



**Universidade Federal do Amazonas**  
**Faculdade de Tecnologia**  

---

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia de**  
**Produção - PPGEF**



## **MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Gustavo Rodrigues Guimarães**

**MELHORIA DA COMPETITIVIDADE DE PREÇO DE UMA PME DO POLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE  
LEAN MANUFACTURING: UMA ABORDAGEM ENTRE CLIENTE E  
FORNECEDOR**

MANAUS - AM

2020

Gustavo  
Rodrigues  
Guimarães

MELHORIA DA COMPETITIVIDADE DE PREÇO DE UMA PME DO POLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DAS  
FERRAMENTAS DE LEAN MANUFACTURING: UMA ABORDAGEM  
ENTRE CLIENTE E FORNECEDOR

MESTRADO  
FT-UFAM  
2020

**GUSTAVO RODRIGUES GUIMARÃES**

**MELHORIA DA COMPETITIVIDADE DE PREÇO DE UMA PME DO POLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE  
LEAN MANUFACTURING: UMA ABORDAGEM ENTRE CLIENTE E  
FORNECEDOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

PROF. DR. MARCELO ALBUQUERQUE DE OLIVEIRA

MANAUS - AM

2020

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

G963I Guimarães, Gustavo Rodrigues  
Melhoria da competitividade de preço de uma PME do Polo Industrial de Manaus através da aplicação das ferramentas de lean manufacturing: : uma abordagem entre cliente e fornecedor / Gustavo Rodrigues Guimarães . 2020  
77 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Marcelo Albuquerque de Oliveira  
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Lean Manufacturing. 2. Lean Supply Chain. 3. Ferramentas lean. 4. Gestão da Produção. I. Oliveira, Marcelo Albuquerque de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

GUSTAVO RODRIGUES GUIMARÃES

**MELHORIA DA COMPETITIVIDADE DE PREÇO DE UMA PME DO POLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE  
LEAN MANUFACTURING: UMA ABORDAGEM ENTRE CLIENTE E  
FORNECEDOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Aprovado em 15 de junho de 2020

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Marcelo Albuquerque de Oliveira  
Universidade Federal do Amazonas

Profa. Dra. Gabriela de Mattos Veroneze  
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Marcelo Silva Pereira  
Membro Externo

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, primeiramente, por tudo e por todos.

À minha esposa Karina e ao meu enteado Pedro Guilherme, pelo suporte diário e por estarem ao meu lado em todos os momentos.

À Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade de realizarmos este Mestrado, mesmo com todas as adversidades.

Ao meu orientador, Dr. Marcelo Albuquerque de Oliveira, por dispor, com toda serenidade, seu conhecimento profissional e acadêmico e mostrar o caminho a ser seguido na elaboração dessa dissertação.

Aos demais professores e servidores da Universidade Federal do Amazonas pelos ensinamentos e suporte durante todo período que estivemos juntos.

Às empresas onde a pesquisa foi realizada, que deram todo apoio e confiaram na realização do trabalho.

Aos meus pais, Luiz Augusto e Maria Josefa, que são a base de tudo para mim.

*A educação tem raízes amargas, mas os seus frutos são doces.*

*Aristóteles*

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma pesquisa de aplicação prática das ferramentas de *Lean Manufacturing* em uma empresa de pequeno porte do Polo Industrial de Manaus que fornece produtos de estampagem metálica para uma multinacional fabricante de motocicletas. O problema encontrado é a falta de trabalhos estruturados de redução de desperdícios no fornecedor de peças, diante de um cenário de retração nas vendas de motos. Portanto, o objetivo da pesquisa é utilizar as ferramentas do *Lean Manufacturing* para melhorar a competitividade de preço da empresa fornecedora de produtos metálicos estampados do segmento de motocicletas do Polo Industrial de Manaus. Para isso foi realizada uma revisão bibliográfica à cerca dos princípios do *Lean Manufacturing*, bem como dos processos de estampagem e soldagem, adicionalmente foi realizada uma pesquisa exploratória. Os principais resultados alcançados foram a absorção do conhecimento das ferramentas *Lean* utilizadas na pesquisa, que possibilitou a geração de atividades que contribuíram para a redução de desperdícios nos processos analisados, além do estabelecimento de uma abordagem para negociação entre cliente e fornecedor.

**Palavras-chave:** *Lean Manufacturing. Lean Supply Chain. Gestão da Produção*



## **ABSTRACT**

This work presents a research of practical application of Lean Manufacturing tools in a small company of the Industrial Pole of Manaus that supplies metallic stamping products to a multinational motorcycle manufacturer. The problem encountered is the lack of structured work to reduce waste at the parts supplier, given a scenario of retraction in motorcycle sales. Therefore, the objective of the research is to use Lean Manufacturing tools to improve the price competitiveness of the supplier of stamped metallic products in the motorcycle segment of the Manaus Industrial Pole. For this, a bibliographic review was carried out around the principles of Lean Manufacturing, as well as the processes of stamping and welding, in addition an exploratory research was carried out. The main results achieved were the absorption of knowledge of the Lean tools used in the research, which enabled the generation of activities that contributed to the reduction of waste in the analyzed processes, in addition to the establishment of an approach for negotiation between customer and supplier.

**Keywords:** Lean Manufacturing. Lean Supply Chain. Production Management

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – 5 Princípios para Eliminação de Desperdícios .....	21
Figura 2 – Matriz de Mix de Produtos.....	25
Figura 3 – Representação do estado atual de um processo .....	26
Figura 4 - Representação do estado futuro de um processo .....	26
Figura 5 – Ícones do Mapa de fluxo de valor.....	27
Figura 6 – Soldagem por fusão de material adicional .....	35
Figura 7 – Nomenclaturas técnicas dos cordões de solda .....	35
Figura 8 – Ferramenta de corte.....	38
Figura 9 – Ferramenta de dobramento.....	39
Figura 10 – Ferramenta de estampagem profunda .....	39
Figura 11 – Síntese dos procedimentos de pesquisa.....	43
Figura 12 – Treinamento teórico de <i>Lean Manufacturing</i> .....	45
Figura 13 – Estribo da motocicleta .....	46
Figura 14 – Análise do fluxo de produção .....	47
Figura 15 – Fluxo de processo .....	48
Figura 16 – Análise dos setores produtivos .....	49
Figura 17 – Ferramentas de estampagem .....	49
Figura 18 – Análise de valor do processo de estampagem.....	50
Figura 19 - Identificação das perdas no processo de estampagem .....	50
Figura 20 – Desperdício de matéria-prima .....	51
Figura 21 – Possibilidade de aproveitamento de matéria-prima.....	51
Figura 22 – <i>Lay out</i> do processo de soldagem.....	52
Figura 23 – Levantamento dos postos de soldagem.....	53
Figura 24 - Análise de valor do processo de soldagem.....	53
Figura 25 – Mapa de fluxo de valor atual .....	55
Figura 26 – Novo <i>lay out</i> proposto .....	57
Figura 27 – Carro transportador de <i>kits</i> .....	57
Figura 28- Proposta de novo <i>lay out</i> para estampagem.....	58
Figura 29 – Proposta de confecção de top de avanço da tira .....	59
Figura 30 – Proposta de ferramenta de estampagem .....	59
Figura 31 – Novo balanceamento de atividades proposto .....	60
Figura 32 – <i>Lay out</i> proposto para o processo de soldagem .....	61

Figura 33 – Novo mapa de fluxo de valor.....	62
Figura 34 – Alteração de <i>layout</i> da fábrica.....	64
Figura 35 – Novo <i>layout</i> no processo de estampagem .....	65
Figura 36 – Confecção do <i>top</i> da tira .....	65
Figura 37 – Ferramenta de estampagem com aproveitamento de matéria-prima.....	66
Figura 38 – Posto de soldagem após as melhorias.....	67
Figura 39 – Negociação de preço cliente / fornecedor .....	67

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Nível de Produção de Motocicletas (milhões de unidades) .....	14
Gráfico 2 – Número de Artigos Publicados sobre <i>Lean</i> .....	23
Gráfico 3 – Balanceamento da linha de soldagem .....	54
Gráfico 4 – Novo balanceamento de linha no processo de soldagem.....	66

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Evolução cronológica do Lean .....	22
Quadro 2 – Tipos de processo de soldagem por fusão (Continua) .....	33
Quadro 2 – Tipos de processo de soldagem por fusão (Conclusão).....	34
Quadro 3 – Processos de conformação plástica .....	37

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 Contextualização .....	14
1.2 Formulação do Problema.....	15
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Geral .....	16
1.3.2 Específicos.....	16
1.4 Justificativa .....	16
1.5 Delimitação do Estudo .....	17
1.6 Estrutura do Trabalho .....	17
<b>2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1 Lean Manufacturing .....	19
2.1.1 Mapa de Fluxo de Valor.....	24
2.1.2 Gráfico Yamazumi .....	27
2.2 Lean Education.....	28
2.3 Lean Supply Chain.....	29
2.4 Processo de Soldagem.....	32
2.5 Processo de Estampagem.....	36
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>40</b>
3.1 Classificação Quanto a Natureza da Pesquisa .....	40
3.2 Classificação Quanto aos Objetivos da Pesquisa.....	40
3.3 Classificação Quanto aos Procedimentos Técnicos .....	40
3.4 Classificação Quanto a Abordagem do Problema .....	41
3.5 Local da Pesquisa.....	41
3.6 Procedimentos de Pesquisa .....	42
<b>4 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>44</b>
4.1 Definição das Ações .....	44
4.2 Treinamento Teórico.....	44
4.3 Verificação do Processo.....	45
4.3.1 Seleção da Família de Produtos .....	45

4.3.2	Investigação do Fluxo de Processo .....	46
4.3.3	Investigação dos Processos Produtivos (Estampagem) .....	48
4.3.4	Investigação dos Processos Produtivos (Soldagem) .....	52
4.3.5	Elaboração do Mapa de Fluxo de Valor Atual.....	54
4.4	Proposição das Melhorias (Mapa de Fluxo de Valor Futuro).....	56
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>68</b>
6.1	Impactos do Trabalho .....	69
6.1.1	Impacto Acadêmico .....	69
6.1.2	Impacto Econômico .....	69
6.1.3	Impacto Social .....	70
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>71</b>

# 1 INTRODUÇÃO

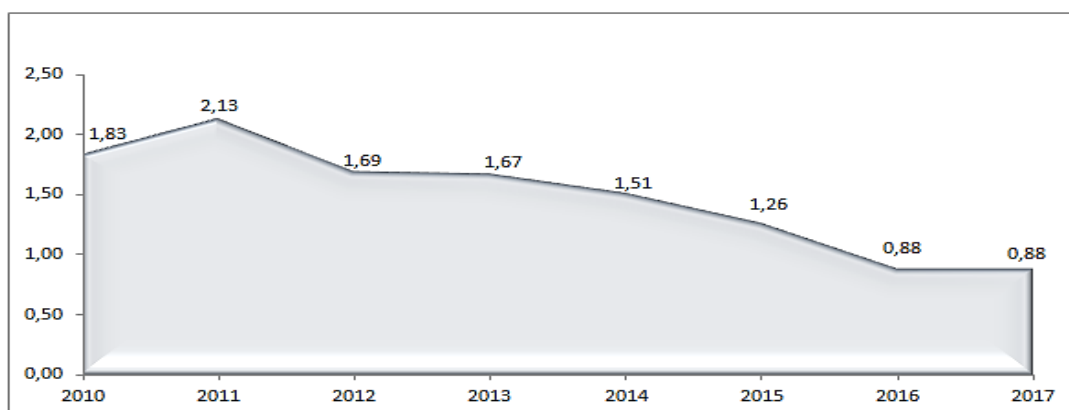
## 1.1 Contextualização

A frota de duas rodas representa uma fração significativa dos meios de transporte no Brasil. São 26.159.702 motocicletas circulando no país em 2017, o que reflete uma participação 26,94% da frota geral de veículos automóveis, de acordo com a Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares (Abraciclo) no ano de 2018.

Os principais fabricantes de motocicletas do país, bem como parte de seus fornecedores, estão localizados na cidade de Manaus, Amazonas. Estas empresas começaram a se integrar com o Polo Industrial de Manaus (PIM) em 1970, sendo este atualmente, um dos polos industriais essenciais no Brasil, tendo faturado um total de US\$25,6 bilhões em 2017, segundo dados da Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) em 2018. O setor de duas rodas é um dos mais significativos para o PIM, tendo produzido 884.433 unidades, com faturamento de 3,4 bilhões de dólares (SUFRAMA, 2018).

Apesar dos números expressivos, o setor de veículos de duas rodas experimenta uma desaceleração nos últimos anos, como mostra a Figura 1. A produção de motos caiu 51,91% entre 2010 e 2017, sendo as principais razões para isso as condições políticas e econômicas que ocorreu no Brasil. Este mercado é dependente de crédito financeiro e, nesse período, houve uma queda acentuada no crédito para compras de motocicletas, o que acabou afetando as vendas no varejo.

**Gráfico 1 - Nível de Produção de Motocicletas (milhões de unidades)**



Fonte: Anuário da Indústria Brasileira de Duas Rodas (2018).



Diante desse cenário de retração da produção, as fabricantes de motocicletas tiveram que adaptar seus processos produtivos, reduzindo custos para manter suas margens de lucro. Em uma dessas empresas, situada no PIM, são realizadas desde 2014 diversas atividades de melhoria nos processos produtivos. Para a implementação das práticas de melhoria contínua, a aplicação da filosofia da Lean foi de vital importância para a análise do cenário da fábrica e proposição de ideias, como por exemplo redução de estoques, alteração, balanceamento e sincronia de linhas de produção.

## **1.2 Formulação do Problema**

Apesar dos esforços realizados internamente na empresa terem surtido os resultados esperados de adequação dos processos produtivos a nova demanda do mercado, que geraram redução de custo de fabricação, para se manter competitiva a companhia precisava melhorar continuamente. Analisando a estrutura de custo da fábrica se verificou que 70% do custo de fabricação de uma moto advinham da compra de insumos e peças fabricadas por fornecedores, sendo esse custo composto por 40% nacionais e 60% internacionais.

Analisando junto ao setor responsável pelas compras de insumos e desenvolvimento de fornecedores, verificou-se que não havia trabalhos em conjunto entre a empresa e seus fornecedores para melhoria de processo. Constatou-se ainda, que uma pequena parcela de fornecedores possuía trabalhos consistentes de melhoria de processo de modo a repassar redução de preço para o cliente, pelo contrário, a grande maioria solicitava anualmente aumento de preços referente a dissídio de mão-de-obra e aumento de custo de matéria-prima.

Dentre as táticas utilizadas pelo analista do setor de suprimentos na negociação com fornecedores é possível citar algumas já presentes na literatura, segundo Davis (2003), como maior dependência de contratos de longo prazo, influência através da consolidação de compras em grandes volumes, negociações mais difíceis, uso de leilões reversos e busca de oportunidades de mão de obra de menor custo. Vitasek (2012) complementa que o estado da arte nesta área ainda se baseia, em grande parte, em contratos inflexíveis orientados principalmente a prevenção de riscos, limitação de responsabilidade e menor custo possível de aquisição de produtos.

Davis (2003) afirma ainda que embora as ações acima citadas tenham seus méritos, elas estão focadas no curto prazo, ignorando qualquer alternativa de se pensar estrategicamente sobre colaboração juntamente com os fornecedores.

Neste contexto, o foco principal do trabalho foi responder: **Como uma organização pode utilizar Lean Manufacturing para aumentar a eficiência dos processos de seus fornecedores e gerar vantagem competitiva com as práticas utilizadas?**

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Geral**

Melhorar a competitividade de preço de uma empresa fornecedora de produtos metálicos estampados do segmento de motocicletas do Polo Industrial de Manaus através da aplicação das ferramentas de *Lean Manufacturing*.

#### **1.3.2 Específicos**

- a) Realizar treinamento com o corpo técnico da empresa fornecedora;
- b) Mapear os processos da empresa e identificar as atividades que geram valor;
- c) Identificar oportunidades de melhoria e aplica-las no processo;
- d) Utilizar os resultados obtidos como estratégia de negociação entre cliente e fornecedor.

### **1.4 Justificativa**

A literatura referente da aplicação dos conceitos de *Lean Manufacturing* costuma focar os estudos na aplicação das técnicas em processos produtivos fabris e mais recentemente nos setores de serviço, saúde etc. Porém ainda há espaço para a realização de estudos mais aprofundados sobre a aplicação das ferramentas *Lean* em Pequenas e Médias Empresas (PMEs).

Portanto o trabalho visa a aplicação das ferramentas de *Lean Manufacturing* em uma empresa de pequeno porte a fim de testar sua eficácia como um mecanismo estratégico de colaboração conjunta entre fornecedor e cliente, visando o desenvolvimento de uma parceria de longo prazo que traga benefícios para ambas as empresas.

### **1.5 Delimitação do Estudo**

A pesquisa foi realizada dentro de uma empresa de pequeno porte, fornecedora de peças metálicas estampadas para uma multinacional do segmento de motocicletas.

Apesar do pesquisador fazer parte do quadro técnico da fabricante de motocicletas, o trabalho de pesquisa se concentrou totalmente na aplicação das ferramentas de *Lean Manufacturing* na empresa fornecedora, sendo o estudo dividido na análise primeiramente do fluxo de produção e posteriormente dos processos de estampagem e soldagem.

### **1.6 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho foi dividido em seis capítulos organizados conforme a estrutura apresentada a seguir:

- Capítulo 1 – apresenta a contextualização do trabalho, bem como o problema a ser estudado, o objetivo geral e específicos, além da justificativa para o estudo do tema e a delimitação da pesquisa.
- Capítulo 2 – organiza o referencial teórico, que tem como objetivo sustentar e embasar o projeto de pesquisa, além de contextualizar o leitor sobre o tema da pesquisa. Os principais assuntos abordados neste capítulo são *Lean Manufacturing* e os processos de estampagem e soldagem.
- Capítulo 3 – estrutura a metodologia a ser utilizada no trabalho tendo como base a fundamentação teórica e os procedimentos científicos escolhidos pelos autores.
- Capítulo 4 – são aplicados os conhecimentos teóricos e a metodologia definida para coletar e tratar dados de eventos reais, a fim de se encontrar respostas para o problema formulado na pesquisa.

- Capítulo 5 – sintetiza os resultados encontrados na pesquisa de campo, além de refletir sobre os impactos gerados pela pesquisa nos âmbitos acadêmico, social e econômico.
- Capítulo 6 – finaliza o projeto de pesquisa relatando as impressões e conclusões dos pesquisadores à cerca do trabalho desenvolvido.

## 2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

### 2.1 Lean Manufacturing

O termo “*Lean*” foi mencionado pela primeira vez por John Krafcik em 1988 em seu artigo para a MIT Sloan Management Review, onde o autor demonstrou a diferença entre o sistema de produção ocidental e o sistema oriental, que adotava o sistema de produção enxuto (KRAFCIK, 1988). Contudo, o termo *Lean Manufacturing* tornou-se popular após a publicação do livro “A máquina que mudou o mundo” de James P. Womack de 1990, no qual o autor define Lean como uma forma de especificar valor, realizando na melhor sequência as atividades que geram valor, sem interrupções e cada vez mais eficiente (WOMACK, 1990).

De toda forma, as raízes do Lean Manufacturing são ainda mais antigas, vieram dos princípios do Sistema Toyota de Produção (TPS) de Taiichi Ohno. Após o término da Segunda Guerra Mundial, a manufatura enxuta foi desenvolvida pelos fabricantes japoneses principalmente na indústria automotiva. Esse período foi caracterizado por um problema de escassez de materiais, dinheiro e recursos humanos. Na empresa de automóveis Toyota, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno estabeleceram o conceito Sistema Toyota de Produção, que hoje é conhecido como *Lean Manufacturing* (GUPTA *et al.*, 2013).

Ohno (1997) classifica as atividades em trabalho de valor agregado (processamento que modifica a forma ou o caráter do produto), trabalho sem valor agregado (atividades que não geram valor, mas precisam ser executadas na condição atual de um processo de produção) e *muda*, termo em japonês bastante utilizado, que significa “desperdício” (movimento repetitivo e desnecessário), sendo este último o foco do trabalho de melhoria.

O autor classifica ainda os desperdícios em superprodução, espera, transporte, processamento em si, estoque, movimento e fabricação de produtos defeituosos. Liker (2004) definiu os sete desperdícios do Sistema Toyota de Produção e ainda incluiu um oitavo desperdício:

1. Superprodução: produção de itens para os quais não há pedidos, o que gera perdas como excesso de pessoal e custos de armazenamento e transporte devido ao excesso de estoque.

2. Espera: Trabalhadores apenas servindo para assistir a uma máquina automatizada ou ter que ficar parado aguardando a próxima etapa de processamento, ferramenta, suprimento, peça etc., ou simplesmente não tendo nenhum trabalho por causa de falta de estoque, atrasos no processamento do lote, tempo de inatividade do equipamento e gargalos de capacidade.
3. Transporte: transportar por longas distâncias peças em processamento, criando ineficiência de transporte ou movimentação de materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou fora do estoque ou entre processos.
4. Processamento Incorreto: tomar medidas desnecessárias para processar as peças. Processo ineficiente devido ao mau design da ferramenta ou do produto, causando movimentos desnecessários e produzindo defeitos. Ou ainda, gerando desperdício ao fornecer produtos de qualidade superior ao necessário.
5. Estoque: excesso de matéria-prima, produto em processamento ou produtos acabados, causando prazos mais longos, obsolescência, bens danificados, custos de transporte e armazenamento e atraso. Além disso, o inventário extra oculta problemas como desequilíbrios de produção, entregas atrasadas de fornecedores, defeitos, tempo de inatividade do equipamento e longos tempos de instalação.
6. Movimento Desnecessário: qualquer movimento desperdiçado que o funcionário deve executar durante o curso de seu trabalho, como procurar, pegar ou empilhar peças, ferramentas etc. Além disso, caminhar é um desperdício.
7. Defeitos: produção ou correção de peças defeituosas. Reparo ou retrabalho, sucata, produção para reposição e inspeção significa desperdício de tempo e esforço.
8. Criatividade não utilizada dos funcionários: perder tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizado por não engajar ou ouvir seus funcionários.

Segundo Hines (2011) além dos desperdícios (*mudas*) acima citados, é importante estar atento para outros dois conceitos, *mura* e *muri*:

- *Mura*: termo em japonês que pode ser traduzido como “variabilidade” ou “irregularidade”, são as perdas referentes a falta de regularidade em uma

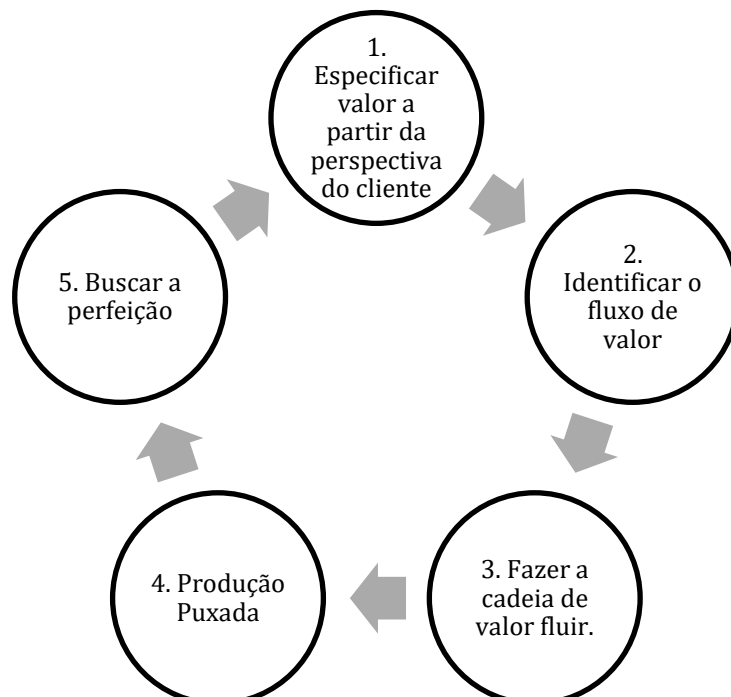
operação, tendo funcionários eventualmente com picos de trabalho e em seguida momentos de espera.

- Muri: termo em japonês que pode ser traduzido como “sobrecarga”, são perdas referentes a esforços feitos acima do limite tanto de operadores quanto de máquinas.

Womack (1998) definiu 5 princípios fundamentais para a eliminação dos desperdícios e a transformação Lean sustentável por parte das organizações. Hines (2011) resumiu esses princípios da seguinte forma (FIGURA 2):

1. Especificar dentro da operação as atividades que criam valor e as que não criam valor a partir da perspectiva do cliente.
2. Identificar todas as etapas que são necessárias para produzir o produto dentro do fluxo de valor e destacar as atividades que não agregam valor.
3. Realizar ações que criam fluxo de valor sem interrupção, desvios, espera ou sucata.
4. Fazer somente o que é puxado pelo cliente.
5. Buscar a perfeição eliminando continuamente os desperdícios à medida que forem detectados no processo.

**Figura 1 – 5 Princípios para Eliminação de Desperdícios**



Fonte: Adaptado de Womack (1998).

Bhamu et al. (2014) apresenta a evolução do estudo do *Lean Manufacturing* desde meados da década de 1980, até os dias atuais. Em seu artigo foram analisados 209 trabalhos, onde ele demonstra a evolução cronológica das pesquisas e aponta algumas conclusões sobre o tema: a verificação da teoria através de estudos empíricos e exploratórios tem sido o foco de pesquisa em *Lean Manufacturing*, tendo a indústria automotiva como centro das pesquisas em seu início e atualmente sendo aplicado em diversas áreas, porém sua utilização em pequenas e médias indústrias ainda não é generalizada por causa do medo de alto custo de implementação e benefícios futuros incertos, sendo necessário algum tipo de apoio externo para melhorar a adoção do *Lean* nestes segmentos. O quadro 1 a seguir sintetiza a evolução da pesquisa do *Lean Manufacturing*.

**Quadro 1 – Evolução cronológica do Lean**

	<b>FASE I ANTES DE 1994</b>	<b>FASE I 1994-1999</b>	<b>FASE II 2000-2005</b>	<b>FASE III 2006 +</b>
<b>Área de Foco</b>	Redução de custo e melhoria da produtividade	Satisfação do cliente em termos de qualidade, custo e entrega	Sistema de Valor, consumo enxuto e expansão para outras áreas da empresa	Criação de Valor e inovação
<b>Propagação do Conhecimento</b>	Origem e desenvolvimento da filosofia	Disseminação começa a obter larga escala	O Lean se propaga para desenvolvimento de produtos, marketing, vendas, serviço, contabilidade, etc.	Fase de desempenho. Desenvolvimento de novos princípios
<b>Tipo de Metodologia</b>	Predominantemente descritivo e estudos conceituais	Predominantemente conceitual e estudos descritivos. Começo de estudos empíricos	Predominantemente empírico e estudos exploratórios	Predominantemente estudos exploratórios longitudinais

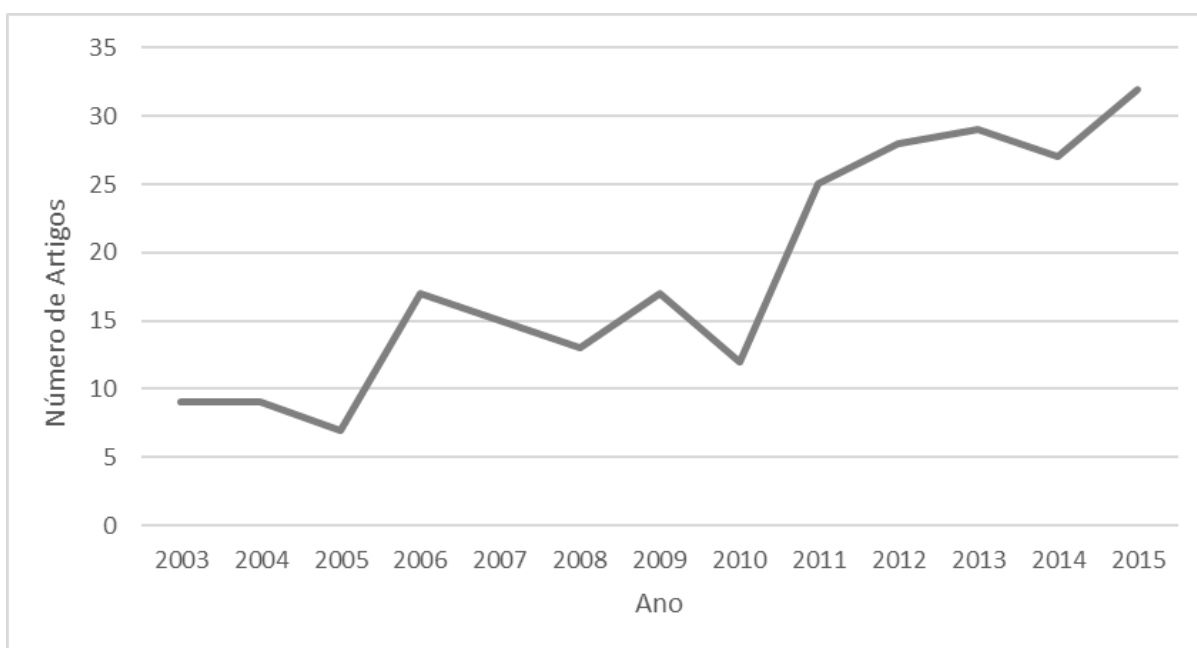
Fonte: Adaptado de Bhamu (2014).

Apesar do conceito Lean ser antigo, seu estudo ainda se mostra bastante relevante. Segundo Danese et al. (2018) o número de artigos publicados sobre o tema entre 2003 e 2015 vem aumentando consideravelmente (GRÁFICO 2). Ainda segundo a autora, apesar de 72% dos artigos publicados referentes a esse tema serem relacionados a processos de manufatura, o conceito não ficou congelado no tempo, tendo seus estudos sido aprofundados em outras áreas, como por exemplo serviços, saúde, governamentais, cadeia de suprimentos e até mesmo aeroespaciais.



Esta filosofia vem experimentando evoluções contínuas desde o seu desenvolvimento até os dias atuais, seguindo uma evolução natural, a fim de buscar a melhoria contínua do sistema através da disciplina e disseminação das boas práticas de gestão (Jones & Womack, 2002; Pinto, 2002). 2009; Clark et al., 2013; Shamah, 2013; Mann, 2014; Bortolotti et al., 2015; Kavčič e Gošnik, 2016; De Vin et al., 2017).

**Gráfico 2 – Número de Artigos Publicados sobre *Lean***



Fonte: Adaptado de Danese (2018).

A filosofia *Lean* vem sendo atrelada atualmente a áreas de pesquisas muito difundidas, como por exemplo a Indústria 4.0, sustentabilidade e meio ambiente. Sanders (2016) afirma que a integração entre Lean Manufacturing e Indústria 4.0 é um importante campo de pesquisa a ser intensivamente explorado. O autor lembra ainda que um dos pilares do Sistema Toyota de Produção é automação, conceito esse que se refere a automação de processos manuais para inclusão de inspeção, portanto a Indústria 4.0 pode ser considerado um avanço nesse campo.

Rüttimann (2016) vai além, o autor afirma que os efeitos das iniciativas da Indústria 4.0 para o sistema de produção atual precisam ser entendidos primeiros, considerando os conceitos fundamentais de manufatura, pois muitas empresas ainda hoje possuem sistemas produtivos falhos.

Portanto é preciso hoje ainda pensar primeiro em transformação *Lean*, ao invés de esperar pelas promessas da Indústria 4.0, especialmente quando se fala de PMEs.

Matt *et al.* (2020) afirma que a indústria 4.0 ainda é um grande desafio para as grandes empresas, que dispõem dos recursos financeiros e humanos necessários para introduzir tais conceitos, para as PMEs então, este processo ainda está engatinhando.

Neste sentido, Dey *et al.* (2019) verificou que a aplicação de Produção Lean como ferramenta de redução de desperdícios em pequenas e médias indústrias, ainda é um importante aliado para a construção de sustentabilidade social, econômica e ambiental, temas esses muito discutidos atualmente.

Majava *et al.* (2017) verificou que a filosofia Lean tem provado ser uma abordagem viável e popular para o desenvolvimento de processos de produção e permitindo melhoria nas PMEs europeias. Apesar de um grande interesse entre acadêmicos e profissionais, pesquisas mais empíricas sobre desenvolvimento de manufatura enxuta são necessárias.

Reforçando a pesquisa de Majava, Silva *et al.* (2019) apresenta os resultados obtidos através de uma pesquisa exploratória feita em 75 PMEs com sede na ZFM, no estado do Amazonas. Os resultados obtidos e apresentados neste artigo mostraram uma implementação limitada de *Lean Manufacturing* nas PMEs, falta de uma introdução correta dos conceitos e suas ferramentas, práticas paliativas e barreiras impostas a implantação das ferramentas. Portanto, o autor conclui que existe oportunidades para o desenvolvimento de uma metodologia que contribua para uma melhor implementação de Lean Manufacturing nesse tipo de organização.

### 2.1.1 Mapa de Fluxo de Valor

Diversas ferramentas foram criadas seguindo os princípios do Lean Manufacturing, mas uma delas, em particular, será a mais utilizada neste trabalho, o mapa de fluxo do processo. De acordo com Rother & Shook (2003), o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que ajuda a ver e entender o fluxo de material e informação à medida que o produto segue o fluxo de valor. A seguir, é apresentada as etapas para a elaboração de um mapa de fluxo de valor:

1. Primeiro Passo: selecionar uma família de produtos a partir do consumidor no fluxo de valor. Uma família é um conjunto de produtos que passam por processos semelhantes dentro do fluxo de valor e utilizam equipamentos comuns. É preciso escrever de forma clara qual é a família de produtos escolhida, quantas peças diferentes compõe-na, qual a demanda dos clientes e sua frequência de entrega. Se

o mix de produtos for complicado, é possível criar uma matriz conforme a Figura 3 abaixo, para facilitar o trabalho.

Figura 2 – Matriz de Mix de Produtos

		Etapas de Montagem e Equipamentos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Produtos	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

Uma família de produtos

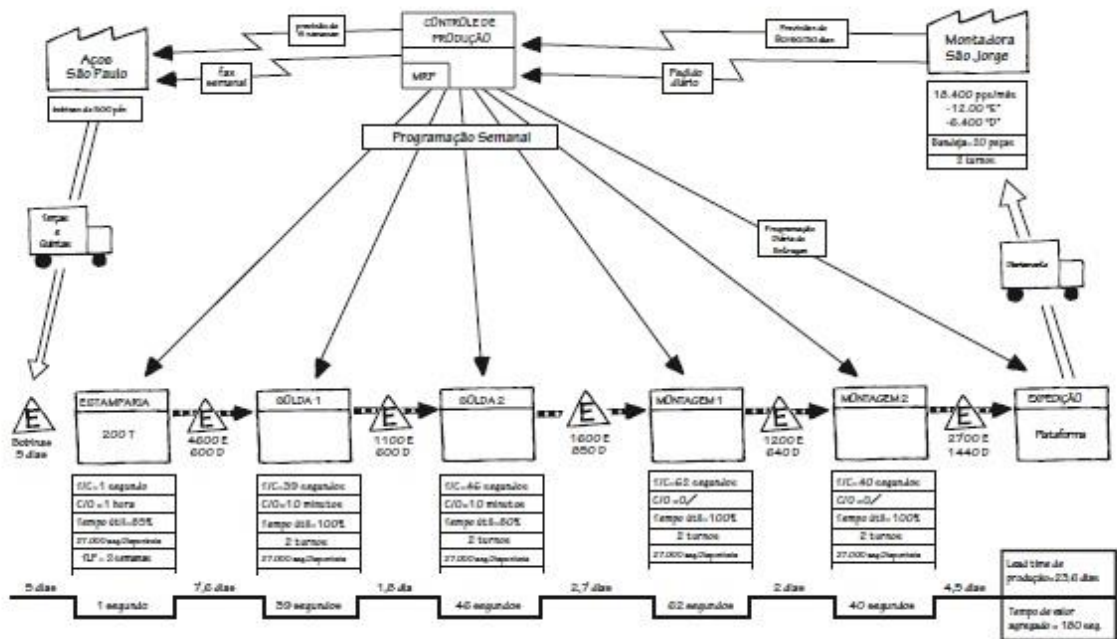
Fonte: Rother & Shook (2003).

2. Segundo Passo: desenhar o estado atual com base nas informações coletadas no chão de fábrica e paralelamente desenhar o mapa do estado futuro. O desenvolvimento do estado atual e futuro são esforços sobrepostos, pois as ideias do estado futuro virão à tona enquanto se estiver mapeando o estado atual.

3. Terceiro Passo: preparar e começar as atividades de melhoria para se atingir o estado futuro. Assim que o estado futuro for atingido, um novo mapa de estado futuro deverá ser feito, isso nada mais é do que melhoria contínua.

As figuras 3 e 4 mostram um exemplo da representação de um mapa de fluxo de valor, retratando o estado atual e o estado futuro de um processo. Em seguida, é apresentado o significado de cada um dos ícones utilizados para a elaboração do mapa (FIGURA 5).

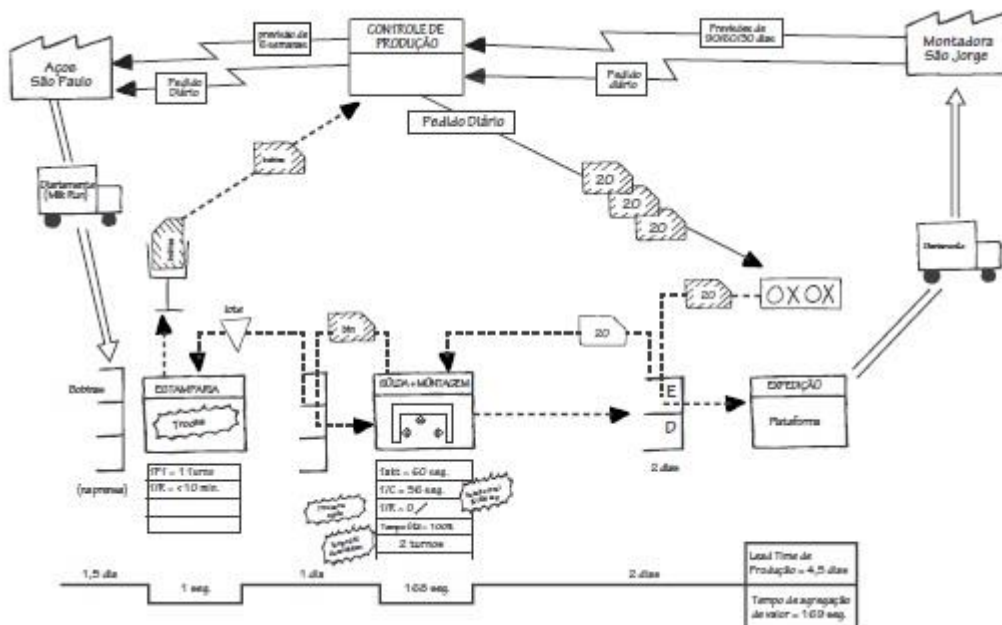
Figura 3 – Representação do estado atual de um processo



Fonte: Lean Institute Brasil (2019).

Nota: [https://www.lean.org.br/conceitos/72/mapeamento-do-fluxo-de-valor-\(vsm\)---estado-atual-e-futuro.aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/72/mapeamento-do-fluxo-de-valor-(vsm)---estado-atual-e-futuro.aspx)

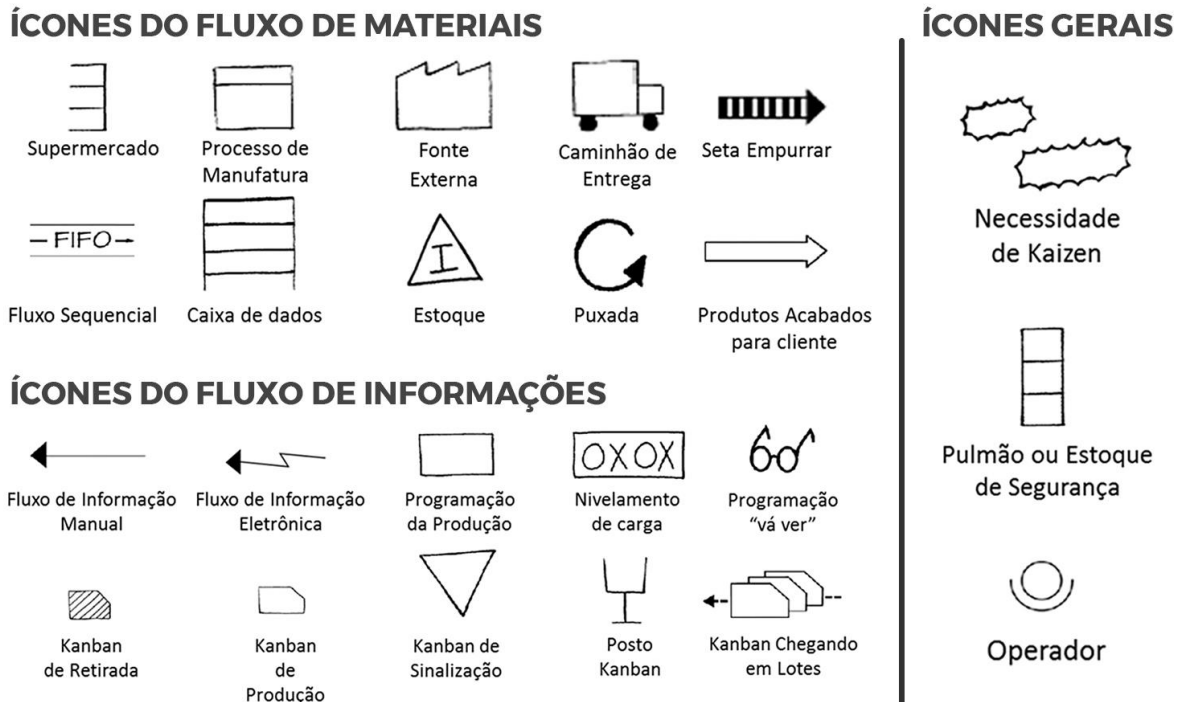
Figura 4 - Representação do estado futuro de um processo



Fonte: Lean Institute Brasil (2019).

Nota: [https://www.lean.org.br/conceitos/72/mapeamento-do-fluxo-de-valor-\(vsm\)---estado-atual-e-futuro.aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/72/mapeamento-do-fluxo-de-valor-(vsm)---estado-atual-e-futuro.aspx)

Figura 5 – Ícones do Mapa de fluxo de valor



Fonte: Nortegubisian (2019).

Nota: <https://www.nortegubisian.com.br/blog/value-stream-mapping-vsm>

### 2.1.2 Gráfico Yamazumi

Yamazumi é uma palavra de origem japonesa que significa *empilhar*, o gráfico Yamazumi é um portanto um dispositivo de coleta de dados que utiliza uma combinação de gráficos de barras empilhadas segmentadas por cores diferentes, criando uma exibição visual de onde o tempo de cada operador está sendo gasto durante um período determinado de trabalho (NIEDERSTADT, 2010).

Segundo Pienkowski (2014) o gráfico Yamazumi além de servir como ferramenta para balanceamento de linha e criação de fluxo contínuo, é também uma ótima ferramenta para visualizar perdas referentes a Mura, Muri e Muda:

- Mura: é possível visualizar a variação de carga de trabalho em um único processo ou no fluxo de valor completo
- Muri: permite visualizar a potencial sobrecarga ou subutilização de cada operador.
- Muda: distingue a atividade entre valor agregado, sem valor agregado e desperdício (através das diferentes cores da barra empilhada).

Para criação dos gráficos, os detalhes do processo analisado precisam ser obtidos de forma mais exata possível. A melhor maneira é fazer um vídeo a partir do qual se possa ler com precisão as etapas do processo. Do vídeo as informações podem ser processadas e um gráfico de barras criado distinguindo de forma clara as atividades que agregam valor e as que não agregam valor.

## 2.2 Lean Education

Como dito na seção anterior, a origem da manufatura enxuta está relacionada à eliminação de desperdícios dentro dos processos produtivos das fábricas, mas ao longo dos anos sua aplicação se estendeu a vários outros ramos de atividades, entre eles a educação. Vukadinovic et al. (2017) observou que muito tem sido pesquisado sobre o assunto e concluiu que o desenvolvimento de empresas Lean é condicionado pela disponibilidade de recursos humanos cada vez mais qualificados e capacitados. Nesse sentido, observa-se que não apenas a qualificação adquirida durante a vida acadêmica, mas também a formação dentro das empresas é necessária.

Segundo Alves et al. (2014), as pessoas dentro de uma empresa estão simultaneamente assumindo o papel de multiplicador de conhecimento ou aluno, ensinando e aprendendo umas com as outras. A implementação bem-sucedida de estratégias enxutas requer o envolvimento de equipes e uma mudança cultural profunda, como uma etapa condicional para alcançar o sucesso que a metodologia lean defende (Clark et al., 2013; Karim e Arif-Uz-Zaman, 2013; Vilkas e cols. ., 2015, Wagner et al., 2017)

Allegretti et al., (2018) afirma que implementar o gerenciamento enxuto como estratégia empresarial e alcançar a perfeição operacional exige que seja dada especial atenção à força de trabalho (operadores) e aos fornecedores. Dar respeito a eles permite a melhoria do processo de negócios e a identificação e eliminação de desperdícios em toda a cadeia de valor.

Canning (2018) observou que uma quantidade significativa de empresas não consegue atingir seus objetivos implantando o *Lean Thinking* devido a uma predileção por aplicação de melhoria "baseada em ferramentas", onde o Lean ao invés de ser utilizado de maneira transformacional para toda a organização, é aplicado localmente para resolução de problemas pontuais. Por isso o autor recomenda que as empresas precisam se transformar em "organizações de aprendizado", onde as ferramentas *lean*

não sejam um 'fim' em si mesmas, mas sim um 'meio' pelo qual a organização possa atingir seus objetivos, e essa transformação está diretamente ligada ao envolvimento desde os operadores do chão de fábrica, até a alta administração.

### **2.3 Lean Supply Chain**

De acordo com Sukati et al. (2012), a cadeia de suprimentos se tornou um foco importante de vantagem competitiva para os negócios e uma organização. Segundo o autor, o estudo da gestão da cadeia de suprimentos enfatiza como maximizar o valor geral da empresa através de uma melhor utilização e implantação de recursos em toda a cadeia, sendo assim, uma cadeia de suprimentos é o conjunto de atividades de adição de valores que conectam os fornecedores da empresa e seus clientes. No entanto, nem sempre isso foi assim.

Segundo Womack (1990), era comum até a década de 1980 as grandes corporações verticalizarem seus processos, podendo chegar a ter 70% de produção própria, porém o enfoque da produção em massa, tanto para a fabricação interna quanto para compra externa, se mostrava deficiente. Segundo o autor, as equipes centrais de engenharia projetavam a maioria dos componentes de um produto e os desenhos eram, então, passados para os fornecedores para que fizessem suas ofertas de preços.

Monczka (2009) complementa que os responsáveis por fazer a conexão entre a engenharia de produto e os fornecedores, eram os profissionais de compra, que tinham uma tarefa relativamente confortável e previsível. Quando demandado, o comprador solicitava aos fornecedores que fizessem sua oferta de preço para provisionar determinado item, e no final concedia contratos de curto prazo para aquele oferecesse o menor preço.

Segundo Womack et al., (1990) esse sistema de suprimentos de produção em massa tradicional era amplamente insatisfatório para todos os envolvidos, pois os fornecedores entravam em cena tardiamente no processo e pouco podiam fazer para melhorar o projeto, que podia ser de fabricação difícil e cara. Ainda segundo o autor, eles eram intensamente pressionados a reduzir preços, por um comprador que não entendia de seus problemas específicos.

Womack et al., (1990) afirma ainda que essa abordagem resultava em implausíveis fornecedores ganharem contratos com preços mais baixos e logo em

seguida pedirem reajustes, que podiam tornar os preços das peças ainda mais elevados do que dos concorrentes realistas, mas perdedores, tornando difícil para a fabricante a estimativa de custos extras. Além do mais, uma das práticas comuns dos compradores, era jogar concorrentes uns contra os outros, tornando-os relutantes em compartilhar ideias sobre técnicas de produção melhores depois que a peça era produzida, em outras palavras, eles não tinham incentivo para combinar sua curva de aprendizagem (Womack et al., 1990).

Com o desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção e posteriormente do Lean Manufacturing a partir da década de 1980, uma nova abordagem passou a ser aplicada para o gerenciamento da cadeia de suprimentos. Krajewski et al. (2016) afirma que a filosofia do sistema *lean* busca maneiras de melhorar a eficiência e reduzir os estoques em toda a cadeia de suprimentos, onde a cooperação estreita entre as empresas e seus fornecedores pode ser uma situação em que todos saem ganhando.

Neste sentido o *Lean Supply Chain*, funciona como um conjunto de organizações diretamente ligadas por fluxos de produtos, serviços e informações, a montante e a jusante, que trabalham em conjunto para reduzir custos e desperdícios, através do atendimento eficiente das necessidades dos clientes (Vitasek et al., 2005).

Bhasin (2015) argumenta que para o enfoque enxuto possa funcionar, cada empresa precisa aplicar o *Lean Thinking* tanto à sua própria organização, quanto trabalhar com os fornecedores para adotar o *Lean* também. O autor completa informando que para que os sistemas *Lean* sejam bem-sucedidos, é importante que o gerenciamento da cadeia de suprimentos seja totalmente considerado.

Vitasek et al. (2012) acrescenta que relações estreitas com fornecedores não podem ser estabelecidas e mantidas se as empresas virem seus fornecedores como adversários sempre que contratos são negociados. Em vez disso, eles devem considerar os fornecedores como parceiros de um empreendimento, em que ambas as partes têm interesse em manter um relacionamento lucrativo e de longo prazo. A autora complementa ainda que uma das primeiras ações realizadas quando um sistema *lean* é implementado, é reduzir o número de fornecedores e garantir que eles estejam localizados em proximidade geográfica próxima para promover parcerias fortes e sincronizar melhor os fluxos de produtos.

Segundo Bhasin (2015), é importante avaliar o nível de capacitação do fornecedor e se ele possui um programa formal para solicitar ideias aos funcionários,



pois estes podem identificar o desperdício em uma operação melhor do que em outras fontes. Para o autor, os fornecedores devem envolver seus funcionários e todos devem sentir um senso de propriedade para cuidar dos processos produtivos e da organização.

Para Womack et al., (1990) o fornecedor precisa compartilhar uma parte substancial de suas informações internas sobre custo e técnicas de produção. Cliente e fornecedor precisam repassar cada detalhe do processo desse último, procurando maneiras de reduzir custo e melhorar qualidade, em contrapartida, o fabricante precisa respeitar a necessidade do fornecedor de lucrar razoavelmente. O autor complementa que as economias advindas dos trabalhos de melhoria podem ser divididas entre a empresa e seu fornecedor, quando feitas em conjunto, ou ficar integralmente para o fornecedor, quando ele realizar a melhoria sozinho.

Bhasin (2015), sintetizou os seguintes fatores, que segundo ele, são fundamentais para que um sistema de gerenciamento da cadeia de suprimentos *lean* seja bem-sucedido:

- a. desenvolver a flexibilidade organizacional;
- b. desenvolver e manter um forte relacionamento com os fornecedores;
- c. buscar obter coordenação com a cadeia de suprimentos;
- d. Aumentar a qualidade das informações para reduzir a incerteza e os níveis de estoque; a transferência de informações relacionadas à produção do fornecedor do cliente significa que as operações deste último podem ser melhor adaptadas às necessidades do cliente. Os fornecedores podem estabelecer políticas para combater a variabilidade de demanda e equilibrar a produção e a demanda e, assim, reduzir os estoques ao longo da cadeia;
- e. Terceirizar as atividades que não são competências cernes do negócio;
- f. Implementar o sistema de produção sob demanda, reduzir o estoque, e reduzir custos;
- g. Reduzir o número de fornecedores e desenvolver fornecedores eficientes
- h. As estruturas de custos devem ser transparentes entre as empresas da cadeia;
- i. Deve haver uma avaliação constante do relacionamento com clientes e fornecedores e medir a eficiência das relações entre as duas perspectivas da cadeia de suprimentos;

- j. Ao invés de culpar o fornecedor, deve-se aplicar ferramentas de qualidade em conjunto para resolver problemas;
- k. Para operações globais, os fornecedores precisam estar próximos de seus consumidores em vários locais;
- l. Novos fornecedores apenas devem ser contratados quando as possibilidades dos fornecedores existentes se esgotam;
- m. O desenvolvimento de novas tecnologias deve ser alinhado e integrado às necessidades dos consumidores; e
- n. É necessário o envolvimento antecipado de fornecedores no desenvolvimento de novos projetos.

## **2.4 Processo de Soldagem**

Segundo Brandi et al. (1992) pode-se chamar soldagem o processo de união entre duas partes metálicas usando uma fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão, tendo como resultado desse processo, a solda. Os processos de soldagem podem ser utilizados para fabricação de pequenos componentes eletrônicos, até grandes estruturas metálicas.

Marques et al. (2009) afirma que é possível classificar os processos de soldagem em dois grupos baseado no método prevaiente de produzir a solda:

- a. soldagem por pressão: este grupo inclui os processos de soldagem por forjamento, ultrassom, fricção, difusão, explosão, entre outros.
- b. soldagem por fusão: existe um grande número de processos por fusão, que podem ser separados em subgrupos, como por exemplo, de acordo com a fonte de energia usada para fundir a peça. Os processos de soldagem a arco são os de maior importância atualmente. O Quadro 2 a seguir, apresenta os principais processos de soldagem por fusão e suas características.

**Quadro 2 – Tipos de processo de soldagem por fusão (Continua)**

PROCESSO	FONTE DE CALOR	TIPO DE CORRENTE E POLARIDADE	AGENTE PROTETOR	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES
<b>Soldagem por eletro escória</b>	Aquecimento por resistência da escória líquida	Contínua ou alternada	Escória	Automática/mecanizada; junta na vertical; arame alimentado mecanicamente na poça de fusão; não existe arco elétrico	Soldagem de aço carbono, baixa e alta liga, espessura $\geq 50$ mm. Soldagem de peças de grande espessura, eixos etc.
<b>Soldagem a arco submerso</b>	Arco elétrico	Contínua ou alternada. Eletrodo +	Escória	Automática/mecanizada ou semiautomática; o arco arde sob uma camada de fluxo granular.	Soldagem de aço carbono, baixa e alta liga, espessura $\geq 10$ mm. Posição plana ou horizontal de peças estruturais, tanques, vasos de pressão etc.
<b>Soldagem com eletrodo revestido</b>	Arco elétrico	Contínua ou alternada. Eletrodo + ou -	Escória e gases gerados	Manual; vareta metálica; recoberta por camada de fluxo.	Soldagem de quase todos os metais, exceto cobre puro, metais preciosos, reativos e de baixo ponto de fusão. Usado na soldagem em geral.
<b>Soldagem com arame tubular</b>	Arco elétrico	Contínua. Eletrodo +	Escória e gases gerados ou fornecidos por fonte externa. Em geral o $\text{CO}_2$ .	Automático ou semiautomático; o fluxo está contido dentro de um arame tubular de pequeno diâmetro.	Soldagem de aço carbono, baixa e alta liga com espessura $\geq 1$ mm. Soldagem de chapas, tubos etc.
<b>Soldagem MIG/MAG</b>	Arco elétrico	Contínua. Eletrodo +	Argônio ou Hélio, Argônio + $\text{O}_2$ , Argônio + $\text{CO}_2$ , $\text{CO}_2$ .	Automática/mecanizada ou semiautomática; o arame é sólido.	Soldagem de aço carbono, baixa e alta liga com espessura $\geq 1$ mm. Soldagem de chapas, tubos etc.
<b>Soldagem a plasma</b>	Arco elétrico	Contínua. Eletrodo -	Argônio, Hélio, ou Argônio + Hidrogênio.	Manual ou automática; arame é adicionado separadamente; eletrodo não consumível de tungstênio; o arco é constituído por um bocal	Todos os metais importantes em engenharia, exceto Zn, Be e suas ligas, com espessura de até 1,5 mm. Passes de raiz.
<b>Soldagem TIG</b>	Arco elétrico	Contínua ou alternada. Eletrodo -	Argônio, Hélio ou misturas destes.	Manual ou automática; eletrodo não consumível de tungstênio; o arame é adicionado separadamente.	Soldagem de todos os metais, exceto Zn, Bi e suas ligas, espessura entre 1 e 6 mm. Soldagem de não ferrosos e aço inox. Passe de raiz de soldas em tubulações.

**Quadro 3 – Tipos de processo de soldagem por fusão (Conclusão)**

Soldagem por feixe de elétrons	FEIXE DE ELÉTRONS	CONTÍNUA. ALTA TENSÃO. PEÇA +	VÁCUO	SOLDAGEM AUTOMÁTICA; NÃO USA, EM GERAL, METAL DE ADIÇÃO; FEIXE DE ELÉTRONS PERMITE UMA ELEVADA CONCENTRAÇÃO DE ENERGIA.	SOLDAGEM DE TODOS OS METAIS, EXCETO NOS CASOS DE EVOLUÇÃO DE GASES OU VAPORIZAÇÃO EXCESSIVA, EM GERAL, A PARTIR DE 25 MM DE ESPESSURA. INDÚSTRIA NUCLEAR E AEROESPACIAL.
<b>Soldagem a laser</b>	Feixe de luz		Argônio ou Hélio	Soldagem automática; não usa, em geral, metal de adição; laser permite uma elevada concentração de energia.	Soldagem de todos os metais, exceto nos casos de evolução de gases ou vaporização excessiva, em geral, a partir de 25 mm de espessura. Indústria automobilística nuclear e aeroespacial.
<b>Soldagem a gás</b>	Chama oxiacetilênica		Gás (CO, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O)	Manual; arame adicionado separadamente.	Soldagem manual de aço carbono, Cu, Al, Zn, Pb e bronze. Soldagem de chapas finas e tubos de pequeno diâmetro.

Fonte: Adaptado de Marques (2009).

Geralmente no processo de soldagem por fusão, um material adicional, chamado de metal de adição, é usado para formar a solda que irá unir as peças desejadas, chamadas de metal de base. Esse metal de adição é fundido por uma fonte de calor e misturado ao metal de base formando uma poça de fusão, Figura 6 (MARQUES, 2009).

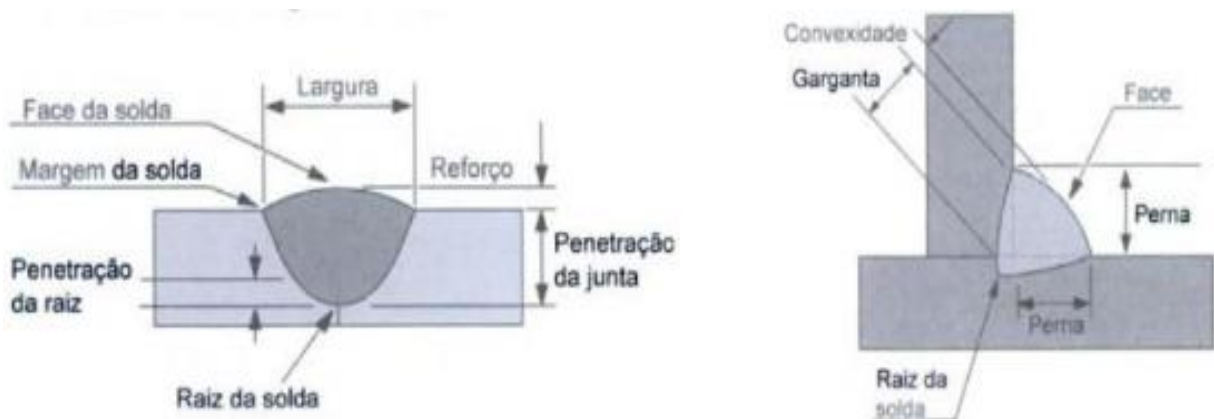
**Figura 6 – Soldagem por fusão de material adicional**



Fonte: Adaptado de Marques (2009).

O formato e as nomenclaturas técnicas dos cordões de solda podem ser definidos de diversas formas, a figura 7 a seguir mostram alguns desses termos para uma solda de topo e uma solda de ângulo (MARQUES, 2009).

**Figura 7 – Nomenclaturas técnicas dos cordões de solda**



Fonte: Adaptado de Marques (2009).

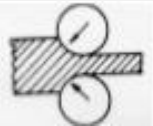

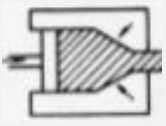
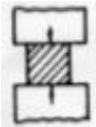
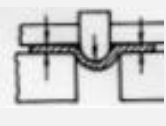



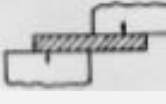
## 2.5 Processo de Estampagem

A estampagem é um dos processos de conformação de corpos metálicos que, segundo Bresciani (2011), podem ser definidos como processos de modificação de um corpo metálico para outra forma definida, podendo ser divididos em dois grupos:

- a. Processos mecânicos: as modificações de forma são provocadas pela aplicação de tensões externas, podendo ser em alta temperatura, mas sem a liquefação do metal, como por exemplo a estampagem;
- b. Processos metalúrgicos: as modificações podem ser provocadas pela aplicação de tensões externas, em alta temperatura e havendo a liquefação do metal, como por exemplo o processo de fundição.

Para Bresciani (2011) os processos mecânicos podem ser divididos ainda em processos de *conformação plástica*, aqueles em que as tensões externas aplicadas são inferiores ao limite de resistência à ruptura do material (a estampagem se enquadra nesse grupo), e os processos de *conformação por usinagem*, onde as tensões aplicadas são superiores ao limite de resistência à ruptura, tendo a forma final do produto sendo obtida através da remoção de material. O Quadro 3, a seguir, mostra alguns exemplos de processos de conformação plástica.

Quadro 4 – Processos de conformação plástica

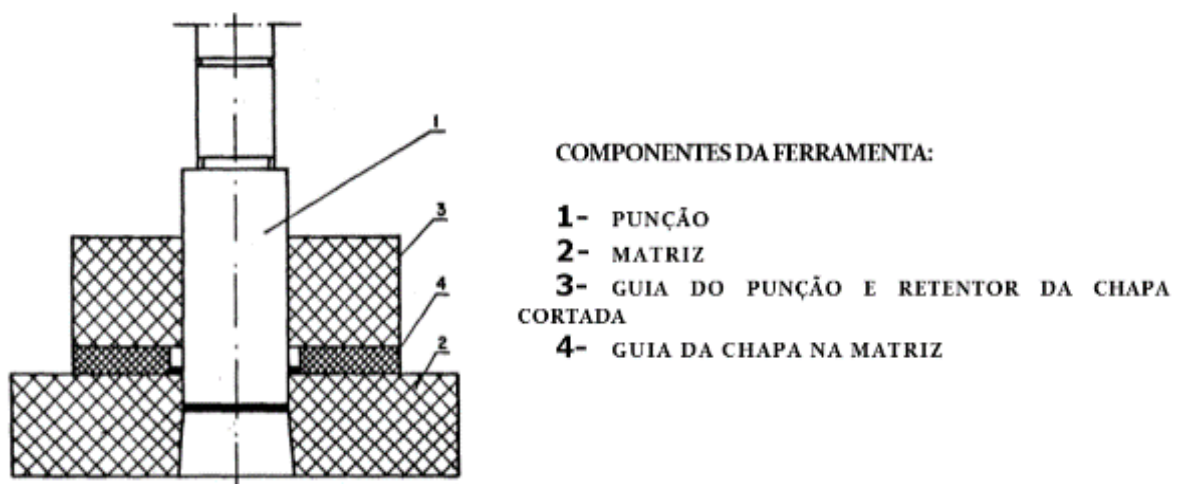
PROCESSO	FORÇA PREPONDERANTE	TRABALHO		ILUSTRAÇÃO	SEMI-PRODUTOS OU PRODUTOS	
		A QUENTE	A FRIO		AÇOS	NÃO FERROSOS
LAMINAÇÃO	Compressão direta	X			Placas Chapas Barras Perfis	Placas Chapas Barras
			X		Chapas	
TREFILAÇÃO	Compressão indireta		X		Barras Arame Fios	Barras Arame Fios Tubos
EXTRUSÃO	Compressão indireta	X			Tubos	Barras Tubos Perfis
			X		Peças pequenas extrudadas	Peças longas extrudadas
FORJAMENTO	Compressão direta	X			Peças forjadas	
			X		Peças pequenas forjadas	
ESTAMPAGEM (PROFUNDA)	Compressão indireta em parte	X			Peças grandes estampadas (a partir de placas)	
			X		Peças de chapas estampadas	
ESTIRAMENTO DE CHAPAS	Tração		X		Peças de chapas estiradas	
DOBRAMENTO	Flexão	X	X		Peças de chapas e tiras dobradas	
CALANFRAGEM	Flexão		X		Tubos	
CORTE	Cisalhamento	X	X		Peças cortadas de chapas ou pequenos diversos	

Fonte: Bresciani (2011).

Segundo Bresciani (2011) as operações de conformação plástica (estampagem) são sempre feitas a partir de um pedaço de chapa cortada ou bobina. Os tipos de máquinas mais utilizados são as prensas mecânicas e hidráulicas, que podem ou não, serem alimentadas por dispositivos automáticos. Já em relação as ferramentas de estampagem, elas podem ser de três tipos:

- a. Ferramentas de corte: são basicamente formadas por uma matriz e um punção, onde formas transversais das mesmas determinam a geometria da peça a ser cortada, sendo a máquina de conformação mais usada, a prensa excêntrica (FIGURA 8).

**Figura 8 – Ferramenta de corte**

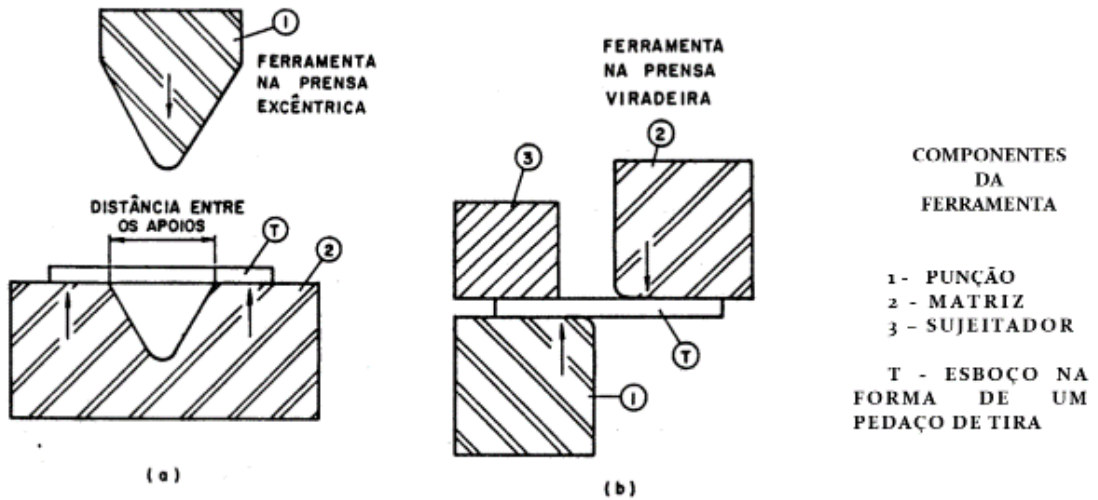


Fonte: Bresciani (2011).

- b. Ferramentas de dobramento: são compostas basicamente por uma parte superior (macho) e uma parte inferior (fêmea), sendo utilizadas para esse processo prensas excêntricas ou prensas viradeiras (FIGURA 9).



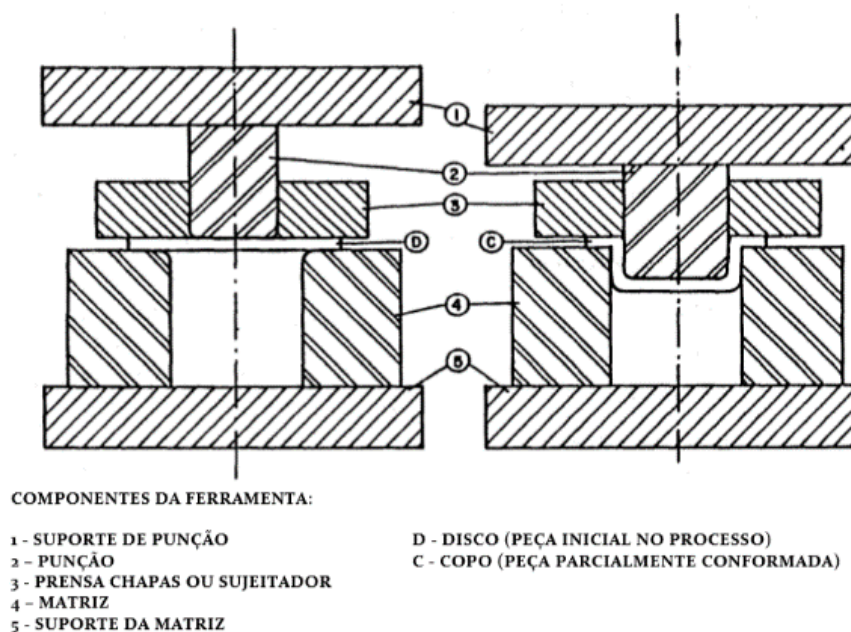
Figura 9 – Ferramenta de dobramento



Fonte: Bresciani (2011).

- c. Ferramentas de estampagem profunda: são compostas por um sujeitador que prende a chapa a ser conformada pela parte externa, o punção que é fixado a parte móvel da prensa e a matriz fixada a base. A fabricação de uma peça pode exigir diversas etapas de embutimento e diversas ferramentas, sendo utilizada prensa excêntrica para peças pouco profundas ou uma prensa hidráulica para embutimento mais profundo (FIGURA 10).

Figura 10 – Ferramenta de estampagem profunda



Fonte: Bresciani (2011).

### **3 METODOLOGIA**

Gil (2002) define pesquisa como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos, através dos conhecimentos disponíveis e utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos.

Para Gil (2002) a pesquisa científica pode ser classificada segundo sua natureza, seus objetivos e os procedimentos técnicos utilizados. Prodanov (2013) acrescenta que a pesquisa ainda pode ser classificada quanto à abordagem do problema.

#### **3.1 Classificação Quanto a Natureza da Pesquisa**

Quanto a natureza do problema esta pesquisa é de ordem prática (ou aplicada) pois decorre do desejo de se fazer algo mais eficiente ou eficaz (GIL, 2002), além de gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos (PRODANOV, 2013).

#### **3.2 Classificação Quanto aos Objetivos da Pesquisa**

Esta pesquisa é exploratória, a qual, segundo Gil (2002), visa proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito e que tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Lakatos (2008) corrobora afirmando que esse tipo de pesquisa visa desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com o ambiente, fato ou fenômeno para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos.

#### **3.3 Classificação Quanto aos Procedimentos Técnicos**

Com base nos procedimentos técnicos utilizados, esta pesquisa é uma pesquisa-ação, que Thiollent (1985, *apud* Gil, 2002) define como "...um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou

participativo." Prodanov (2013) complementa que a pesquisa-ação não se refere a um simples levantamento de dados ou de relatórios a serem arquivados, os pesquisadores pretendem desempenhar um papel ativo na própria realidade dos fatos observados.

Em relação aos procedimentos técnicos utilizados, podemos classificar a pesquisa ainda com pesquisa bibliográfica pois seu referencial teórico foi elaborado com base em material já elaborado, constituído basicamente de livros e artigos científicos (GIL, 2002).

### **3.4 Classificação Quanto a Abordagem do Problema**

Quanto a abordagem do problema, a pesquisa utiliza tanto de aspectos qualitativos, quanto quantitativos. Segundo Prodanov (2013) a pesquisa quantitativa traduz opiniões e informações em números para classificá-las e analisá-las, utilizando recursos e técnicas estatísticas (porcentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão etc.). Já a pesquisa qualitativa não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas, o ambiente é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave, o processo e seu significado são os focos principais da abordagem (PRODANOV, 2013).

### **3.5 Local da Pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida em uma indústria multinacional do setor de motocicletas do Polo Industrial de Manaus. A empresa possui seu parque fabril na cidade de Manaus, onde são produzidas e montadas motocicletas de 150cc a 1.200cc e motores de popa de 20Hp a 90Hp, e uma filial em São Paulo responsável por atividades comerciais e logísticas da marca.

O setor da empresa onde se realizou o trabalho foi a engenharia industrial, responsável pela implementação e melhoria dos processos produtivos da fábrica. Porém a pesquisa não foi realizada dentro da empresa, mas sim, no processo de produtivo de outra empresa que fornece peças metálicas diversas para a fábrica de motocicletas, aqui chamado de Fornecedor.

Tal Fornecedor é uma empresa privada que está localizada no Polo Industrial de Manaus e tem sede na cidade de São Paulo. Os principais produtos fabricados na

planta de Manaus são peças metálicas estampadas e soldadas em geral, que são incorporadas a outros componentes principais da motocicleta, como o chassi.

A empresa conta com um setor de Estampagem que possui 19 prensas de 60 toneladas a 250 toneladas e um setor de Soldagem com 10 postos de soldagem MIG e 4 de soldagem projeção.

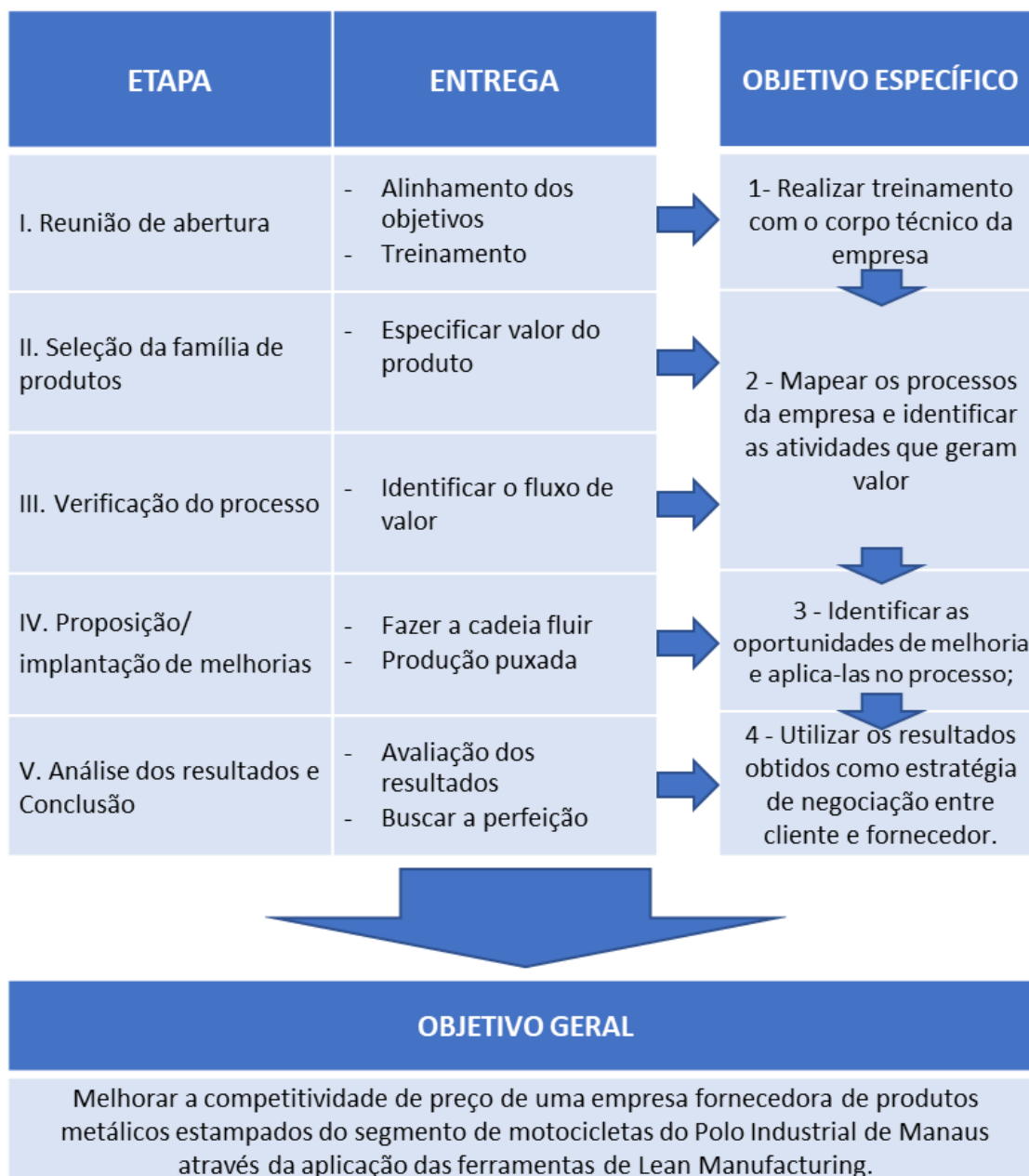
### 3.6 Procedimentos de Pesquisa

O roteiro de pesquisa desta dissertação seguiu as seguintes etapas, baseadas nos cinco princípios para a eliminação dos desperdícios de Womack (1998):

- I. **Reunião de abertura:** o propósito é acordar os objetivos da pesquisa entre fornecedor e cliente, e definir a divisão dos possíveis resultados de forma a beneficiar ambos os lados. Nesta etapa deve-se fazer as pesquisas bibliográficas sobre o tema e posteriormente realizar treinamento sobre as ferramentas *Lean* com os funcionários do fornecedor;
- II. **Seleção da família de produtos:** nesta etapa é escolhido um produto, ou família de produto, com o objetivo de especificar o seu valor sob a perspectiva do cliente e posteriormente analisar seu processo de fabricação;
- III. **Verificar as perdas no processo:** aqui é feita a coleta de dados *in loco* e é identificado o fluxo de valor e os desperdícios do processo.
- IV. **Proposição das melhorias:** depois de verificar as perdas, são feitas as propostas de melhoria e a definição do mapa de fluxo de valor ideal, para posteriormente aplica-las no processo. O objetivo aqui é fazer a cadeia fluir e a produção ser puxada pelo cliente.
- V. **Análise dos resultados e conclusão:** por último, os resultados são avaliados pelo pesquisador e validados junto ao fornecedor, de forma que sirva como uma abordagem para negociação entre cliente e fornecedor. Nesta etapa espera-se ainda a proposição de trabalhos futuros, a fim de tornar este, um trabalho de longo prazo entre as empresas.

O esquema a seguir (FIGURA 11), sintetiza as principais ideias dos procedimentos de pesquisa adotados.

**Figura 11 – Síntese dos procedimentos de pesquisa**



Fonte: O autor (2019).

## **4 DESENVOLVIMENTO**

### **4.1 Definição das Ações**

Para iniciar as atividades de pesquisa foi necessário primeiramente reunir representantes das duas empresas para explicar o intuito do trabalho e definir os objetivos.

Durante a reunião inicial, foi verificado junto à diretoria do fornecedor que não havia um plano de trabalho estruturado que visasse a melhoria contínua de seus processos, existindo apenas trabalhos de melhoria pontuais, o que impossibilitava a empresa reduções expressivas que pudessem ser compartilhadas com o cliente.

Desta forma, foi dado o aval para a realização da pesquisa. A partir desse momento, o trabalho foi dividido em duas etapas: teórica e prática.

### **4.2 Treinamento Teórico**

O trabalho teve início com a fase de treinamento, totalizando 10 horas de treinamento teórico, dividido em dois dias (FIGURA 12). No primeiro dia, os principais funcionários da empresa foram reunidos, entre eles o diretor, gerente, engenheiros, planejador e comprador, com o objetivo de apresentar a filosofia Lean, mostrar a relevância de sua aplicação para a empresa, a importância de cada um dos membros presentes para o progresso adequado do trabalho, além de explicar como a pesquisa seria feita na prática.

Neste primeiro dia de treinamento pretendia-se mostrar que, mesmo sem participar diretamente do processo de produção, o pensamento Lean precisa estar presente em todos dentro da empresa para que as metas sejam alcançadas.

O segundo dia de treinamento contou apenas com os dois engenheiros da empresa, o objetivo foi apresentar as ferramentas que seriam utilizadas no decorrer do trabalho. Os conceitos foram apresentados através de uma apresentação elaborada pelos pesquisadores que continha explicação sobre mapeamento do fluxo de valor, conceito de atividades de valor agregado, balanceamento de linha, os sete tipos de desperdícios, além de casos práticos de aplicação desses conceitos.

O objetivo desse treinamento era preparar a mão-de-obra técnica para aplicar as ferramentas no processo produtivo da fábrica e posteriormente replicar o

conhecimento para os demais funcionários da empresa (FIGURA 12). Após a fase de apresentação das técnicas a serem utilizadas, as observações foram iniciadas no processo de fabricação.

**Figura 12 – Treinamento teórico de *Lean Manufacturing***



Fonte: O autor (2019).

### **4.3 Verificação do Processo**

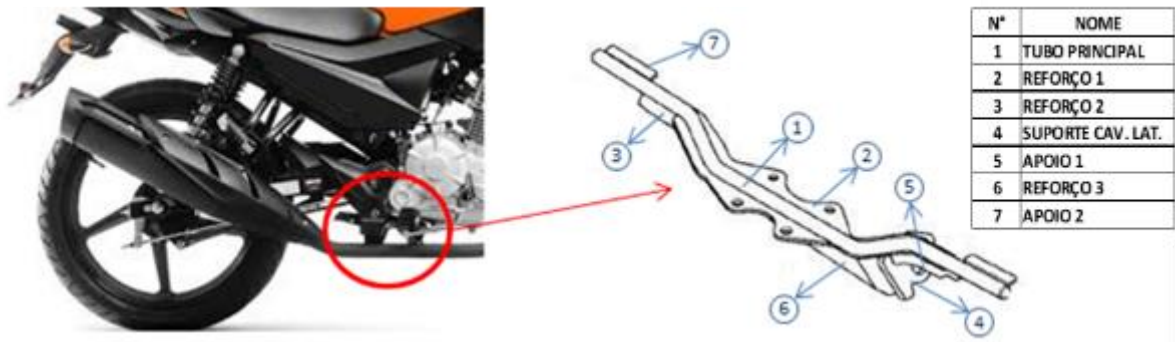
#### **4.3.1 Seleção da Família de Produtos**

A pesquisa foi feita no processo produtivo da fábrica durante o período de 2 semanas, para realização do trabalho foi feito o levantamento de todos os produtos fabricados na empresa, chegando-se a um total de 167 peças. Para determinar aquela que seria utilizada para realizar o estudo, foram utilizados os seguintes critérios:

- a. Demanda do cliente;
- b. Frequência de entrega;
- c. Peças que compõe o produto;
- d. Valor agregado.

A partir desses critérios, o produto escolhido foi o *estribo*, peça cuja função é apoiar os pés do condutor (Figura 13), que possui maior valor agregado e o maior volume de produção, além de passar por todos os processos produtivos.

Figura 13 – Estribo da motocicleta



Fonte: O autor (2019).

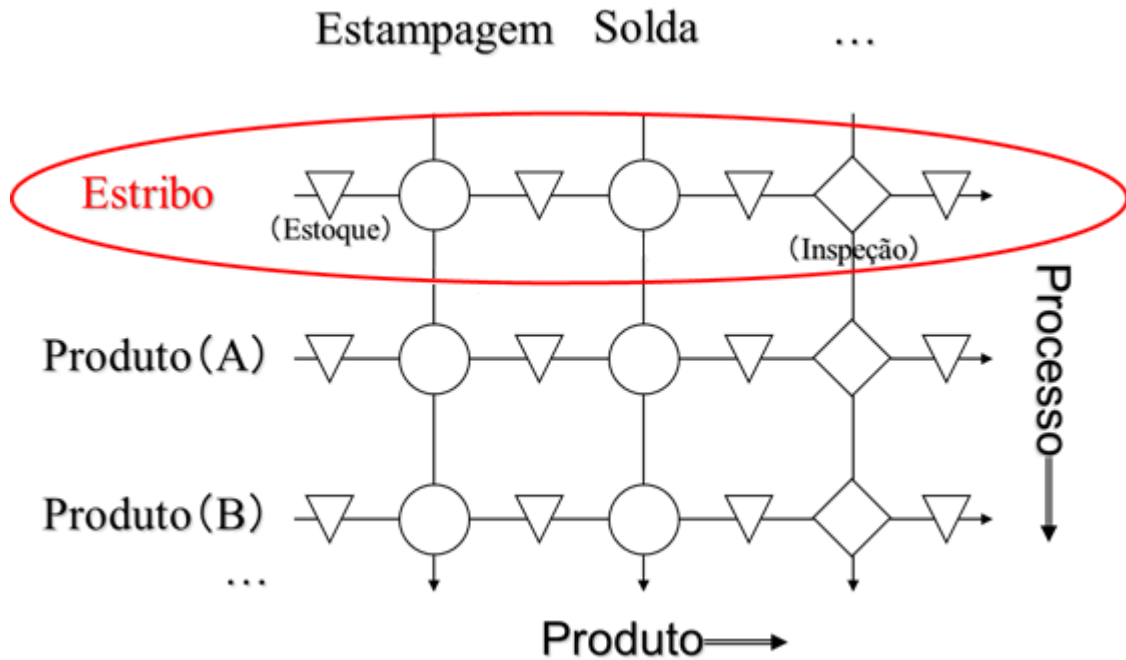
A peça é composta por 7 itens, sendo que o Reforço 2 e o Apoio 1 são comprados e os demais são processados em 10 ferramentas com prensas de diferentes tonelagens (entre 80T e 200T), depois todos são soldados em uma única linha de solda, o produto final é enviado para ser pintado em uma fábrica especializada em pintura, depois ela volta para a empresa para então ser enviado para o cliente.

#### 4.3.2 Investigação do Fluxo de Processo

A investigação das etapas do processo produtivo começou com o acompanhamento do fluxo de produção, desde o estoque de matéria-prima, até a expedição de produtos acabados (FIGURA 14).



Figura 14 – Análise do fluxo de produção



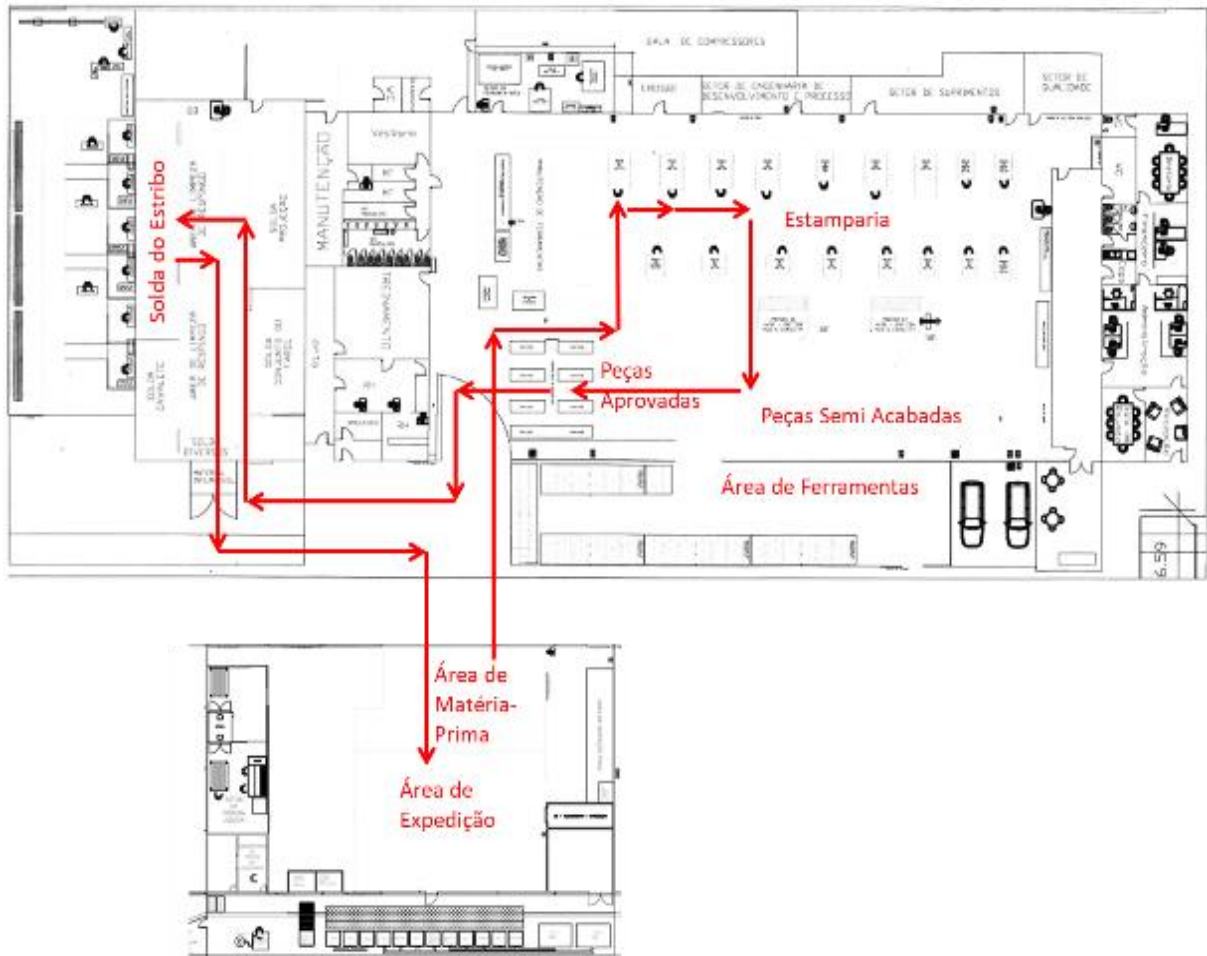
Fonte: O autor (2019).

O setor que controla o fluxo de fábrica é o Planejamento e Controle da Produção e Materiais da empresa, responsável por receber os pedidos da fábrica de motocicletas e realizar a programação das máquinas, bem como a aquisição de matéria-prima.

Constatou-se que era recebido uma previsão de demanda para 6 meses de produção, pela qual era feito o planejamento de matéria-prima e cada mês o pedido real produtos, pelo qual era feito o planejamento das máquinas da fábrica. Há fornecedores de matéria-prima de Manaus e São Paulo e o estoque era para 3 meses de produção.

As peças em fabricação ficavam alocadas em uma área específica, porém foi constatado que a produção não acompanhava a necessidade do cliente, havendo uma quantidade além do necessário de material em estoque de processo. Na expedição final foi verificado a mesma situação, a quantidade de produtos acabados era superior à necessidade do cliente, havendo produtos suficientes para suprir 5 dias de fabricação da montadora. O *lay out* a seguir (FIGURA 15), mostra o fluxo do produto desde o estoque de matéria-prima, até a expedição.

Figura 15 – Fluxo de processo

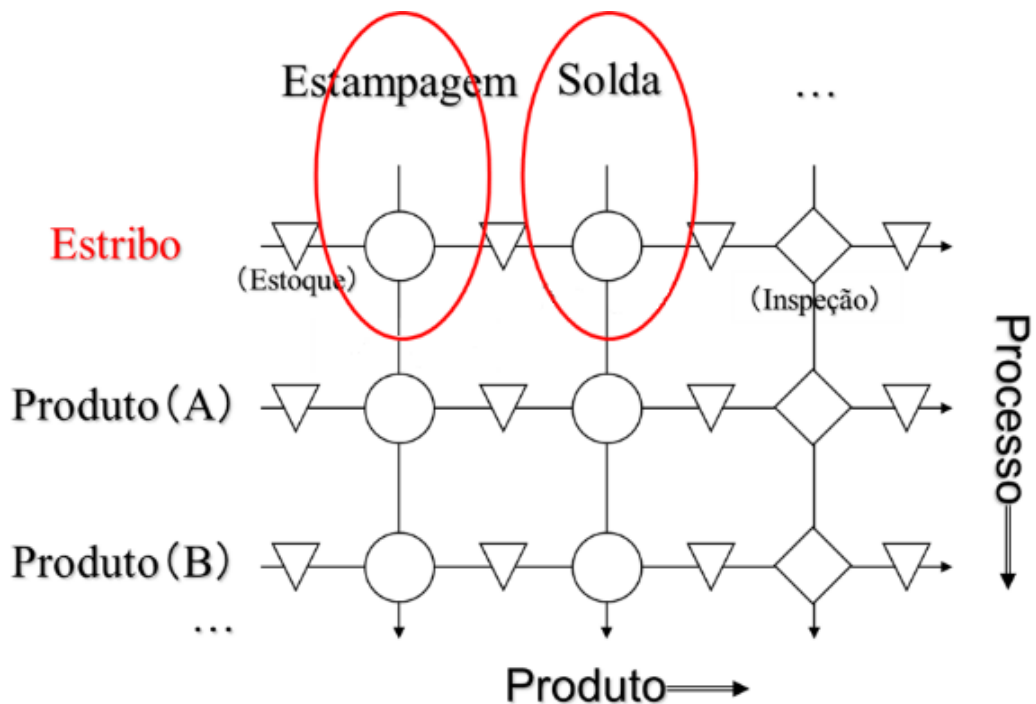


Fonte: O autor (2019).

#### 4.3.3 Investigação dos Processos Produtivos (Estampagem)

Depois de acompanhar o fluxo do produto por todas as etapas do processo, o passo seguinte foi analisar cada um dos processos para verificar possíveis perdas. Para isso, foi feito o acompanhamento *in loco* primeiro do setor de estampagem e posteriormente o setor de soldagem (FIGURA 16).

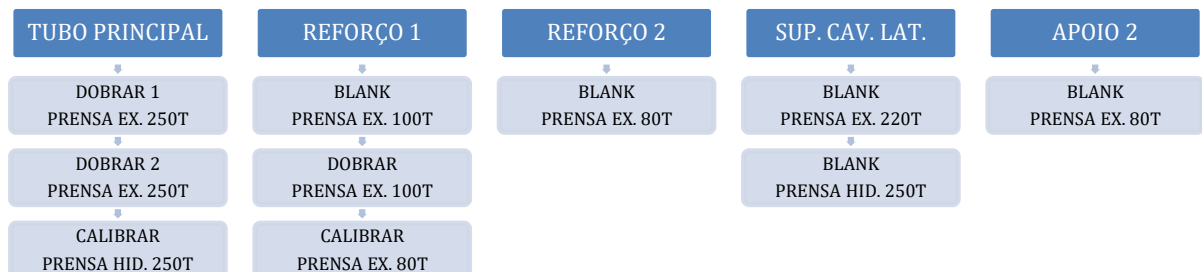
Figura 16 – Análise dos setores produtivos



Fonte: O autor (2019).

O acompanhamento da estamparia foi feito em todas as ferramentas que fazem a estampagem das peças do estribo a fim de se encontrar a perdas (FIGURA 17). A análise foi dividida entre a atividade do operador e da máquina. Por se tratar de processos parecidos foram encontradas perdas similares em relação a atividade dos operadores.

Figura 17 – Ferramentas de estampagem

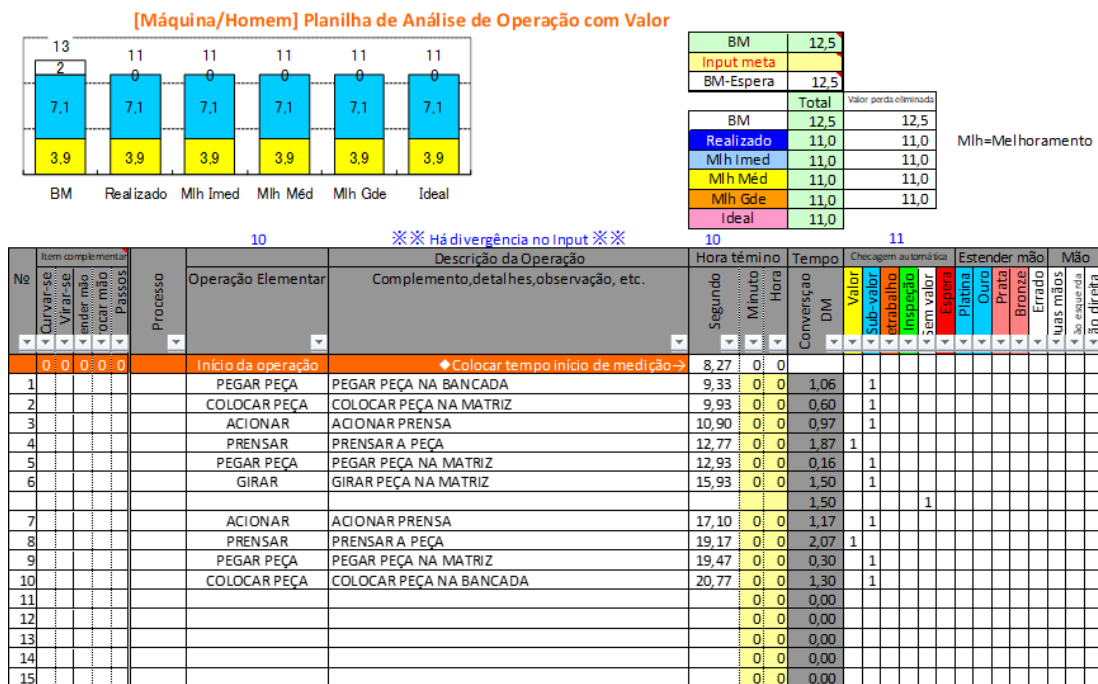


Fonte: O autor (2019).

Para fazer a investigação dessas perdas, os processos foram todos filmados e depois com a ajuda do aplicativo *Movie Maker*, cada movimento foi caracterizado e

teve o seu tempo atribuído em categorias de Valor, Sem Valor, Desperdício etc., permitindo determinar o tempo ciclo de produção e quais os desperdícios (FIGURA 18).

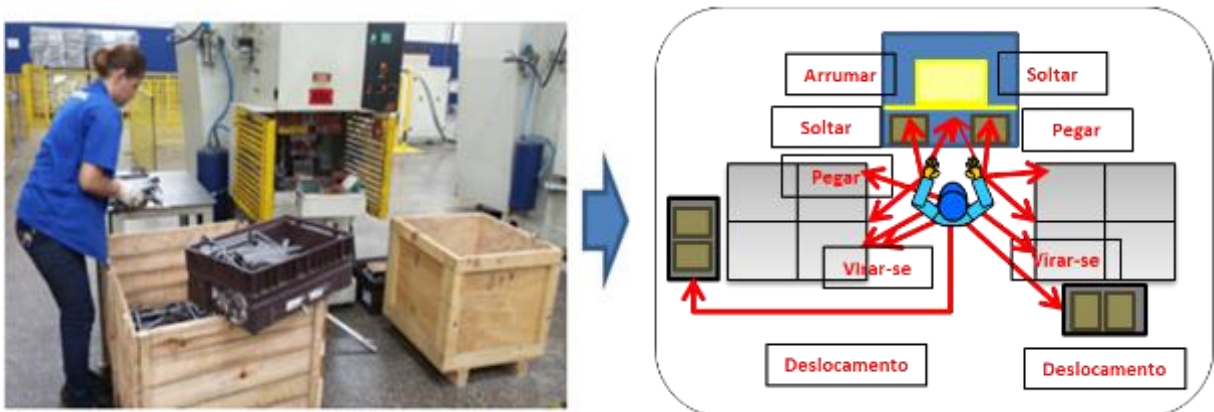
Figura 18 – Análise de valor do processo de estampagem



Fonte: O autor (2019).

As principais perdas encontradas foram excesso de movimentação e falta de padronização na atividade de estampagem (FIGURA 19).

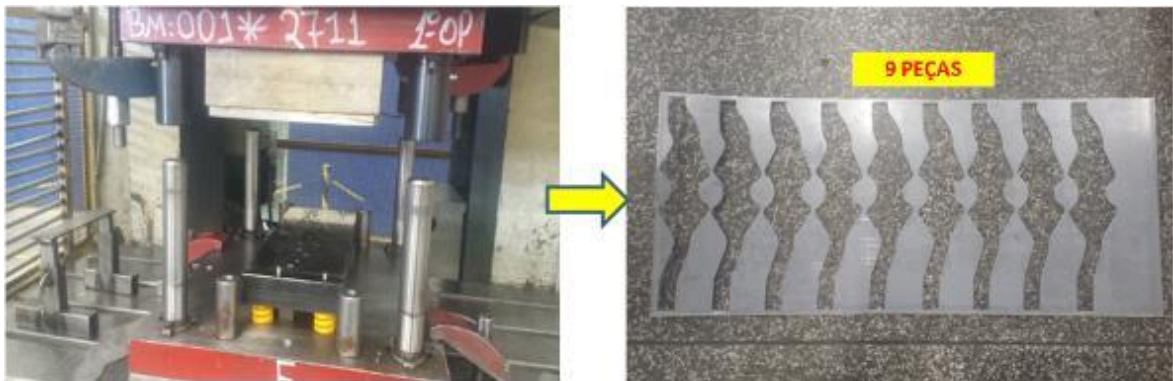
Figura 19 - Identificação das perdas no processo de estampagem



Fonte: O autor (2019).

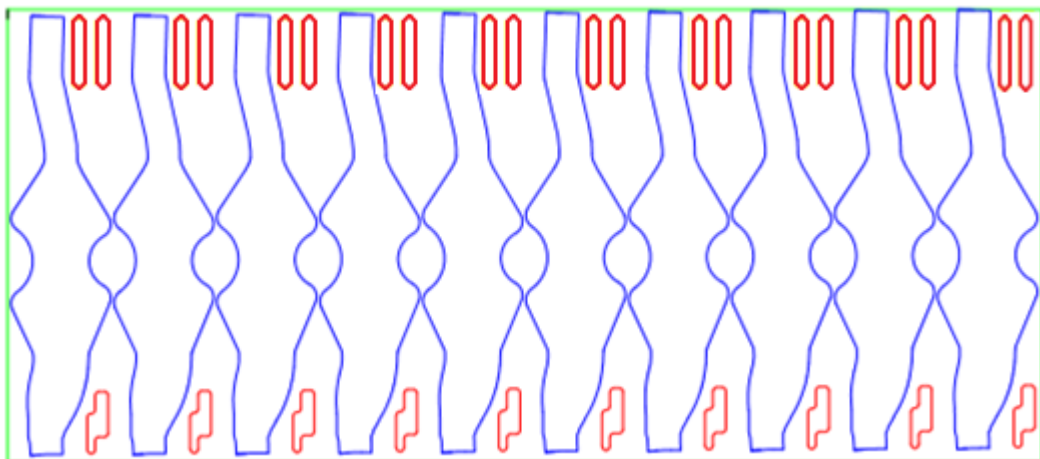
Com relação à máquina, observou-se no Reforço 1 sobra de matéria-prima na tira que poderia ser aproveitada para estampar mais uma peça (FIGURA 20), além disso, foi verificado que o espaço entre as peças permitia se aproveitado para fabricar duas outras peças menores, o Apoio 2 e o Reforço 2 (FIGURA 21).

**Figura 20 – Desperdício de matéria-prima**



Fonte: O autor (2019).

**Figura 21 – Possibilidade de aproveitamento de matéria-prima**

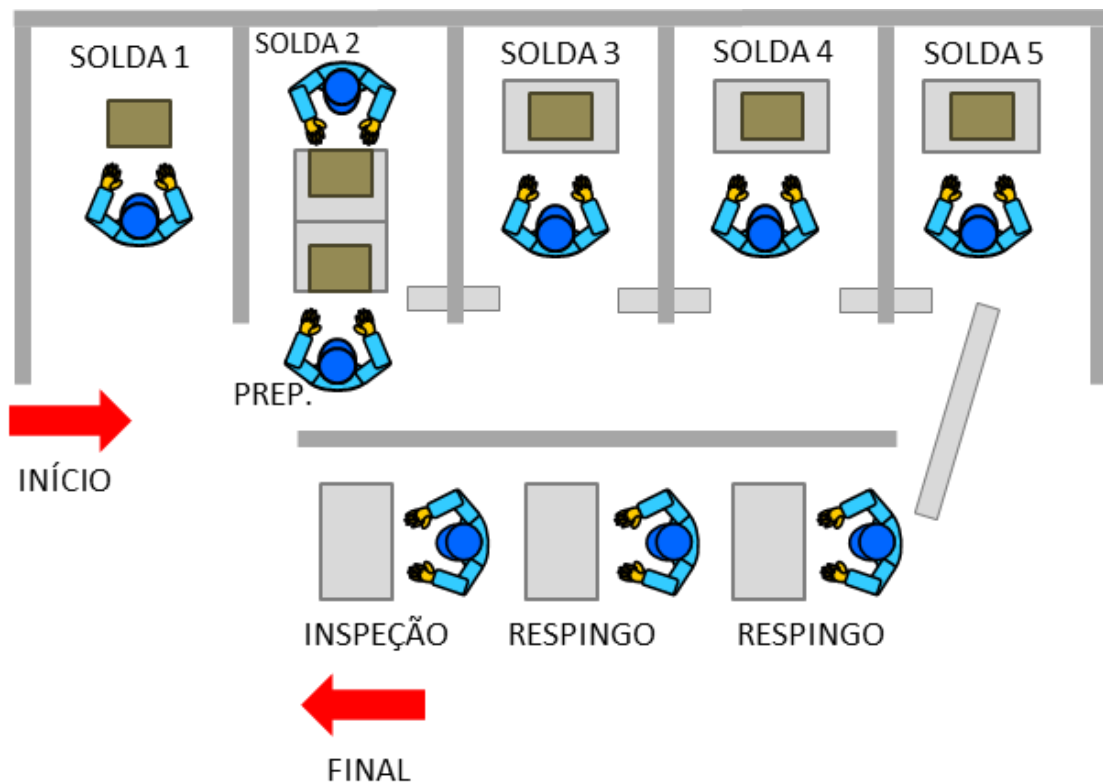


Fonte: O autor (2019).

#### 4.3.4 Investigação dos Processos Produtivos (Soldagem)

O setor de soldagem é composto por quatro linhas de solda MIG e seis máquinas de solda projeção, a linha de solda MIG que foi estudada é composta por nove funcionários, sendo cinco soldadores e quatro auxiliares, conforme Figura 22.

Figura 22 – Lay out do processo de soldagem



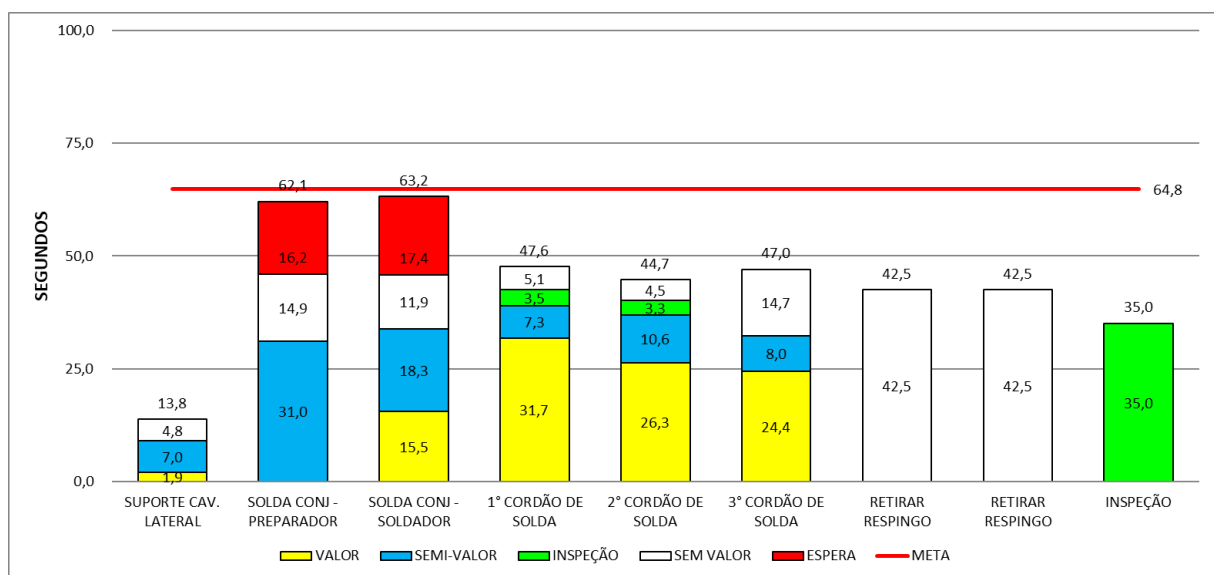
Fonte: O autor (2019).

Foi feito um levantamento dos postos de soldagem para verificar a quantidade de cordões de solda e em quais postos eram feitos. O objetivo desse levantamento era entender quais atividades eram realizadas em cada posto de trabalho, para posteriormente propor um novo balanceamento de linha, Figura 23.



As perdas mais relevantes encontradas foram o desbalanceamento da linha que gerava tempo de espera dentro do processo e a presença de atividades que não agregavam valor, como é o caso a retirada de respingos de solda, visto que esses respingos não interferem na qualidade do produto, uma vez que essa peça não é um componente aparente da moto. O tempo ciclo encontrado foi de 63 segundos, o Gráfico 3 a seguir mostra o balanceamento encontrado para a linha de solda.

**Gráfico 3 – Balanceamento da linha de soldagem**



Fonte: O autor (2019).

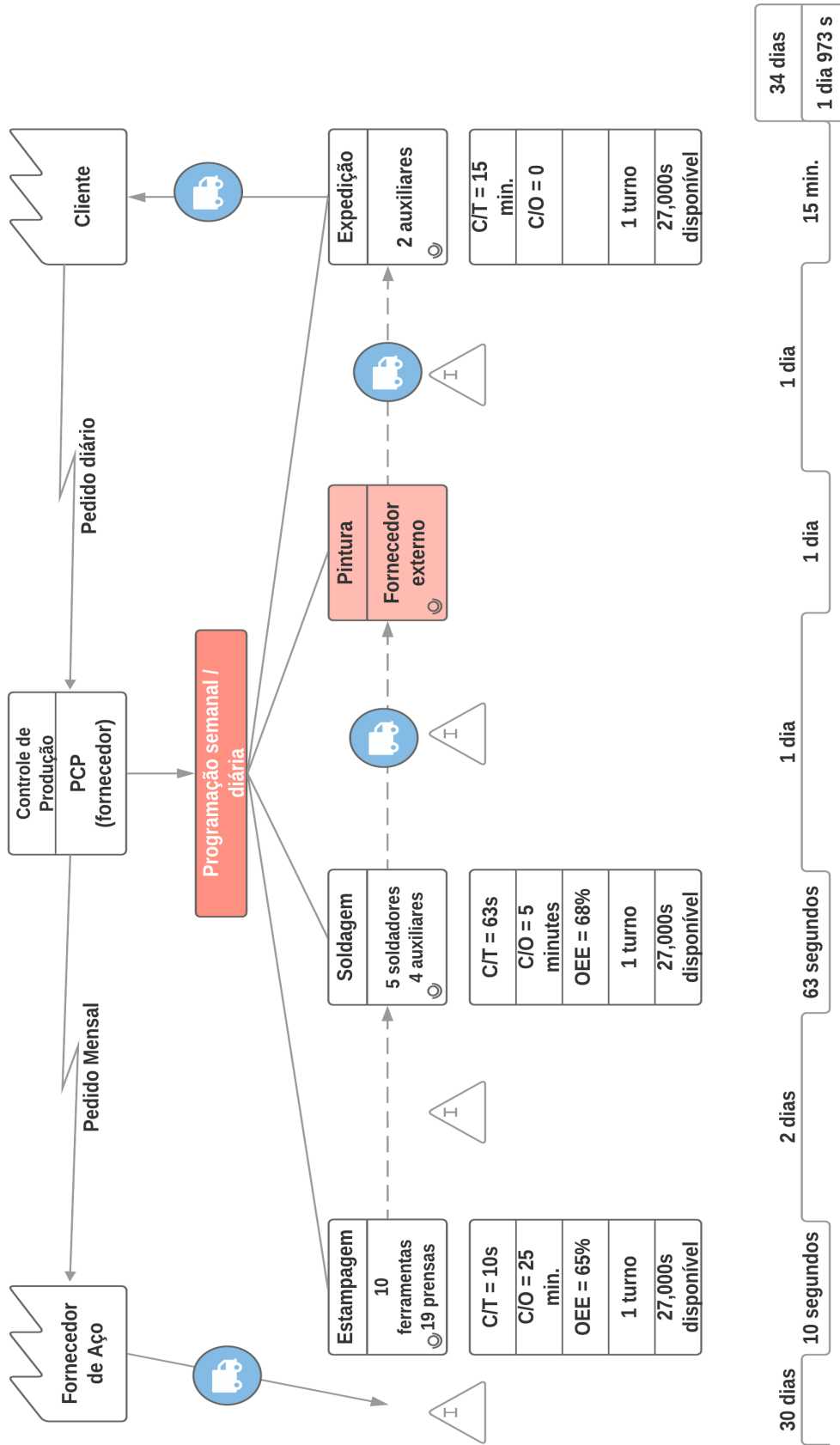
#### 4.3.5 Elaboração do Mapa de Fluxo de Valor Atual

Depois de investigados os processos de estampagem e soldagem, além do fluxo de produção do Estribo e entendendo como funciona o planejamento de produção da fábrica, as informações obtidas foram organizadas e foi então elaborado o Mapa de Fluxo de Valor para o item analisado. A Figura 25 mostra como ficou o esquema.

O Mapa de Fluxo de Valor funciona como um esquema que sintetiza todas as informações coletadas no processo e permite enxergar que etapas da sequência de produção podem ser melhoradas.



Figura 25 – Mapa de fluxo de valor atual



Fonte: O autor (2019).

#### 4.4 Proposição das Melhorias (Mapa de Fluxo de Valor Futuro)

Após a fase de identificação dos desperdícios nos processos da fábrica, iniciou-se a etapa de levantamento das ideias de melhoria. Para isso, primeiramente foi realizada uma reunião de *brainstorming* entre o pesquisador e os colaboradores do Fornecedor envolvidos no trabalho, a fim de se avaliar os dados levantados na etapa anterior e discutir as possibilidades de melhoria. A seguir, são enunciadas sugestões de melhorias propostas.

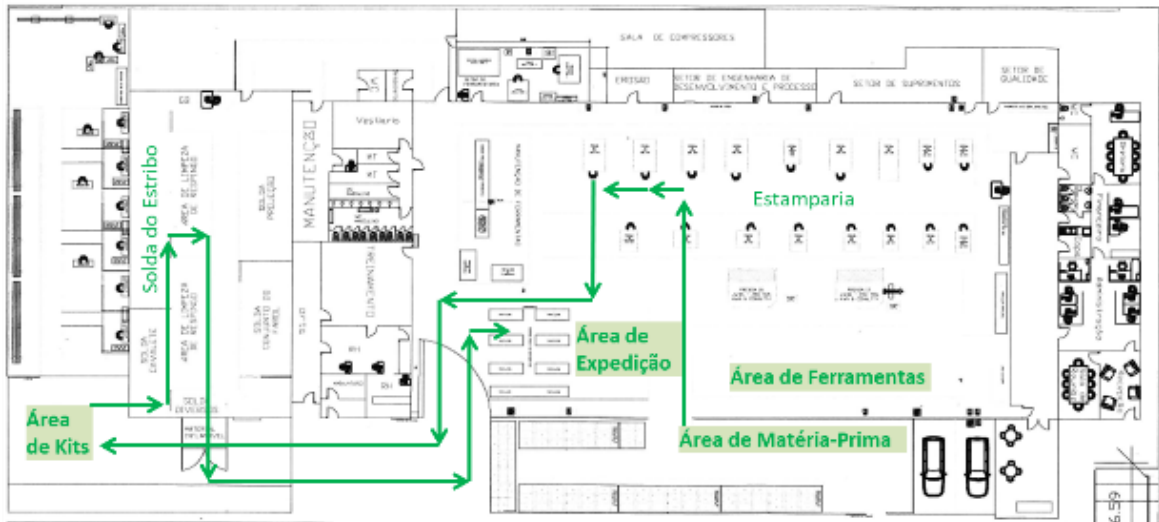
Em relação ao almoxarifado da empresa foi verificado junto ao setor de planejamento de matérias que não havia a necessidade de se manter a quantidade de estoque nos níveis atuais pelo fato da maioria dos itens fabricados utilizarem a matéria-prima local.

Foi proposto então que para as matérias-primas locais o estoque seria de 15 ou 30 dias, dependendo do volume de produção dos itens fabricados e para as matérias-primas vindas de São Paulo o estoque seria de 45 ou 60 dias, dependendo também do volume de produção.

Em relação ao fluxo do processo foram apresentadas três mudanças visando melhorar a movimentação de material dentro da fábrica (FIGURA 26):

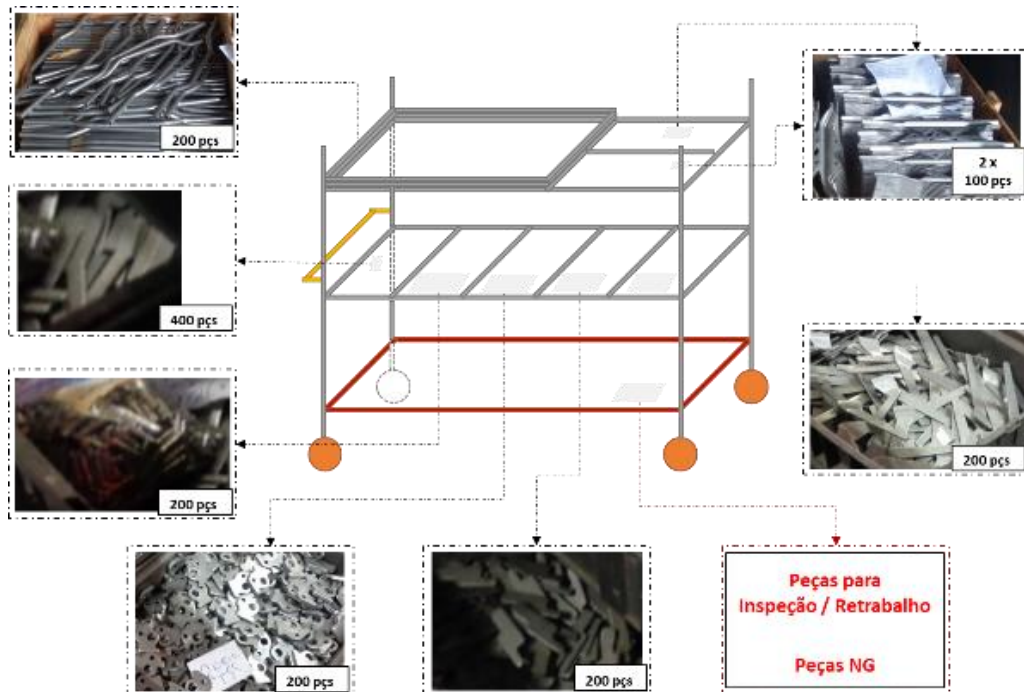
1. Transferência do estoque de matéria-prima para o lugar das ferramentas. Com a proposta de redução dos pedidos de matéria-prima, o estoque poderia se concentrar em uma área menor, facilitando o controle e o abastecimento devido a proximidade ao setor de estampagem;
2. Transferência da expedição para dentro do setor de estampagem. Dessa forma seria eliminado de vez a necessidade de espaço no outro galpão e concentrando as atividades em um único galpão.
3. Criação de uma área de separação de kits. A ideia era disponibilizar uma área onde pudesse ser armazenadas as peças em processo vindas da estampagem e paralelamente organizá-las em kits e disponibiliza-las em carros de acordo com o modelo necessário para produção (FIGURA 27).

Figura 26 – Novo *lay out* proposto



Fonte: O autor (2019).

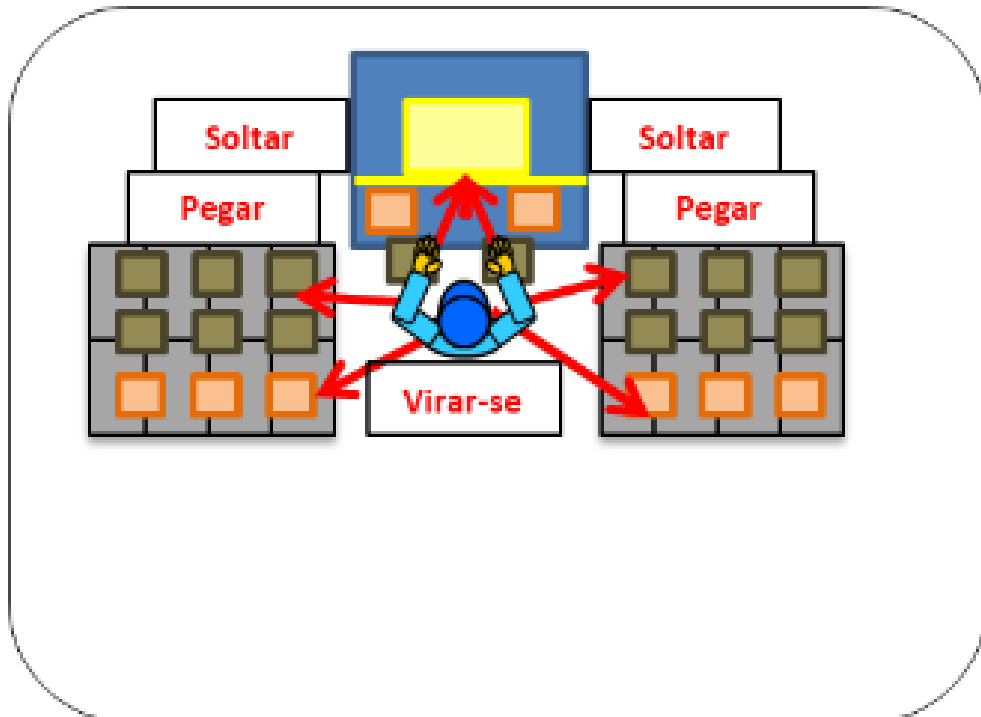
Figura 27 – Carro transportador de *kits*



Fonte: O autor (2019).

Para a estamparia foi indicado padronização de movimentos para a operação nas prensas, além a aproximação matéria-prima para o operador, com isso espera se diminuir a perda de tempo com movimentos que não agregam valor ao produto, Figura 28.

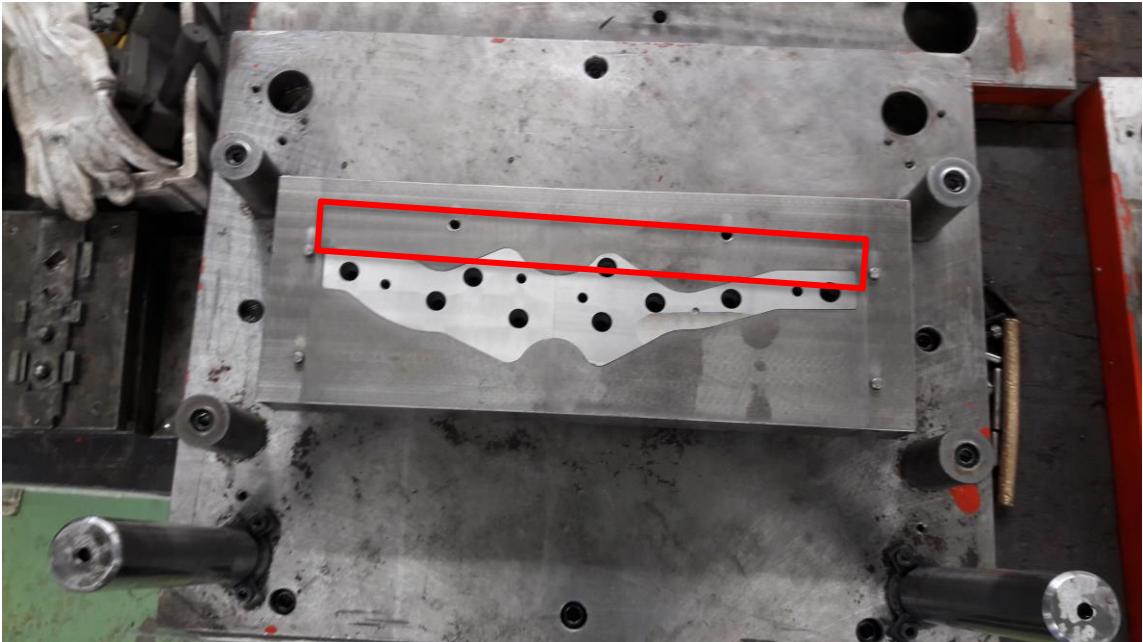
Figura 28- Proposta de novo lay out para estampagem



Fonte: O autor (2019).

Em relação a ferramenta que confecciona o Reforço 1, foi verificado que ela não possuía o *top* que dá o passo da tira, ou seja, o operador não tinha referência na ferramenta para fazer a estampagem da peça. Foi revelado pelos engenheiros do Fornecedor que a falta desse *top* é devido a uma melhoria realizada no passado, quando a peça era estampada uma por vez, em chapas menores (não havendo a necessidade de ter *top*), passando então a ser estampada em tiras de 1.000 mm de comprimento, melhorando a produtividade do processo. Para solucionar esse problema, foi proposta a confecção um *top*, que permitisse o operador estampar todas as peças com o passo correto, fazendo com que a tira fosse aproveitada totalmente, Figura 29.

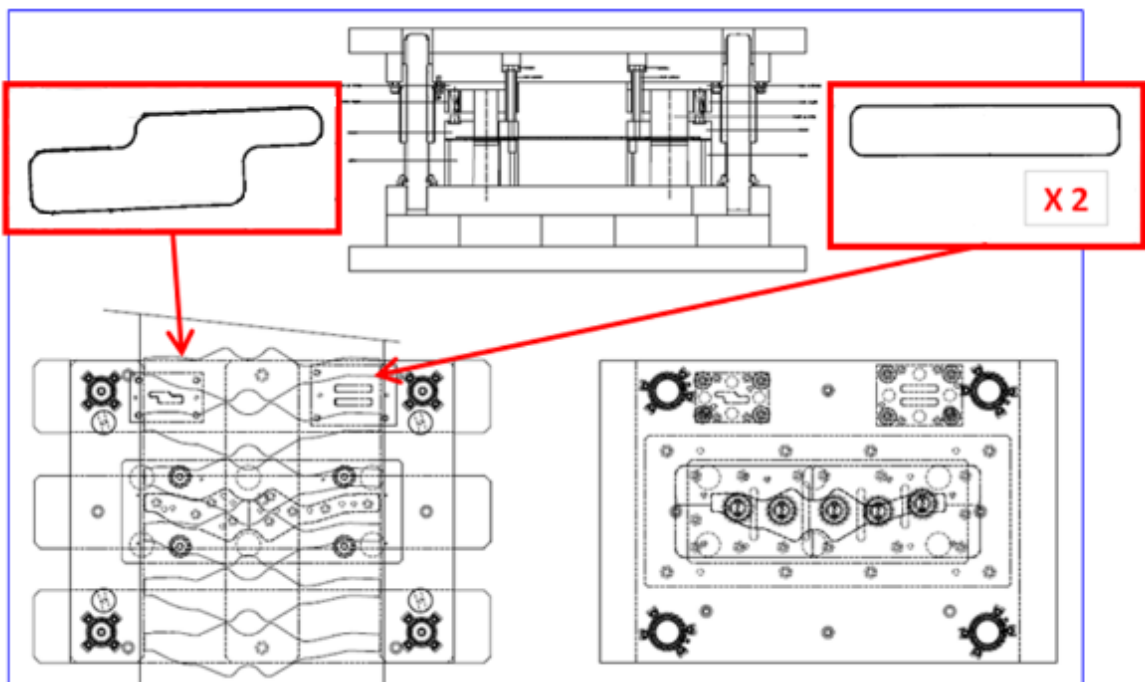
**Figura 29 – Proposta de confecção de top de avanço da tira**



Fonte: O autor (2019).

Ainda em relação a essa ferramenta, foi proposto a confecção de novas matrizes e punções das peças Apoio 2 e Reforço 2 para serem estampados juntos ao Reforço 1, melhorando o aproveitamento da tira, Figura 30.

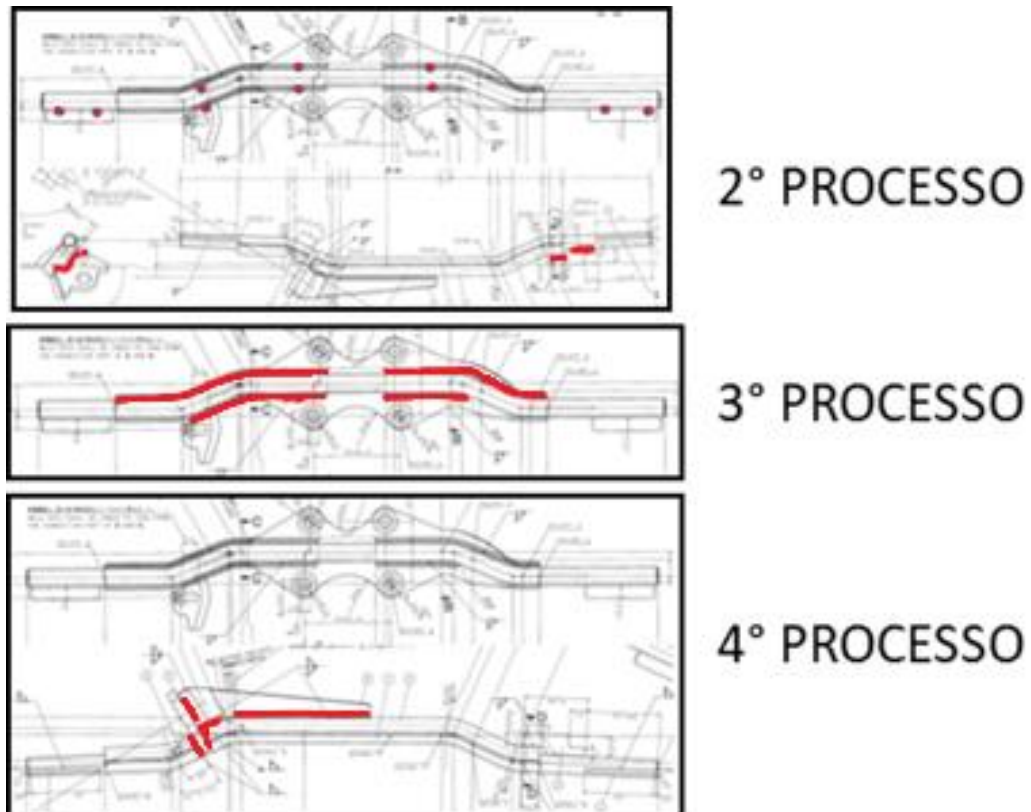
**Figura 30 – Proposta de ferramenta de estampagem**



Fonte: O autor (2019).

No setor de solda foi proposto balancear os processos de solda e eliminar dois postos de operação de soldagem, para isso foi feito um estudo para redistribuir os processos de cordão de solda entre os operadores, conforme a Figura 31 a seguir.

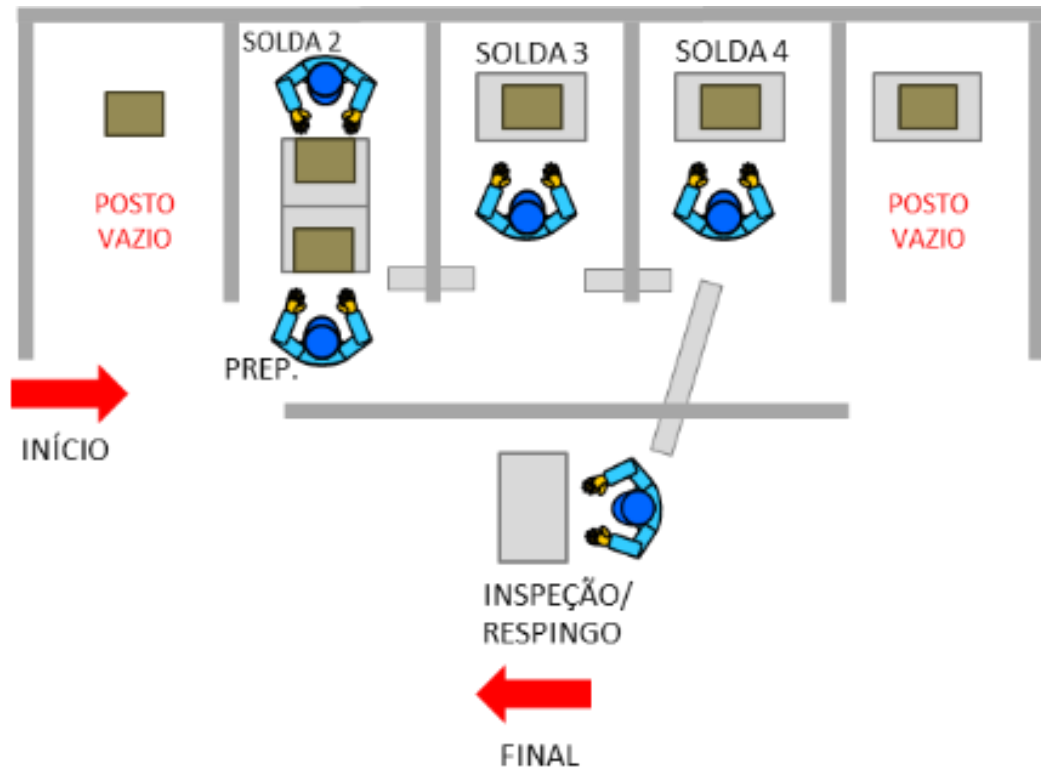
**Figura 31 – Novo balanceamento de atividades proposto**



Fonte: O autor (2019).

Foi recomendado também retirar o processo de retirada de respingo de solda, visto que essa atividade além de não agregar valor ao produto, a sua eliminação não alterava a qualidade do produto final, ficou definido que os únicos pontos onde não poderiam ter respingo, seriam os quatro furos que onde entram os parafusos que que prendem a peça à moto, com isso o operador que faz a checagem visual, passaria a retirar o respingo nessa área quando necessário. O novo layout da linha proposta e seus respectivos tempos ciclo ficaram conforme a Figura 32.

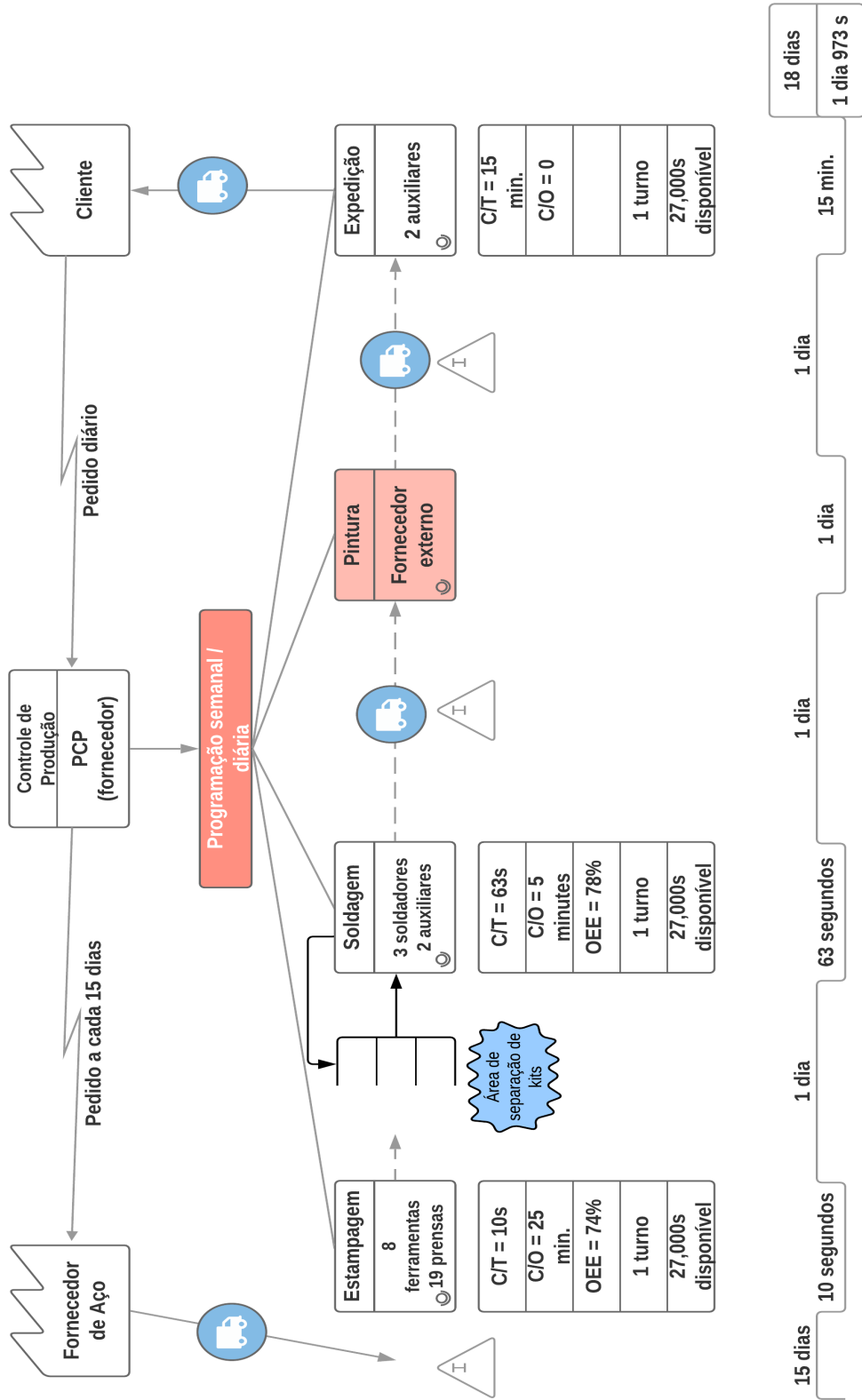
Figura 32 – Lay out proposto para o processo de soldagem



Fonte: O autor (2019)

Com as propostas de melhorias levantadas, o passo seguinte foi esquematizar o novo Mapa de Fluxo de Valor (FIGURA 33). Nele estão representadas as propostas de melhoria a serem realizadas e como ficarão os processos após as suas implementações.

Figura 33 – Novo mapa de fluxo de valor



Fonte: O autor (2019).



## 5 RESULTADOS

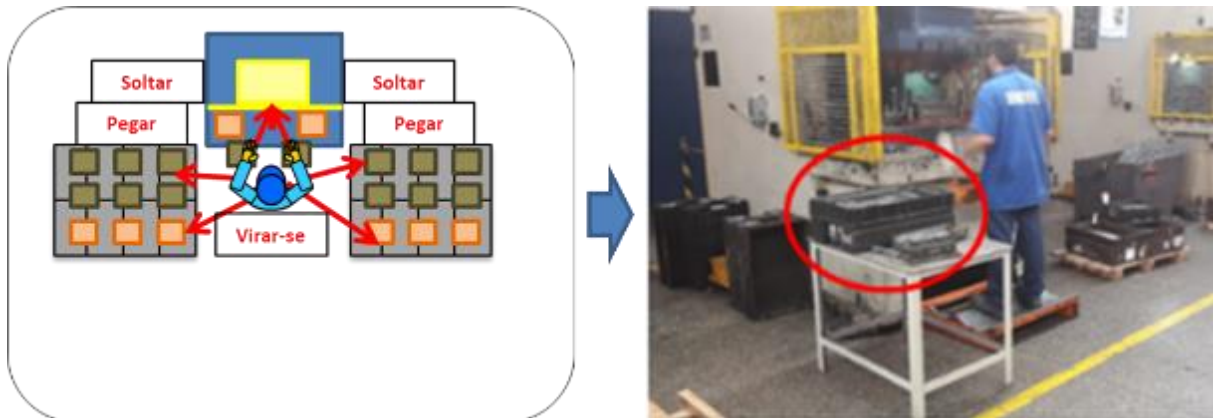
As melhorias foram aplicadas no processo conforme as propostas apresentadas. Para o almoxarifado, conseguiu-se reduzir o espaço de estoque, além de melhorar o controle de matéria-prima.

Foi possível reduzir o estoque de matéria-prima e acomoda-las em uma área menor, onde ficavam as ferramentas, passando as ferramentas para dentro do setor de estampagem. Outra mudança foi em relação à área de expedição, que também foi transferida para dentro do setor de estampagem. Essas mudanças permitiram ao fornecedor eliminar a necessidade de espaço do antigo galpão, concentrando suas atividades em um único galpão.

A criação da área de kits desafogou a grande quantidade de peças em processamento que ficavam no setor de estampagem, concentrando-as em um único espaço. Além disso, a formação de kits melhorou o abastecimento para a linha de soldagem, fazendo com que fosse reduzida a quantidade de paradas por falta de matéria-prima, Figura 34.



Figura 35 – Novo *layout* no processo de estampagem



Fonte: O autor (2019).

Em relação à ferramenta do Reforço 1, foi confeccionado o *top* da tira que facilitou a atividade do operador, permitindo que ele passasse a estampar dez peças por tira, ao invés das nove que eram estampadas anteriormente (FIGURA 36).

Figura 36 – Confeção do *top* da tira



Fonte: O Autor (2019)

Ainda referente a esta ferramenta, foram confeccionados os conjuntos de matriz e punção para que a sobra de matéria-prima da tira fosse aproveitada para produzir o Apoio 2 e o Reforço 2, dessa forma foi reduzido o consumo de matéria-prima, além de melhorar a questão ambiental, já que menos retalho de da tira do Reforço 1 passou a ser descartado (FIGURA 37).

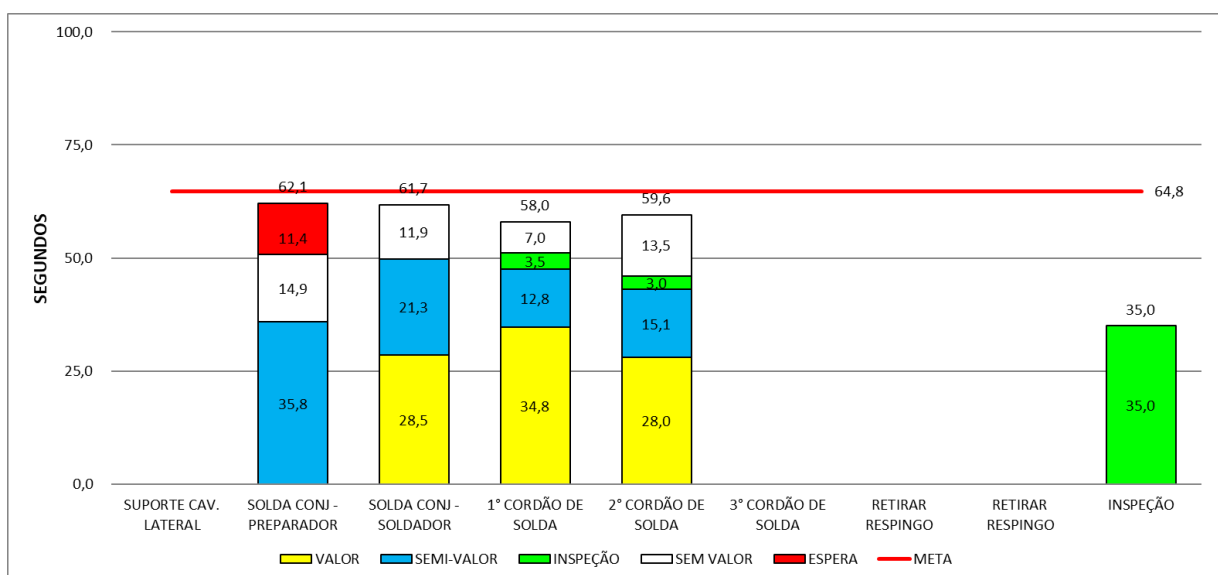
**Figura 37 – Ferramenta de estampagem com aproveitamento de matéria-prima**



Fonte: O autor (2019).

No setor de solda com o novo balanceamento e a retirada de postos que não agregavam valor, foi possível manter o mesmo tempo ciclo utilizando apenas 5 operadores (GRÁFICO 4). A criação do carro de peças já separadas na área de *kits* melhorou o abastecimento no setor de solda, reduzindo as paradas de linha por falta de matéria-prima (FIGURA 38).

**Gráfico 4 – Novo balanceamento de linha no processo de soldagem**



Fonte: O autor (2019).

**Figura 38 – Posto de soldagem após as melhorias**



Fonte: O autor (2019).

Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, os funcionários da empresa assimilaram bem os conceitos de Lean Manufacturing, desde os operadores que se mostraram solícitos em testar as propostas apresentadas, até o diretor que apoio a todo tempo o andamento do trabalho. Ademais, a melhorias implementadas geraram impacto na estrutura de custos do item estudado, reduzindo seu preço final em 13%, permitindo ao cliente negociar redução do preço do Estribo, ficando cada empresa com 50% do valor da redução obtida.

**Figura 39 – Negociação de preço cliente / fornecedor**



Fonte: O autor (2019).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral do trabalho era melhorar a competitividade de preço de uma empresa fornecedora de produtos metálicos estampados do segmento de motocicletas do Polo Industrial de Manaus através da aplicação das ferramentas de Lean Manufacturing.

Valendo-se da pesquisa apresentada neste trabalho, verifica-se que a implementação da filosofia *Lean Manufacturing* se mostrou um instrumento essencial para a empresa melhorar seus processos produtivos e reduzir o desperdício.

O treinamento teórico se mostrou eficaz para o desenvolvimento do trabalho por parte dos funcionários do fornecedor, porém apesar dos bons resultados obtidos, como ponto de melhoria, sugere-se que, quando possível, a formação teórica possa ser feita em dois dias, a fim de melhor assimilar a teoria pela equipe.

O mapeamento de processos e a definição de atividades que agregam valor serviram para visualizar melhor o sistema produtivo, o que facilitou a proposição das melhorias que devem ser realizadas. A implementação das melhorias propostas mostrou-se eficiente e o objetivo de reduzir o desperdício no processo foi alcançado.

Finalmente, os resultados obtidos proporcionaram uma melhor aproximação entre cliente e fornecedor na negociação de redução de preços, podendo utilizar o mesmo trabalho para negociação de outros produtos do fornecedor.

O que se espera para como trabalho futuro é que o corpo técnico treinado possa multiplicar o conhecimento adquirido para os demais funcionários da fábrica, e que a mesma atividade possa ser realizada para reduzir as perdas nos processos de outros itens fabricados, promovendo assim, o ciclo de melhoria contínua defendido por esta filosofia de gestão enxuta.

A adoção de ferramentas enxutas sozinhas não garante o sucesso total de um plano de treinamento, competência e melhorias de processo, se não estiver vinculada ao planejamento estratégico da organização.

Além disso, embora as ferramentas enxutas provem sua eficácia, é necessário fomentar e manter, dentro da cultura organizacional, o que é chamado de cultura de resultados enxutos.

## 6.1 Impactos do Trabalho

Todo trabalho acadêmico tem como propósito gerar resultados através de sua pesquisa científica, que promovam impactos para a academia, para a sociedade e para a economia, em maior ou menor escala para cada um dos segmentos, dependendo do intuito da pesquisa. As subseções a seguir, têm como finalidade apresentar os impactos gerados por este trabalho.

### 6.1.1 Impacto Acadêmico

Por se tratar de uma pesquisa exploratória de ordem prática, este trabalho não tinha como intuito o desenvolvimento de uma nova ferramenta ou teoria, a pesar disso, para a área acadêmica se mostrou importante por tratar um campo pouco explorado dentro do *Lean Manufacturing*, que é a sua aplicação em Pequena e Médias Empresas e a proposta de sua utilização como ferramenta de negociação entre cliente e fornecedor, que gerou resultados que poderão ser utilizados por outros acadêmicos e proporcionar o desenvolvimento de pesquisas futuras.

No decorrer do desenvolvimento do trabalho, outro impacto gerado foi a publicação de um artigo no congresso internacional *5th European Lean Educators Conference (ELEC)*, em 2018, em Portugal, com o artigo *Application of lean education for the elimination of waste in a company of the stamped products sector*.

### 6.1.2 Impacto Econômico

O trabalho gerou impactos econômicos na medida que foi possível diminuir quatro mãos-de-obra no setor de Soldagem e dois processos no setor de Estampagem, diminuições essas que puderam ser mensuradas e a redução de custo ocasionada pode ser negociada entre cliente e fornecedor para desconto de preço de aquisição do produto final por parte do cliente e redução de custo e aumento da eficiência de processo por parte do fornecedor, o que pode gerar produtos mais baratos para o consumidor final.

### 6.1.3 Impacto Social

A pesquisa acarretou um resultado benéfico para o Fornecedor, ajudando a melhorar seus processos e reduzir seus custos de fabricação, além disso, o trabalho gerou um impacto positivo para seus funcionários, visto que eles adquiriram conhecimento e se desenvolveram profissionalmente, ademais, as ferramentas que eles aprenderam, poderão ser utilizadas por eles no desenvolvimento de trabalhos futuros.



## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares (2018). **Anuário da Indústria Brasileira de Duas Rodas 2018**. São Paulo: ABRACICLO.

Alves, A. C., Kahlen, F.-J., Flumerfelt, S., & Manalang, A. B. S. (2014). **The Lean Production multidisciplinary: from operations to education**. *7th International Conference on Production Research / Americas*, (August 2014). <https://doi.org/10.13140/2.1.1524.0005>

Bhamu, J., Sangwan, K. S. (2014). **Lean manufacturing: Literature review and research issues**. *International Journal of Operations & Production Management*. 34. 876-940. 10.1108/IJOPM-08-2012-0315.

Bortolotti, T., Boscari, S., & Danese, P. (2015). **Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices**. *International Journal of Production Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.013>

Bresciani, E. (2011). **Conformação plástica dos metais**. São Paulo: EPUSP.

Clark, D. M., Silvester, K., & Knowles, S. (2013). **Lean management systems : Creating a culture of continuous quality improvement**. *Journal of Clinical Pathology*. <https://doi.org/10.1136/jclinpath-2013-201553>

Danese, P. , Manfè, V. and Romano, P. (2018). **A Systematic Literature Review on Recent Lean Research: State-of-the-art and Future Directions**. *International Journal of Management Reviews*, 20: 579-605.

Davis, E., Spekman, R. (2003). **Extended Enterprise: Gaining Competitive Advantage through Collaborative Supply Chains**. New Jersey: Prentice Hall PTR.

De Vin, L. J., Jacobsson, L., Odhe, J. E., & Wickberg, A. (2017). **Lean Production Training for the Manufacturing Industry: Experiences from Karlstad Lean**

**Factory.** *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1019–1026.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.208>

Dey PK, Malesios C, De D, Chowdhury S, Abdelaziz FB. **Could lean practices and process innovation enhance supply chain sustainability of small and medium-sized enterprises?** *Bus Strat Env.* 2019;28:582–598.

Gupta, S., Jain, S. (2013). **A literature review of lean manufacturing.** *International Journal of Management Science and Engineering Management.* 8. 10.1080/17509653.2013.825074.

Jones, D., & Womack, J. (2002). **Seeing the Whole.** *Lean Enterprise Institute, Brookline.*

Karim, A., & Arif-Uz-Zaman, K. (2013). **A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations.** *Business Process Management Journal*, 19(1), 169–196. <https://doi.org/10.1108/14637151311294912>

Kavčič, K., & Gošnik, D. (2016). **Lean Six Sigma education in manufacturing companies: the case of transitioning markets.** *Kybernetes*, 45(9), 1421–1436. <https://doi.org/10.1108/K-05-2015-0120>

Krafcik, J., 1988. **Triumph of the Lean Production System.** *MIT Sloan Management Review*, 30(1).

Liker, Jeffrey (2004). **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer.** McGraw-Hill.

Majava, J., Ojanperä, T. (2017). **Lean Production Development in SMEs: A Case Study.** *Management and Production Engineering Review.* 8. 10.1515/mper-2017-0016.

Mann, D. (2014). **Creating a Lean Culture - Tools to Sustain Lean Conversions.**

2014. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>.

Marques, P., Modenesi, P., Bracarense, A. (2009). **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. Belo Horizonte: Editora UFMG.

Matt D.T., Rauch E. (2020) **SME 4.0: The Role of Small- and Medium-Sized Enterprises in the Digital Transformation**. In: Matt D., Modrák V., Zsifkovits H. (eds) Industry 4.0 for SMEs. Palgrave Macmillan, Cham

Niederstadt, J. (2010). **Standardized Work for Noncyclical Processes**. Florida: CRC Press.

Ohno, T. (1997). **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas.

Pienkowski, M. (2014). **Waste Measurement Techniques for Lean Companies**. International Journal of Lean Thinking Volume 5.

Pinto, J. P. (2009). **Pensamento Lean, A filosofia das organizações vencedoras**. São Paulo: Lidel

Rother, M.; Shook, J. (2003). **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil.

Rüttimann, B.G. and Stöckli, M.T. (2016) **Lean and Industry 4.0—Twins, Partners, or Contenders? A Due Clarification Regarding the Supposed Clash of Two Production Systems**. Journal of Service Science and Management , 9, 485-500.

Sabadka, D., Molnar, V., Fedorko, G., Jachowicz, T. (2017). **Optimization of Production Processes Using the Yamazumi Method**. Advances in Science and Technology Research Journal, 11(4), 175-182.

<https://doi.org/10.12913/22998624/80921>.

Sanders, Adam; Elangeswaran, Chola; Wulfsberg, Jens P. (2016). **Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing**, *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*

Silva, F. W. S., Alves, A. C., & Figueiredo, M. C. B. (2019). **Lean Production in small and medium sized companies from the Free Economic Zone of Manaus: a reality or just fiction?** *Gestão & Produção*, 26(4), e4237. <https://doi.org/10.1590/0104-530X-4237-19>

Superintendência da Zona Franca de Manaus (2018). **Indicadores de desempenho do polo industrial de Manaus 2013-2018**. Manaus: SUFRAMA.

Shamah, R. A. M. (2013). **A model for applying lean thinking to value creation**. *International Journal of Lean Six Sigma*, 4(2), 204–224. <https://doi.org/10.1108/20401461311319365>

Vilkas, M., Koreckaja, I., Katiliūtė, E., & Bagdonienė, D. (2015). **Adoption of Lean Production: Preliminary Evidence from Lithuania**. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 213, 884–889. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.500>

Vukadinovic, S., Djapan, M., & Macuzic, I. (2017). **Education for lean & lean for education: A literature review**. *International Journal for Quality Research*, 11(1), 35–50. <https://doi.org/10.18421/IJQR11.01-03>

Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S. (2017). **Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems**. *Procedia CIRP*, 63, 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.041>

Wainer, E., Brandi, S., Mello, F. (1992). **Soldagem: processos e metalurgia**. São Paulo: Blucher.

Womack, J. P. (1998). **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus.