaboração de projetos.** In: Encontro nacional de engenharia de produção, 35, 2015, Fortaleza. Anais. 2015.

FLORES, Eduardo Fiorin. **Análise de máquinas agrícolas distribuidoras de fertilizantes segundo requisitos projetuais.** Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Santa maria 2008.

FONSECA, M.N.C.P. **Sistema integrado de balanceamento de linhas de produção na indústria do calçado.** 2011. 87 f. Tese (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

FRANKLIN, Yuri; NUSS, Luiz Fernando. **Ferramenta de Gerenciamento.** Resende: AEDB, Faculdade de Engenharia de Resende, 2006.

GHINATO, P. **Elementos fundamentais do sistema Toyota de produção.** In: produção e competitividade: aplicações e inovações. Recife, Editora UFPE, 2000.

GIL, A, C. **Como Elaborar Projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas S.A, 2002.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa.** Rio de Janeiro: Campos, 1993.

GOLDRATT, E.M. **The Haystack Syndrome: Sifting Information Out of the Data Ocean.** North River Press, Great Barrington, 1990.

GROVER, V. & W.R. KETTINGER (2000) - **Process Think: Winning Perspectives For Business Change in the Information Age**, Idea Group Inc. Hershey.

JUNIOR, Jesus R. V. et al. **Os benefícios da implantação da cronoanálise.** XXXV Encontro nacional de engenharia de produção - Fortaleza- Ceará, 2015.

KRAJEWSKI, L., RITZMAN, L., MALHOTRA, M. **Administração da Produção e Operações**. 8 ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 615 p.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005

LIKER, J. K; MEIER, D. **O Modelo Toyota: manual de aplicação**. Trad. L.B. Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LOBO, Renato Nogueiro. **Gestão da Qualidade**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2010.  
MACHADO, José Fernando. **Método Estatístico – Gestão da qualidade para melhoria contínua**. 1ed. São Paulo, 2010

LOVRO, Arthur. **Aplicação do pensamento Lean no Desenvolvimento de Produtos**. USP (2011).

MACHADO, Simone Silva. **Gestão da Qualidade**. Inhumas: IFG; Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

MACHADO, Simone Silva. **Gestão da Qualidade**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Inhumas – GO, 2012.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª Ed. Editora Atlas S.A – 2003.

MAIA, Thaís de Freitas; VASCONCELOS, Giancarlo Ribeiro. **ANÁLISE DE PRODUÇÃO PUXADA E PRODUÇÃO EMPURRADA: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE EMBALAGENS DO SUDOESTE GOIANO**. Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia de Produção. 2017.

MORAES, Emerson Augusto Priamo. **GUIA PMBOK PARA GERENCIAMENTO DE PROJETOS**. Congresso nacional de excelência em gestão 2012.

NOGUEIRA, Lúcio J. M. **Melhoria da Qualidade através de Sistemas Poka-Yoke**. 2010. Dissertação (Mestrado em engenharia). – Engenharia metalúrgica e de materiais; Universidade do porto, Porto – Portugal, 2010.

ODORCZYK, Ricardo Siebenrok, **RELACIONAMENTO DOS CONCEITOS DE LEAN THINKING E DESIGN THINKING: UM ESTUDO TEÓRICO CURITIBA**. Universidade federal do paraná. Curitiba, 2018.

OHNO,T. **O sistema de produção Toyota**. Productivity, 1997.

OLIVEIRA, André Bernardo de; CHIARI, Renê. **Fundamentos em gerenciamento de projetos baseado no PMBOK**. 5 ed. Pensilvânia: Project Management Institute, Inc, 2016.

PANDE, PETER S.; ET AL. **Estratégia Seis Sigma: Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 472 p.

PERLINGEIRO, Carlos A. G. **Engenharia de processos – Análise, simulação, otimização e síntese de processos químicos**. Editora Blucher, 2005.

REZENDE et al. **LEAN MANUFACTURING: REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS E A PADRONIZAÇÃO DO PROCESSO**. Faculdade de Engenharia de Resende. 2013

RIBEIRO, Ricardo Nuno Loureiro. **Aplicação de Técnicas de Melhoria Contínua em Processos Produtivos**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Janeiro 2011.

ROCHA, D. R. **Balanceamento de linha: um enfoque simplificado**. 2011.

ROCHA, Juliana Aparecida Vieira da; NAVARRO, Alexandre. **A importância da capacidade produtiva e cronoanálise para empresas do polo moveleiro de Ubá**. IX SAEPRO; Universidade Federal de Viçosa, 2014

ROMANO, Leonardo Nabaes. **MODELO DE REFERENCIA PARA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**. Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do grau de DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA. Florianópolis, 14 de Agosto de 2003.

RON, A. J., ROODA, J. E.; Equipment Effectiveness: OEE Revised. IEEE Transactions on semi-conductor manufacturing, Volume18, No.1, 2005.

ROTHER M.; SHOOK J. **Learning to see: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda**. Lean Enterprise Institute, 2003

SANTANA, Alessandro; MASSARANI Dr. Marcelo. **Engenharia do valor associada ao DFMEA no desenvolvimento do produto**. 2005 Society of Automotive Engineers

SANTOS, Ana Carolina Oliveira. **ANÁLISE DO INDICADOR DE EFICIÊNCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTOS PARA ELEVAÇÃO DE RESTRIÇÕES FÍSICAS EM AMBIENTES DE MANUFATURA ENXUTA**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ 2009

SANTOS, Rafael P.C. Engenharia de processos: Análise do referencial teórico-conceitual, instrumentos, aplicações e casos. 2002. Tese (Mestrado em engenharia de produção); Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

VIDOSSICH, F. **Glossário da Modernização Industrial**. Santa Catarina: Futurível, Vol. 1, 1999.

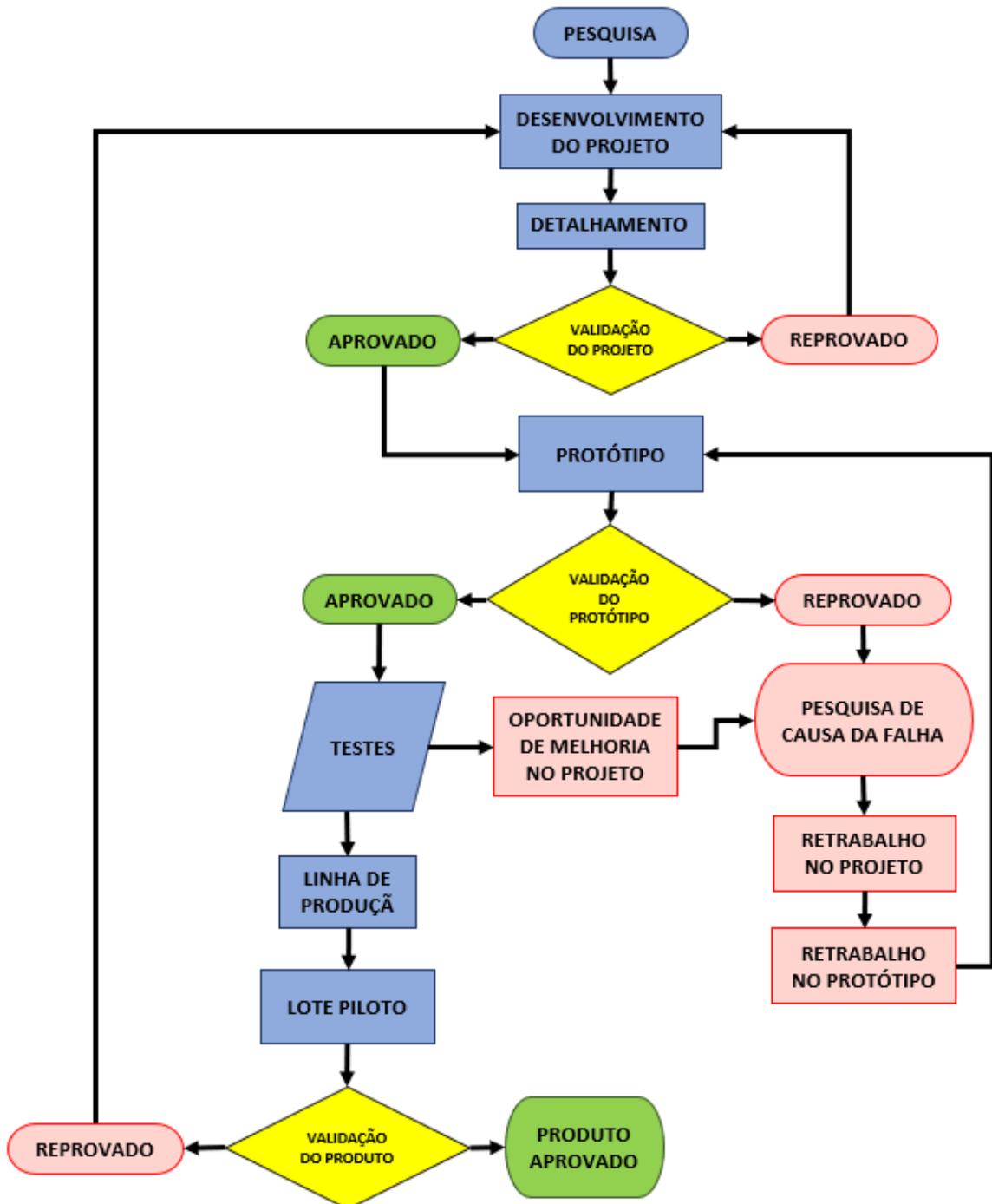
VOTTO, R. G. Produção enxuta e teoria das restrições: proposta de um método para implantação conjunta na indústria de bens de capital sob encomenda. 2012.

294 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de PósGraduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

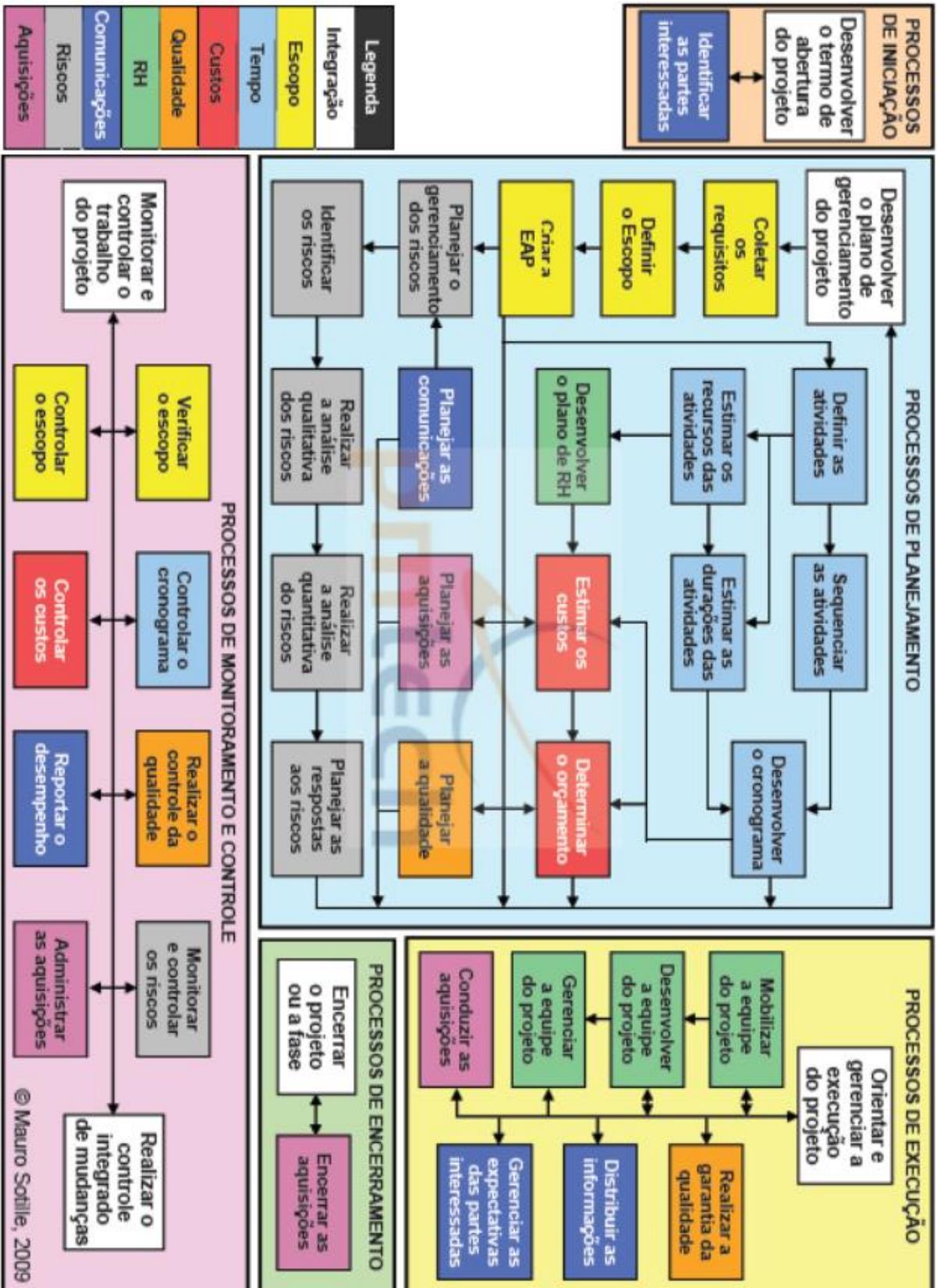
WERKEMA, Maria C.C. **Lean Seis sigma - introdução às ferramentas do lean manufacturing**. Belo horizonte: Werkema editora, 2006.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

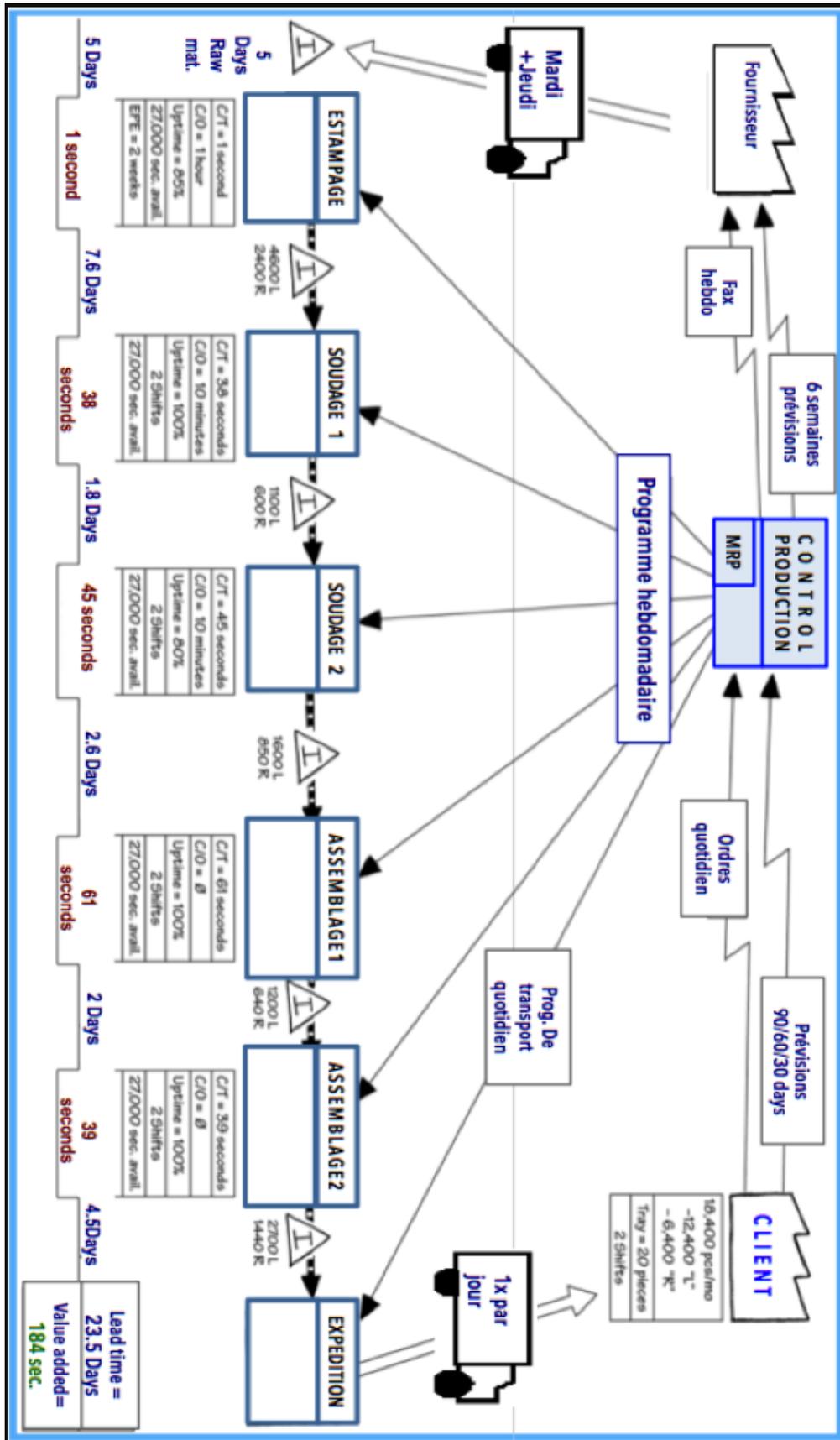
## APÊNDICE A - ROTEIRO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO



ANEXO A – Fluxo resumido de processos do gerenciamento de projetos



ANEXO B – Fluxo resumido de processos do gerenciamento de projetos



Fonte: Adaptado Exelop Innovation & Operational Excellence (2016)