

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - PPGE
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOSÉ MARCOS DA MOTA BRITO

**O IMPACTO DO USO DE AGV NO *LEAN MANUFACTURING* – ESTUDO DE CASO
NO SEGMENTO DE DUAS RODAS DO PIM.**

MANAUS-AM

2021

JOSÉ MARCOS DA MOTA BRITO

**O IMPACTO DO USO DE AGV NO *LEAN MANUFACTURING* – ESTUDO DE CASO
NO SEGMENTO DE DUAS RODAS DO PIM.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Dr. Sandro Breval Santiago

MANAUS-AM

2021

Ficha Catalográfica

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

B862i Brito, José Marcos da Mota
O impacto do uso de AGV no lean manufacturing - estudo de caso no segmento de duas rodas do PIM / José Marcos da Mota Brito . 2021
77 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Sandro Breval Santiago
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Lean Manufacturing. 2. AGV - Automated Guided Vehicle. 3. Motocicleta. 4. PIM - Polo Industrial de Manaus. I. Santiago, Sandro Breval. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

JOSÉ MARCOS DA MOTA BRITO

**O IMPACTO DO USO DE AGV NO *LEAN MANUFACTURING* – ESTUDO DE CASO
NO SEGMENTO DE DUAS RODAS DO PIM.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.
Orientador: Professor Dr. Sandro Breval Santiago

Aprovado em 15 de Dezembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sandro Breval Santiago, Presidente
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. Marcelo Albuquerque de Oliveira, Membro
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. Orlem Pinheiro de Lima, Membro
Universidade do Estado do Amazonas – UEA

MANAUS-AM

2021

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação

aos meus pais, José Soares de Brito (*In memoriam*) e Maria José da Mota Brito, por todo o carinho e dedicação para me educar, aos meus irmãos, principalmente à minha irmã, Eunice da Mota Brito, por me incentivar e apoiar em todos os momentos da minha vida, ao meu filho,

Nicholas Exedito Honório de Brito, que foi compreensivo nos momentos de ausência e à minha esposa, Ana Carolina da Silva Brito, pelo incentivo e apoio nos momentos decisivos ao longo desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Meu maior agradecimento a Deus, provedor de todas as coisas.

A Universidade Federal do Amazonas – UFAM por nos proporcionar um curso de qualidade com professores excelentes e dedicados. Ao meu orientador, Prof. Dr. Sandro Breval Santiago, que demonstrou persistência e a paciência para indicar o caminho a ser percorrido para a obtenção do título de mestre. Aos professores e servidores do PPGEP-UFAM por toda a dedicação e cuidados prestados ao longo do curso. Aos meus colegas de curso pela parceria nas aulas e trabalhos realizados.

A todas as pessoas que me ajudaram ao longo desta jornada com informações, ideias e orientações para desenvolver este trabalho.

A empresa objeto da pesquisa por estar sempre disposta a desenvolver pessoas e entregar produtos de alta qualidade, sempre pensando em atender as necessidades de seus clientes.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido como estudo de caso, aplicado em uma empresa do segmento de duas rodas situada no Polo Industrial de Manaus (PIM), com o foco na diminuição de custos e no aumento da sua competitividade, através da redução de perdas e desperdícios em seus processos de montagem final da motocicleta. Neste contexto, a pesquisa teve como o objetivo geral o entendimento de como a interação entre a utilização das ferramentas do *Lean Manufacturing* e a aplicação de novas tecnologias, no caso, o sistema AGV impacta na melhoria da produtividade, da qualidade, da segurança e contribui para a redução de custos dos processos produtivos. Para isso foi realizado o mapeamento da cadeia de valor atual da cadeia da montagem final da motocicleta, onde foram identificadas as perdas que oneram o custo de fabricação da motocicleta. Em seguida, foram propostas melhorias nos processos da cadeia da montagem, entre elas, a aplicação do sistema AGV para alimentação de peças diárias para a linha de montagem final e todas estas melhorias foram apresentadas no mapeamento da cadeia de valor futuro. Os resultados obtidos por esta pesquisa permitiram ratificar que a interação entre o *Lean Manufacturing* e a aplicação da tecnologia AGV pode contribuir para redução de custos, melhoria de segurança e qualidade nos processos. Além disso, este estudo serve como base para estudos em outras cadeias produtivas da fábrica brasileira e até em outras plantas fabris pelo mundo.

Palavras chave: *Lean Manufacturing*, AGV, Motocicleta

ABSTRACT

This project was developed as a case study, applied in a company in the two-wheel segment located in the Industrial Pole of Manaus (PIM), with a focus on reduce costs and increase its competitiveness, by reducing losses and waste in its final motorcycle assembly processes. In this context, the research had as its general objective the understanding of how the interaction between the use of Lean Manufacturing tools and the application of new technologies, in this case, the AGV system, impacts on improving productivity, quality, safety and contributes to reduce the costs of production processes. For this, a Current Value Stream Mapping of the motorcycle final assembly chain was carried out, where the losses that burden the motorcycle manufacturing cost were identified. Then, improvements were proposed in the processes of the assembly chain, including the application of the AGV system to feed daily parts to the final assembly line, and all these improvements were presented in the Future Value Stream Mapping. The results obtained by this research allowed us to confirm that the interaction between Lean Manufacturing and the application of AGV technology can contribute to cost reduction, improvement of safety and quality in processes. In addition, this study serves as a basis for studies in Brazilian factory production chains and even other industrial plants around the world.

Keywords: Lean Manufacturing, AGV, Motorcycle

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção anual de motocicletas produzidas no Brasil de 2008 à 2020.....	12
Figura 2 – Ícones padronizados VSM.....	19
Figura 3 – Etapas de Implementação do VSM.....	20
Figura 4 – Exemplo VSM – Estado atual.....	21
Figura 5 – Exemplo VSM – Estado Futuro.....	21
Figura 6 – Demonstração do GB.....	24
Figura 7 – AGV.....	26
Figura 8 – Exemplo AGV em terminal de transporte de carga.....	27
Figura 9 – Estrutura Básica de Sistema AGV.....	27
Figura 10 – Princípio de funcionamento do AGV.....	28
Figura 11 – AMR.....	29
Figura 12 – Sensores AMR.....	30
Figura 13 – Produção anual de motocicletas de 2008 à 2020.....	33
Figura 14 – Fluxo de produção de peças das motocicletas.....	38
Figura 15 – Principais componentes de uma motocicleta.....	39
Figura 16 – Quantidade de motocicletas produzidas por linha em 2020.....	40
Figura 17 – Quantidade de motocicletas produzidas por dia na LM1J – 2020.....	42
Figura 18 – Layout da Cadeia da Montagem Final LM1J.....	48
Figura 19 – Tempos de Processos Montagem de Componentes.....	50
Figura 20 – Tempos de Processos Linha de Montagem.....	51
Figura 21 – Distribuição das Paradas Obrigatórias.....	52
Figura 22 – Tempo Total Disponível.....	53
Figura 23 – Fluxo Logístico.....	54
Figura 24 – Sistemática de alimentação de peças.....	55
Figura 25 – Tipos de peças.....	56
Figura 26 – Distribuição de Processos do Conjunto Trava.....	60

Figura 27 – Fluxo Macro do Processo de Montagem do Conjunto Trava.....	60
Figura 28 – Mapa da Cadeia de Valor Atual.....	62
Figura 29 – Mapa da Cadeia de Valor Atual com oportunidades de melhorias.....	64
Figura 30 – Funcionamento Sistema de alimentação com AGV.....	67
Figura 31 – Mapa da Cadeia de Valor Futuro.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de motocicletas produzidas por cilindrada em 2020.....	35
Tabela 2 – Fases da Metodologia da Pesquisa.....	44
Tabela 3 – Matriz de Importância.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGV	<i>Automatic guided vehicle</i>
AMR	<i>Autonomous Mobile Robots</i>
GBO	Gráfico de balanceamento de operações
STP	Sistema Toyota de Produção
PIM	Pólo Industrial de Manaus
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Contextualização	11
1.2. Problemática	12
1.3. Objetivos.....	13
1.3.1. Objetivo Geral	13
1.3.2. Objetivos Específicos	13
1.4. Justificativa.....	14
1.5. Delimitação do Estudo	14
1.6. Estrutura do Trabalho	15
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	16
2.1. Sistemas de produção - Lean Manufacturing	16
2.2. Desperdícios no Lean Manufacturing	17
2.3. Ferramentas do Lean Manufacturing.....	18
2.3.1. Value Stream Mapping (VSM)	18
2.3.2. Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO).....	23
2.3.3. Takt Time	24
2.3.4. Kaizen.....	24
2.4. Automação Industrial.....	25
2.5. Manufatura Avançada	25
2.6. Veículo Guiado Automaticamente (AGV).....	26
2.7. Robô Móvel Autônomo (AMR)	29
2.8. Varredura Horizontal do uso de AGV no âmbito da manufatura.....	31
3. METODOLOGIA.....	33
3.1. Procedimentos Metodológicos da Pesquisa.....	33
3.2. Apresentação do Cenário da Pesquisa.....	34
3.3. Metodologia da pesquisa	40
3.4. Coleta e Tratamento de Dados	41
3.5. Operacionalização da Pesquisa.....	42
4. RESULTADOS DA PESQUISA	45

4.1. Levantamento de Dados da Situação Atual.....	45
4.1.1. Cadeia Linha de Montagem Final LM1J.....	45
4.1.2. Fluxo Logístico e Alimentação de Peças	53
4.1.3. Mapeamento da Cadeia de Valor Atual	57
4.1.4. Identificação das atividades que não agregam valor	63
4.2. Propostas de ações/melhorias	65
4.2.1. Elaboração do Mapa da Cadeia de Valor Futuro.....	68
4.3. Impactos Acadêmico, Econômico e Social.....	70
4.3.1. Impacto Acadêmico.....	70
4.3.2. Impacto Econômico.....	70
4.3.3. Impacto Social.....	70
5. CONCLUSÃO.....	71
6. REFERÊNCIAS	73

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O atual contexto econômico mundial demanda por empresas que busquem a eliminação de perdas e desperdícios, a melhoria de seus processos e produtos e desenvolver habilidades e competências dos seus colaboradores (GONÇALES, PRADO, CAMPOS, 2014). Votto e Fernandes (2014) enfatizam que empresas, quando estão em condições desfavoráveis, buscam metodologias modernas de gestão dos seus processos de manufatura para otimizar recursos e melhorar o fluxo de produção.

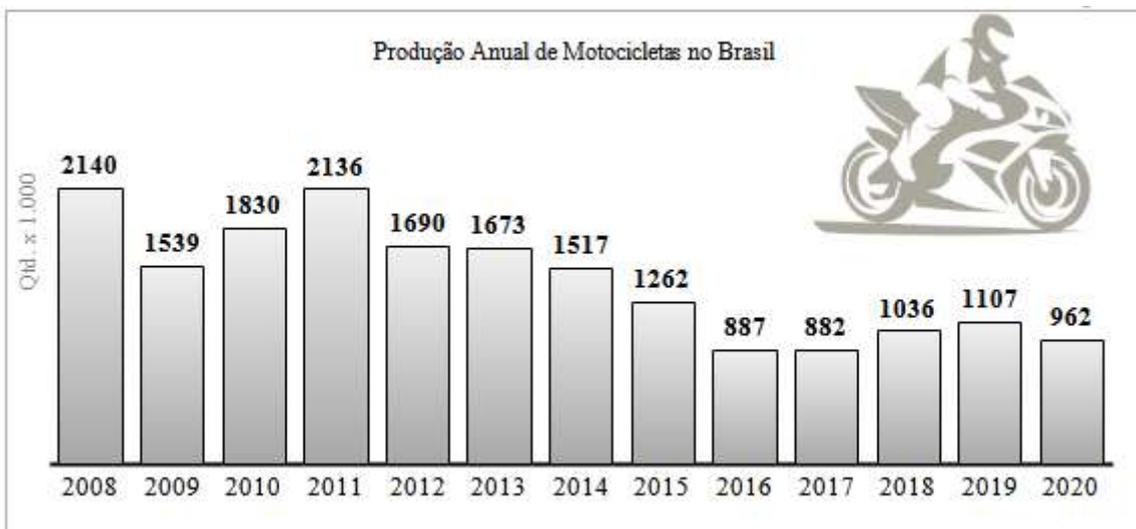
Quando se pensa em competitividade, geralmente as pessoas resumem esse conceito de forma universal e precisa (FEURER, 1994; PAIVA, 2015). Porém, com o desenvolvimento de novas tecnologias nos processos industriais, a competitividade pode ser entendida como a maneira como as empresas mostram que seus produtos são melhores do que os de seus concorrentes aos seus clientes. (NOBREGA, SANTOS, DE JESUS, 2014).

De acordo com a situação atual do Brasil, marcada por instabilidade política e econômica, as empresas estão buscando estratégias que podem ser respaldadas pelo resultado de seus indicadores como forma de obter diferenciais competitivos. Essas estratégias têm o objetivo de aumentar e/ou manter lucros, diminuir ou eliminar desperdícios e reduzir custos. Porter (1985) diz que a vantagem competitiva é obtida por meio da junção entre análise detalhada de processos internos e eficiência operacional. As empresas brasileiras que desejam permanecer competitivas no mercado devem aprender a criar e inovar em seus processos, aumentar a qualidade e reduzir custos utilizando-se de métodos para aumentar sua competitividade. Dentre essas estratégias, têm-se a filosofia *Lean*, desenvolvida e praticada pela *Toyota*. É uma filosofia utilizada, justamente, para identificação de perdas e eliminação de desperdícios (SHINGO, 1996; CORRÊA, 2010). No entanto, muitas vezes, para se eliminar desperdícios e reduzir custos é necessário utilizar inovação tecnológica e criatividade junto com as ferramentas disponíveis para aumentar a competitividade através da melhoria da qualidade do produto e/ou serviço ofertado ao cliente (MILAN, PRETTO, BASSO, 2007). O contexto apresentado se aplica ao objeto de estudo desta pesquisa, os fabricantes do segmento de duas rodas do Polo Industrial de Manaus (PIM). Por meio do uso de técnicas de *Lean Manufacturing* e aplicação tecnológica, busca-se aumento de produtividade, identificação e eliminação de perdas, desperdícios e redução de variações de processos com o objetivo de garantir a qualidade da motocicleta produzida.

1.2. Problemática

O cenário econômico dos últimos anos não se apresentou favorável para a indústria no Brasil, no que se refere ao segmento de duas rodas. Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares (ABRACICLO), a produção de motocicletas teve uma queda de 58,7% do ano de 2008 ao ano de 2017. Porém, à partir do ano de 2018 houve leve aumento da produção, comparando os anos de 2017 e 2019 o crescimento foi de 25,5%. Todavia, a confirmação da retomada do crescimento se deu em 2020, que mesmo com a pandemia da COVID 19, que impactou em todas as empresas do mundo, o nível de produção ainda ficou em um patamar maior que em 2017 (ABRACICLO, 2021).

Figura 1 - Produção anual de motocicletas produzidas no Brasil de 2008 a 2020



Fonte: Elaborado a partir de ABRACICLO, 2021

No período de 2008 a 2017 houve redução do quadro de colaboradores, suspensão de investimentos para instalação de novas fábricas e renovação fabril, negociações de folgas com os colaboradores e estagnação dos salários. Medidas que foram tomadas pelas empresas para se manterem ativas. Entretanto, apesar deste cenário desanimador as empresas focaram seus esforços na redução de desperdícios e deficiências existentes em seu processo produtivo. Isto é, apesar da crise, mantiveram seu objetivo de melhorar seus processos produtivos e aperfeiçoar seus produtos para melhorar a qualidade, reduzir custos e manter seus lucros. Portanto, a redução de perdas e desperdícios tem sido a principal prioridade das empresas do segmento de duas rodas e, com a perspectiva de retomada do mercado nos últimos três anos, o investimento em tecnologia tornou-se um grande aliado para as melhorias de processos.

Dentre as ferramentas tecnológicas, podemos citar os veículos guiados automatizados (AGVs). Inicialmente, essas aplicações tecnológicas se resumiam a tarefas simples, porém o impacto foi aumentando ao longo dos anos, já que os robôs são capazes de substituir o manuseio humano, movendo o material diretamente para o local de consumo. Isso possibilita melhor fluxo de trabalho, redução do tempo de produção ou montagem, diminuição de custos, desperdícios, maior precisão e eficiência.

A empresa analisada é japonesa, instalada no PIM e enfrenta forte concorrência internacional. Desta forma, os conceitos de *Lean Manufacturing*, análise da cadeia de valor, a verificação do fluxo de alimentação de peças e o levantamento de desperdícios serão estudados através de estudo de caso na cadeia da montagem final da motocicleta.

A motivação do projeto foi norteada por fenômenos visualizados no chão de fábrica que são: desbalanceamento de processos; excesso de movimentações de carros com peças ou vazios; excesso de estoques; falta de organização de layout e dificuldade de garantir a estabilização da qualidade sem retrabalho. Aliado a tudo isso, há uma forte competitividade no mercado que força a reduzir custos para manutenção da lucratividade e do *market share* da empresa.

Nesta linha de pensamento a pergunta a ser respondida nesta pesquisa é: Como a análise, utilizando as ferramentas de *Lean Manufacturing*, com a aplicação de tecnologia AGV, para movimentação de materiais, podem contribuir para eliminação desperdícios, aumento da eficiência e redução dos custos operacionais no setor de montagem final da motocicleta?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Analisar a aplicação de um sistema AGV para alimentação de peças e componentes em uma linha de montagem final de motocicletas.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Elaborar o Mapa da Cadeia de Valor Atual de uma linha de montagem final de motocicletas;
2. Mapear as perdas / problemas que diminuem a eficiência e aumentam os custos operacionais da cadeia da linha de montagem final de motocicletas;
3. Elaborar uma varredura horizontal do uso de veículos autônomos guiados no âmbito da manufatura;

1.4. Justificativa

Os benefícios com a aplicação das melhorias baseadas na metodologia do *Lean Manufacturing* são identificados no âmbito da qualidade, *lead time* de atendimento e na resposta ao consumidor através da redução de preços e melhoria na qualidade do produto final. Tudo isso é proporcionado pelas melhorias de redução dos desperdícios e perdas existentes nos processos produtivos das empresas.

Estes benefícios são apresentados em trabalhos realizados por Fontes, Alves e Teixeira (2013) e Guimarães (2014), cujas análises evidenciaram os méritos que a aplicação das ferramentas do *Lean* consegue extrair das linhas de produção através da identificação e eliminação das perdas nos processos.

Diversos estudos de casos comprovam que a sistemática do *Lean* proporciona resultados relevantes na redução de custos operacionais nos mais variados tipos de indústria e que, ao ser aplicada e implantada corretamente, reduz perdas que elevam seus custos produtivos (SHINGO, 1996).

Porém, para garantir a eliminação de perdas, em alguns casos, é necessário aplicar investimentos no desenvolvimento de novas tecnologias ou de novas aplicações para tecnologias existentes.

Por fim, a pouca literatura sobre a aplicação do *Lean Manufacturing* e do desenvolvimento da tecnologia AGV em empresas do segmento de duas rodas, traz para esta dissertação uma grande oportunidade de avaliar a utilização destas ferramentas aliadas a aplicação da tecnologia AGV neste segmento da indústria mundial. E verificar como tais aplicações contribuem para redução de perdas e desperdícios em um processo produtivo. Além disso, é importante destacar que a realização da pesquisa aliada a indústria, proporciona o desenvolvimento de produtos e processos. A indústria está sempre em busca de novas ideias para melhorar seus produtos e processos e a universidade precisa aplicar seus estudos em um ambiente industrial para comprovar suas teorias.

1.5. Delimitação do Estudo

A pesquisa foi realizada na cadeia de uma linha de montagem final de motocicletas de uma empresa japonesa, instalada no PIM.

A aplicação das ferramentas de *Lean Manufacturing*, a análise dos indicadores internos da linha, a análise da cadeia de valor, a análise do processo, análise das operações, a análise de desperdícios e o impacto da aplicação do sistema AGV na alimentação de peças foram estudados através de estudo de caso, no departamento da montagem final da motocicleta.

O trabalho foi focado na aplicação das ferramentas do *Lean Manufacturing* nos processos da montagem final de motocicletas e na aplicação de um sistema AGV para alimentação de peças.

1.6. Estrutura do Trabalho

O trabalho foi estruturado em 5 capítulos:

- **Capítulo 1: Introdução**

Contextualização da pesquisa, objetivo geral e objetivos específicos, a justificativa do trabalho, bem como as delimitações do estudo e a estrutura do trabalho.

- **Capítulo 2: Enquadramento Teórico**

Conceitos considerados importantes para determinação dos fundamentos teóricos que contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa e realização dos objetivos do projeto.

- **Capítulo 3: Metodologia**

Este capítulo aborda o método que foi aplicado no desenvolvimento do trabalho, o procedimento de coleta e o tratamento dos dados.

- **Capítulo 4: Resultados da Pesquisa**

Apresenta-se os resultados obtidos na pesquisa em relação aos objetivos estabelecidos e de maneira geral, a contribuição deste trabalho para a sociedade.

- **Capítulo 5: Conclusão**

Neste capítulo, apresenta-se as conclusões da pesquisa em relação aos objetivos propostos e a metodologia utilizada, bem como as propostas para trabalhos futuros.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo aborda os principais conceitos que fundamentam o desenvolvimento da pesquisa, bem como, as principais ferramentas utilizadas para se atingir os objetivos propostos.

2.1. Sistemas de produção - *Lean Manufacturing*

Ao longo da história, a indústria passou por grandes revoluções, as quais podemos citar: a primeira em 1914, denominada como fordismo. Henry Ford criou o conceito de produção em alta escala utilizando a linha de montagem em série (BRAGA, 2003); a segunda foi o Sistema Toyota de Produção (STP), definida por Ohno, como conceito da manufatura enxuta. As linhas de montagem produzem em fluxo contínuo ou em células (OHNO, 2005) e nos últimos anos há a Indústria 4.0 com conceito de conectividade entre máquinas, empresas e o cliente final.

A filosofia *Lean Manufacturing* começou no Japão com o objetivo de vender carros para americanos e europeus, porém, havia muitas restrições para proteger a produção interna destes países que dificultavam a competitividade dos carros japoneses. No ano de 1950 foi criado o Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido por Taiichi Ohno, vice-presidente da *Toyota Motors*, denominado *Lean Manufacturing*, ou manufatura enxuta. No conceito do STP, a produção deve operar em função da demanda do mercado, ou seja, produzir estritamente o necessário, evitando os excessos e desperdícios (SCHULZ, 2015).

Dentre os princípios da filosofia *Lean*, destacam-se o *Lean Thinking* e a Mentalidade Enxuta:

Lean Thinking: *Lean* é um conceito de gestão da produção influenciado por práticas e resultados do STP. Para Ohno (2002), a filosofia *Lean* é definida pelos seguintes princípios: definir valor a partir da visão do cliente, especificar da melhor maneira a sequência das atividades que agregam valor, realizar as atividades que agregam valor sem interrupção sempre que solicitadas e de forma cada vez mais eficiente (WOMACK E JONES, 1992).

Mentalidade Enxuta: é um conceito operacional, uma maneira de: agregar valor; aplicar na melhor sequência, as ações que agregam valor; realizar as ações sem interrupção no momento que as solicitam; e operacionalizá-las de maneira mais eficiente, ou seja, fazer cada vez mais, melhor e com menos recursos, eliminando os desperdícios.

A implantação da mentalidade enxuta necessita de elementos constitutivos solidificados em gerenciamento interfuncional, trabalho em grupo, reestruturação organizacional e foco em melhoria contínua. Esta se refere à capacidade das equipes analisarem e solucionarem problemas, implementando e padronizando soluções efetivas (SELLITOA, BORCHARDTB, PERREIRA, 2010).

Pacheco (2014) classifica as práticas do *Lean*: JIT (heijunka, a produção deve ser puxada, deve ser base *takt* e a necessidade de sincronização de processos), redução de recursos utilizados na produção (reduzir lotes, perdas, tempos de setups, inventários, *lead time*), estratégias de melhoria (práticas de *kaizen*, desenvolvimento de círculos de melhoria) e também controle de defeitos (controle através da automação, *poka yoke* e inspeção 100%).

2.2. Desperdícios no *Lean Manufacturing*

O STP funciona mediante a observação do que agrega e do que não agrega valor nas atividades da empresa, além de aprimorar o desenvolvimento intelectual dos colaboradores, processos e sistemas a partir da redução ou eliminação de desperdícios (PINTO, 2014).

Agrega valor: Operações que transformam matérias primas ou informações naquilo que o cliente quer pagar (Exemplos: Conformar uma peça, Soldar, Pintar, Montar).

Não agrega valor: Operações que gastam tempo e recursos, mas que, na visão do cliente, não agregam valor ao produto (Exemplo: Limpar, Inspeccionar).

Definir estes princípios permite entender melhor quando Ohno (2005) define os tipos de desperdícios:

- 1 – Defeitos ou reparos: Qualquer conserto em peças ou documentação é perda. O produto deve ser produzido com qualidade na primeira vez.
- 2 – Excessos de produção: Produzir além do necessário sem ser solicitado pelo cliente é perda.
- 3 – Estoque: Estocar além do mínimo que o trabalho necessita para atender alguma característica do processo é desperdício.
- 4 – Espera: Processo parado sem atividade de trabalho, devido a falhas no processo é ociosidade, ou seja, desperdício.
- 5 – Transporte: Qualquer transporte além do necessário para a execução do processo é perda.
- 6 – Movimentação: Todo movimento da pessoa que não é necessário para a realização do processo, ou seja, que não agrega valor.
- 7 – Sobre Processamento: Todo processamento executado acima do padrão exigido pelo cliente é considerado desperdício.

Alguns autores adicionam um oitavo desperdício:

- 8 – Intelectual: Toda atividade que consuma o tempo ou o intelecto de uma pessoa sem agregar valor.

Em uma empresa em que a Filosofia *Lean* é aplicada, estes tipos de desperdícios devem ser identificados para serem eliminados.

Dentre as ferramentas do *Lean Manufacturing* destacam-se a *Value Stream Mapping* (VSM), Gráfico de balanceamento de operações (GBO), o *takt time* e o *kaizen*.

2.3. Ferramentas do *Lean Manufacturing*

2.3.1. *Value Stream Mapping* (VSM)

O VSM ou mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta do *Lean Manufacturing* que permite ilustrar todas as atividades de produção como fluxo de materiais e de informações e a quantidade de peças dos lotes para transferências entre processos (TAPPING, 2002 *apud* PATEL, 2015).

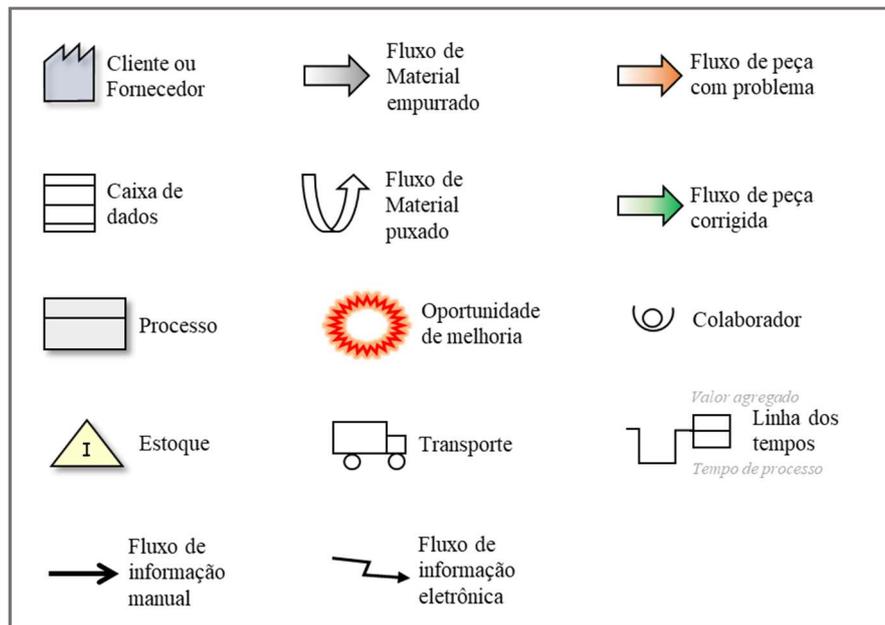
O VSM consegue mostrar as atividades que não agregam valor para o processo como: defeitos, produção excessiva, processamento inapropriado, inventário desnecessário, movimentações desnecessárias, transporte e espera de peças. Ou seja, ele expõe as perdas ou desperdícios descritos por Ohno. Apesar de não agregarem valor, estas perdas consomem recursos financeiros, recursos humanos e muitas vezes aumentam o *lead time* do processo. Aquelas que não agregam valor devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo (DE STEUR, WESANA, DORA, PEARCE, GELLYNCK, 2016).

Mas, o que é Valor? Uma empresa privada possui um objetivo que é atender as necessidades e os anseios de seus clientes, pois, são eles que lhe garantem a existência.

Os produtos ou serviços de uma empresa possuem um valor de mercado que é o resultado de todo o trabalho executado para produzi-lo e adicionado o lucro o denominamos de preço. Porém, segundo Schultz, Tannenbaum e Lauterborn (1994) o valor de um produto ou serviço é aquilo que é percebido pelo cliente. O preço geralmente é definido pela concorrência de mercado, então, o cliente irá escolher um produto ou serviço, que na sua percepção, tenha um maior valor agregado (HERRERA, 2007).

Através da implantação do VSM consegue-se enxergar o fluxo completo. Desta forma, identificam-se não apenas as perdas, mas a fonte de cada uma e isto possibilita a implantação do STP para melhorar a produtividade. A Figura 2 apresenta a simbologia relacionada ao VSM para que qualquer colaborador possa entender o mapeamento (ZAHRAEE, 2021)

Figura 2 - Ícones padronizados VSM



Fonte: Autoria própria

O VSM permite visualizar e identificar gastos com materiais, informações e recursos humanos que são necessários ou não, o que possibilita uma melhoria através da alteração do mapa de valor, com o objetivo de melhorar qualidade, reduzir *lead time* e custos com toda e qualquer perda existente (LIKER, 2005).

Segundo Rother e Shook (2003) o VSM é uma ferramenta muito importante para as empresas, pois, possui inúmeros benefícios, como:

- a) Permite visualizar além dos processos individuais, é possível enxergar o fluxo;
- b) Através do mapeamento permite identificar as causas das perdas em toda a cadeia;
- c) Padroniza a forma de tratar os processos de manufatura;
- d) Facilita a visualização das decisões sobre o fluxo da cadeia;
- e) Padroniza a utilização de conceitos de manufatura enxuta, evitando a aplicação de ações isoladas;
- f) O VSM se torna a base do plano de implementação de melhorias;
- g) Apresenta tanto o fluxo de informação, quanto o fluxo de materiais;
- h) O VSM é uma ferramenta qualitativa que demonstra como a cadeia produtiva deveria operar e o que pode ser feito para melhorar o fluxo.

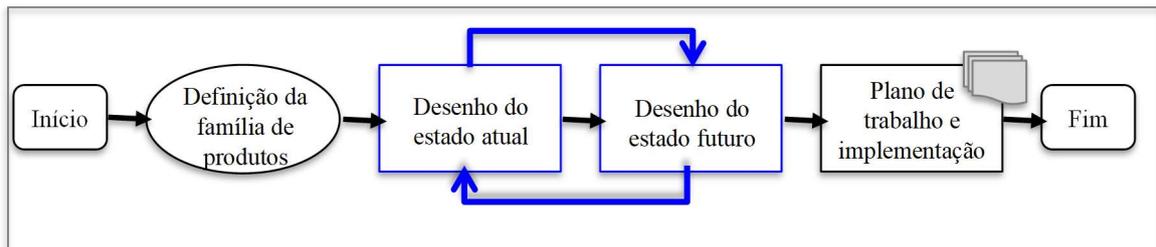
Conforme apresentado, o VSM possui muitos benefícios, porém, Khaswala e Irani (2004) identificaram as seguintes restrições:

- a) Dificuldade para mapear diversos produtos de fluxos diferentes;
- b) Falta de indicadores financeiros como custos das operações;

- c) Dificuldade de detalhar o conteúdo das informações do fluxo de informação;
- d) Ausência de gráficos para visualizar transportes, filas, manuseio e material;
- e) Falta de método padronizado para definir o tipo de melhoria a ser aplicada ao fluxo.

O VSM possui uma característica muito importante que é visualizar todas as interações e os caminhos que os materiais e informações navegam durante o processo de produção de forma sistêmica conforme é possível observar na Figura 3.

Figura 3 – Etapas de Implementação do VSM

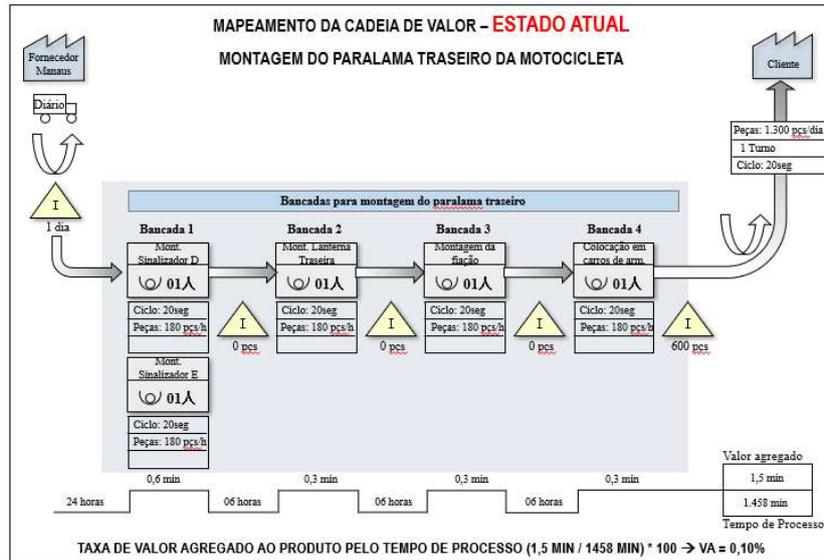


Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003)

Todo o processo inicia com a definição da família de produtos. De maneira geral, esta família é formada por produtos de características similares de especificações ou processos, utilizando equipamentos comuns ou similares (ROTHER e SHOOK, 2003).

Na elaboração do desenho do estado atual, ilustra-se de forma gráfica o chamado Mapa do Estado Atual, que deve ser elaborado partindo do início ao final de todo o fluxo e desta forma, é necessário identificar todas as atividades que agregam ou não valor, desde o cliente até o fornecedor, conforme é ilustrado na Figura 4. É nesta etapa em que se identifica quais são as definições de valor do ponto de vista do cliente, ou seja, o valor que ele procura no produto.

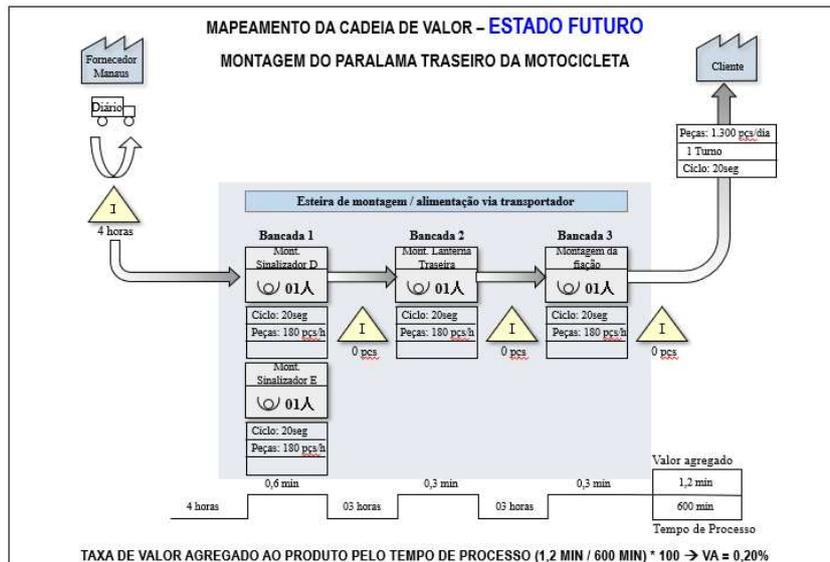
Figura 4 – Exemplo VSM – Estado atual



Fonte: Autoria própria

O Mapa do Estado Futuro, ilustrado pela Figura 5, possui o objetivo de identificar quais são as fontes das perdas que deverão ser eliminadas ou reduzidas. Este é o ponto de maior desafio, o de identificar o que transformará o Fluxo de Valor Enxuto.

Figura 5 – Exemplo VSM – Estado Futuro



Fonte: Autoria própria

No VSM há dois indicadores de grande importância da ferramenta, situados na parte inferior direita do mapa que são o tempo de valor agregado e o tempo de processo. A relação entre o tempo

de valor agregado e o tempo total de processo é chamada de Taxa de Valor Agregado pelo processo ao produto, definida pela equação abaixo:

$$\text{Taxa Valor Agregado} = (\text{Tempo Valor Agregado} / \text{Lead Time}) \times 100$$

Sendo:

- Tempo Valor Agregado: É a somatória dos tempos de operações produtivas onde efetivamente o processo agregou ao produto algum valor ou o transformou de forma perceptível pelo cliente final;
- *Lead Time*: É a somatória dos tempos de espera, paradas, transportes e movimentações ao longo do processo, quando não são realizadas operações agregadoras de valor.

A taxa de valor agregado é considerada como indicador de resultado ou saída do processo analisado. No processo há outros indicadores internos que influenciam na taxa, como por exemplo, o índice de rejeição do processo, que aumenta o nível de estoque em processo, ou seja, a taxa de valor agregado pode ajudar a medir o impacto das melhorias aplicadas em toda a cadeia produtiva.

Para Rother e Shook (2003) são necessários responder algumas questões para a elaboração do Mapa do Estado Futuro:

- Qual é o *takt time*, ritmo de produção, necessário para atender a demanda do cliente?
- Quando acontecerá a produção? Após o consumo do estoque ou mediante pedido do cliente?
- É possível utilizar fluxo contínuo, onde?
- Como e onde podem ser introduzidos sistemas puxados?
- Qual será o ponto no fluxo que será programado?
- Como definir o mix de produção, variedade de produtos?

Após a elaboração do desenho do Mapa do Estado Futuro, é necessário executá-lo. Neste momento é necessário dividir as propostas em etapas e em seguida realizar um plano de execução que consiste em: Desenvolver um fluxo de processo contínuo; Estabelecer um sistema de produção puxado; Introduzir o nivelamento e Praticar o kaizen de maneira sistêmica (ROTHER & SHOOK, 2003)

Mediante as vantagens da aplicação do VSM, vários setores da indústria além da produção de veículos utilizam essa ferramenta do *Lean Manufacturing*, dentre elas podemos citar: construção civil, eletrônica, aeroespacial, alimentícia, farmacêutica, dentre outras (DE STEUR, 2016; KUNDGOL, 2020; PALANGE, 2021; ZAHRAEE, 2021).

2.3.2. Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO)

O Gráfico de Balanceamento de Operações, na Toyota, é conhecido como *Yamazumi Board*. Este é um gráfico simples de barras empilhadas cujo objetivo é apresentar os tempos de ciclo e o processo de cada posto de trabalho. Ele ilustra as operações com os elementos de trabalho de cada posto para facilitar a visualização das operações que agregam ou não valor ao produto. A linha do *takt time* é uma referência para a distribuição de tarefas e balanceamento de processos (GOMES, 2008).

O elemento de trabalho é definido como a menor parte de trabalho que pode ser transferido para outra pessoa. É necessário dividir o trabalho em elementos para facilitar a identificação e eliminar desperdícios, se não for feito desta forma as perdas ficarão implícitas no ciclo total do operador (ROTHER, HARRIS, 2008).

Para Rother e Harris (2008), deve-se eliminar as perdas antes de finalizar o GBO para estruturar o processo de maneira mais eficiente. Portanto, antes de finalizar o GBO deve-se identificar as três perdas mais comuns.

- 1 – Caminhar no processo para realizar a atividade;
- 2 – Operador parado e aguardando a máquina terminar o ciclo;
- 3 – Tempo para remoção de peças acabadas das máquinas, quando é possível a retirada de forma automática.

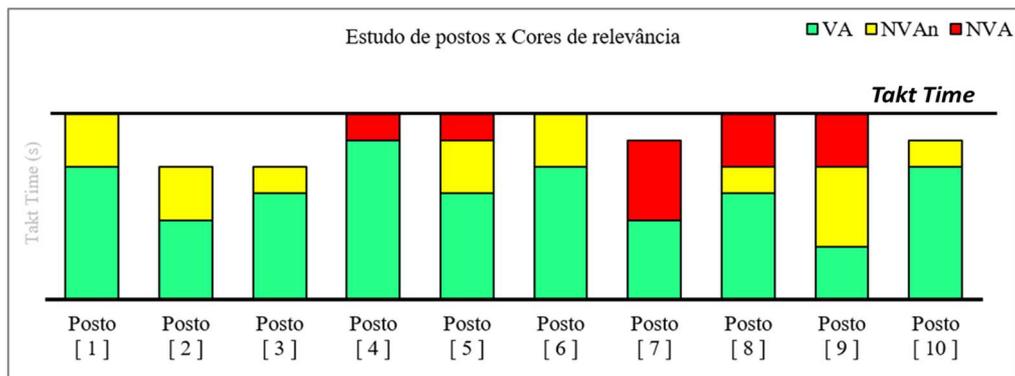
Após a eliminação de todos os tempos desnecessários, obtém-se o tempo de trabalho real ou tempo de valor agregado ao produto.

Em novos produtos ou processos é necessário predefinir um tempo de processo, porém, ao estabilizar o novo processo ou novo produto deve-se cronometrar os tempos para verificar a condição real do trabalho.

Uma forma de obter o melhor balanceamento de linha é distribuir as tarefas (elementos de trabalho) aos postos de trabalho de forma a obter uma alta taxa de produção (produtividade) e, assim, o trabalho é dividido de forma mais igualitária possível entre todos os postos. Na sistemática do *lean* foi acrescentada a discriminação das atividades que são divididas em as que agregam e as que não agregam valor, e desta forma visualizar os desperdícios para tomada de ação com foco na redução de custos. Finalizado o GBO no papel, com os elementos reais e tempos em mãos, deve-se elaborar o diagrama de balanceamento dos processos com a distribuição dos tempos de ciclo de cada posto de trabalho em relação ao *takt time*.

A Figura 6 apresenta, através de cores, a relevância do ciclo da operação:

Figura 6 - Demonstração do GBO



- Verde – agrega valor ao produto (VA);
- Amarelo – não agrega valor ao produto, mas é necessário (NVAn);
- Vermelho – não agrega valor ao produto (NVA).

Fonte: Autorial própria

2.3.3. Takt Time

Takt time significa ritmo e vem do alemão. Para Harris e Rother (2008), o *takt time* é definido como a velocidade em que os clientes solicitam os produtos acabados.

É definido pela relação do tempo de trabalho disponível (TTD) de produção por turno pela demanda solicitada pelo cliente, conforme a equação abaixo:

$$Takt\ time = [TTD\ por\ turno / demanda\ do\ cliente\ por\ turno]$$

Alvarez e Antunes (2008) definiram o tempo de ciclo ou tempo de trabalho como “o tempo necessário para a fabricação de uma peça em um processo ou o tempo em que um operador utilizar para realizar todas as atividades de um processo antes de repeti-las”. O *takt time* é definido através da relação da demanda do mercado e do TTD para produção. Conforme premissas do STP, em processos *lean*, o tempo de ciclo será sempre menor do que o *takt time*.

Através do *takt time* da linha de montagem avalia-se o balanceamento dos processos da linha de montagem ou seu GBO para melhor equalizar o desempenho de cada posto de trabalho.

2.3.4. Kaizen

O *Kaizen* se destaca por ser a ferramenta utilizada no processo de implantação das melhorias. *Kaizen* significa mudar para melhor. Quando aplicado ao local de trabalho, refere-se a atividades que melhorem continuamente todas as funções e envolvem todos os colaboradores. Ao melhorar as

atividades e processos, o *kaizen* tem como objetivo eliminar desperdícios (IMAI, 1986 apud SLACK, 2002).

Além disso, o objetivo do *kaizen* é a melhoria contínua do método de trabalho para buscar a melhor integração do homem ao processo produtivo, melhorando as condições de trabalho.

Aplicar o *kaizen* de forma sistemática é o que garante a solidificação dos conceitos e práticas do *Lean Manufacturing*, isso permite um planejamento adequado, uma boa execução e a obtenção do resultado esperado.

2.4. Automação Industrial

Automação consiste na substituição da atividade manual realizada pelo ser humano pela automática realizada por um robô ou uma máquina dentro de um processo produtivo (PEREIRA, 1995).

O conceito de automação consiste na aplicação de potência elétrica ou mecânica para adicionar métodos inteligentes com o intuito de executar o processo de forma eficiente, com qualidade e produtividade, garantindo a vantagem econômica e a segurança necessária na execução do mesmo (SOUZA & ROYER, 2013; SANTOS, LOUNINE, SOUZA, PEREIRA, 2017).

Neste contexto, a automação é uma importante ferramenta para otimizar os processos de uma empresa e mantê-la competitiva no mercado. Para Ferrelli, Machado, Silva e Moreira (2015), o conceito de automação industrial é a aplicação de dispositivos mecânicos e eletrônicos para controlar máquinas e processos, geralmente com o objetivo de substituir atividades humanas ou realizar outras que o homem não é capaz de executar com segurança e qualidade.

Desta maneira, há uma evolução significativa no que diz respeito à automação na indústria, principalmente na substituição do trabalho manual e mental do homem por equipamentos capazes de automatizar os processos produtivos fabris. Isso resulta num processo produtivo otimizado, enxuto, de baixo custo e com alta qualidade.

Portanto, é notável que a busca por melhorias com a aplicação de novas tecnologias faz uma grande diferença nos processos produtivos através da melhoria da segurança do processo, da qualidade dos produtos, da redução de perdas, do aumento da produtividade, eficiência e da redução custos (WEBB, 1992).

2.5. Manufatura Avançada

Manufatura avançada é definida como a aplicação de uma tecnologia inovadora para melhorar os produtos ou os processos de fabricação. Comparando com a manufatura tradicional, definida como

o ato de converter matérias-primas em produtos acabados, usando técnicas transformacionais manuais ou mecanizadas (THAREJA, 2005), a manufatura avançada acrescenta o uso de soluções autônomas, como a implementação de robôs autônomos e cooperantes, vários sensores integrados e interfaces padronizadas. O uso de veículo guiado automatizado (AGV), robô móvel autônomo (AMR) e robô colaborativo pode ser incluído na solução de manufatura avançada da indústria 4.0.

2.6 Veículo Guiado Automaticamente (AGV)

Um veículo guiado automatizado ou automático (AGV), exemplificado pela Figura 7, é definido como um robô móvel que segue marcadores ou fios no chão e pode utilizar sistema de visão, ímãs ou lasers para navegação (YAO, 2018).

Figura 7 – AGV



Fonte: Yao, 2018

Os AGVs substituíram inicialmente atividades logísticas simples como a transferência de material entre as salas de produção, entre as linhas e posteriormente esses veículos foram capazes de substituir o manuseio do material por meio da movimentação do material diretamente para o local de consumo (FERDOKO, HONUS, SALAI, 2017).

Os AGVs demonstraram-se confiáveis e eficientes durante as últimas décadas. Atualmente eles são usados em sistemas de logística em diferentes tipos de empresas industriais e linhas de comércio com maior ênfase nas indústrias automotivas e elétricas, porém, sua aplicação não se restringe a esses segmentos e pode ser encontrada em terminais de transportes de carga. (NERADILOVA e FERDOKO, 2017).

Além disso, a utilização de AGV não se limita mais às plantas e aos processos de fabricação (YAO, 2018).

Figura 8 – Exemplo AGV em terminal de transporte de carga

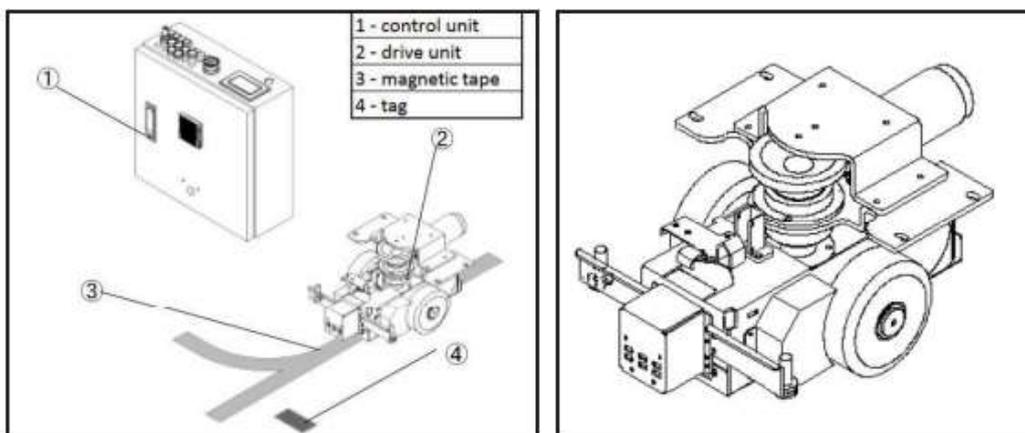


Fonte: Neradilova & Ferdoko, 2017

O AGV desempenha um papel significativo e é amplamente utilizado em ambientes modernos de fabricação devido à sua flexibilidade e precisão. Esse sistema AGV possibilita mudanças no volume de produção, mistura de produtos, roteamento de produtos e assim por diante (SHAIKH *et al*, 2013).

A estrutura básica de um AGV é bem simples, é composta de uma unidade de controle, um equipamento de segurança e orientação, uma fonte de alimentação e uma unidade de energia. A forma e os acessórios de cada AGV são construídos de acordo com a atividade especificada para a qual o modelo foi projetado. As soluções mais simples substituem a função dos trens logísticos clássicos e os AGVs mais sofisticados substituem completamente o manuseio de materiais, desde a coleta e o carregamento até o transporte e a entrega final no local de consumo, tudo isso executado de maneira autônoma (FERDOKO, et al, 2017).

Figura 9 – Estrutura Básica de Sistema AGV



Fonte: Ferdoko et al, 2017

De acordo com Yao (2018), os AGVs podem ser classificados pelo sistema de navegação, que pode ser de Caminho Fixo ou Caminho Aberto:

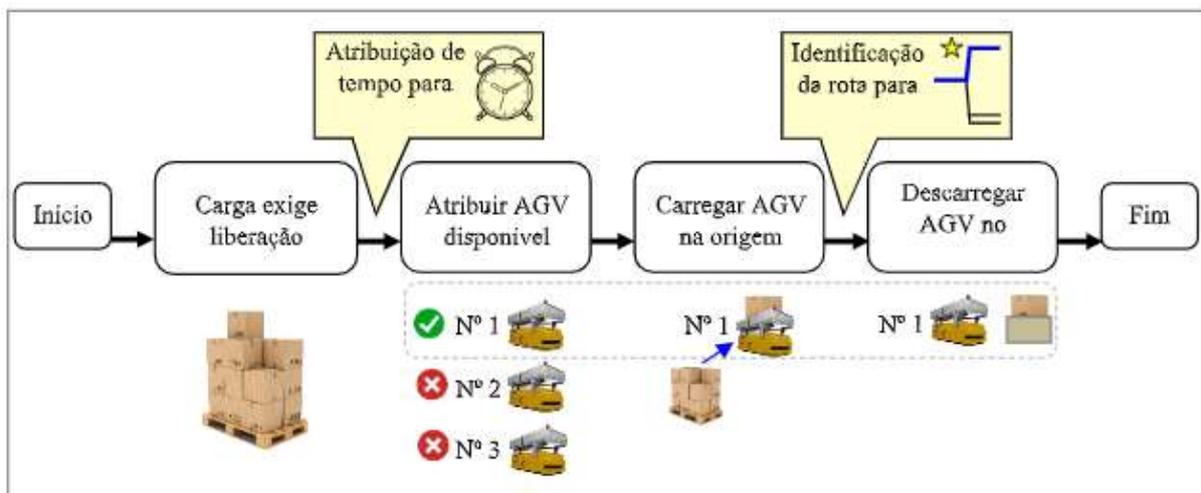
- AGV de caminho fixo é obrigado a seguir os sistemas de referência localizados ao longo da rota, normalmente representados por fios ou fitas enterrados.
- AGV de caminho aberto não possui sistemas de referência ao longo da rota, eles são armazenados na memória de bordo do veículo. Pode ser acionado por laser, características inerciais, naturais, orientação visual ou orientação geográfica.

Os AGVs podem transportar simultaneamente uma ou mais cargas unitárias. Uma carga unitária é definida como uma série de itens que podem ser manipulados como um único objeto dentro do armazém ou centro de distribuição e uma unidade de carga pode ser um pallet ou um contêiner. Existem 2 tipos de transportes que dependem do número de unidades de cargas transportadas:

- Produção em lote / transporte em lote: várias cargas unitárias são transportadas de uma só vez. Esse tipo de transporte aumenta o tempo de entrega e reduz os custos de transporte.
- Fluxo de uma peça: uma unidade de carga é transportada ao mesmo tempo. Esse tipo de transporte diminui o tempo de entrega, enquanto aumenta os custos de transporte.

Para Yao (2018) o princípio de funcionamento dos AGVs segue as etapas descritas na Figura 10.

Figura 10 – Princípio de funcionamento do AGV



Fonte: Adaptado de Yao, 2018

No entanto, para o bom funcionamento dos sistemas AGV é necessário garantir a execução de uma série de critérios e condições. É basicamente tudo sobre uma rota bem planejada. A rota de cada sistema AGV deve ser projetada de acordo com o layout. Outra condição importante para a

operação adequada de qualquer sistema AGV é a implementação de um sistema de controle e informações complementares. Durante sua operação é possível usar várias tecnologias como etiquetas RFID (CHEN et al, 2016).

Ao projetar os sistemas AGV também é necessário gerenciar um grande banco de dados de informações e ter um método de simulação por computador. Esses procedimentos ajudam a reduzir o risco de diversas situações que possam ocorrer, verificar cenários possíveis ou prever as possibilidades de desenvolvimento futuro (HOU *et al*, 2016).

2.7. Robô Móvel Autônomo (AMR)

A Robótica alcançou seu maior sucesso até o momento no mundo da fabricação industrial. O braço robô é fixado em uma posição específica na linha de montagem e pode se mover com grande velocidade e precisão para executar tarefas repetitivas, como solda a ponto e pintura. No entanto, apesar das vantagens, robôs comerciais apresentam uma desvantagem crucial: falta de mobilidade. Um manipulador fixo tem uma amplitude de movimento limitada que depende onde está fixado. Porém, um robô móvel é capaz de viajar por toda a fábrica desempenhando sua função com flexibilidade e eficiência, ou seja, o Robô Móvel Autônomo (AMR) é um robô portátil capaz de executar tarefas com alto grau de autonomia (SIEGWART, NOURBAKHS, SCARAMUZZA, 2004).

Figura 11 – AMR



Fonte: YAO, 2018

De acordo com Yao (2018), para ser um AMR com alto grau de autonomia é necessário possuir 4 características fundamentais:

- Auto-manutenção: Avaliar o estado de saúde de si mesmo para que trabalhe por um período prolongado sem nenhuma intervenção humana. É o requisito básico para se ter um alto grau de

autonomia física. Atualmente, muitos robôs que já estão no mercado e que são alimentados por bateria, podem encontrar suas estações de carregamento e conectar-se a elas sozinhos;

- Detecção de ambiente: Obter informações sobre o ambiente. O próximo requisito é detectar obstáculos e objetos sobre o ambiente. O AMR deve possuir uma grande quantidade de sensores para obter informações sobre o ambiente a fim de executar suas tarefas sem alterar o ambiente.
- Alta performance na tarefa: Evitar situações que sejam prejudiciais no ambiente como, pessoas, objetos ou obstáculos a menos que sejam parte de seu programa. O próximo requisito para o AMR é executar uma tarefa sem causar problemas que não foram planejados. A performance da tarefa autônoma no próximo nível requer que o robô execute a tarefa de forma incondicional.
- Navegação autônoma: Mover toda ou parte de si por força interna em todo o seu ambiente operacional, sem qualquer assistência humana.

Figura 12 – Sensores AMR



Fonte: YAO, 2018

Para Yao (2018), os AMRs tem muitas vantagens quando comparados aos AGVs nos seguintes aspectos:

- Sistema de navegação: Se um AGV é um caminho fixo ou um caminho aberto, é necessário um certo tipo de "faixa". Os AGVs exigem informações detalhadas do ambiente e são controladas pelas marcas circundantes. Os AMRs são equipados com sistema de navegação sem o uso de trilhas.
- Flexibilidade: devido à infraestrutura dos AGVs, eles são difíceis de mapear novamente, e um AMR pode ser facilmente mapeado.

- Capacidade de expansão: para expandir a utilização de um sistema AGV é necessário um investimento extra na infraestrutura, enquanto os AMRs podem expandir sua área de utilização simplesmente digitalizando a nova área no início da operação.
- Intervenção de obstáculos: os AGVs têm o comando de parar quando um obstáculo é apresentado. Já os AMRs contornam os obstáculos detectados pelos seus sensores e sistema de controle.
- Outros: Os AGVs não entregam para o usuário, mas os AMRs sim. Os AGVs viajam em áreas dedicadas e os AMRs viajam ao redor das pessoas.

Portanto, as AMRs têm vantagens consideráveis em flexibilidade, compatibilidade e controle, mas, por serem considerados robôs autônomos, as soluções utilizando AMRs são sempre mais caras que as soluções utilizando AGVs.

2.8. Varredura Horizontal do uso de AGV no âmbito da manufatura

Além do referencial teórico pesquisado, foi realizada uma varredura horizontal do uso de veículos autônomos guiados no âmbito da manufatura através de uma Revisão Sistemática de Literatura que segundo Kitchenham (2004), Galvão & Pereira (2014) e Nakano & Muniz Jr. (2018), refere-se a um tipo de investigação focada em questão bem definida, que visa identificação, seleção, avaliação e sintetização das evidências disponíveis, relacionadas a uma questão formulada de interesse do pesquisador. A revisão sistemática da literatura foi desenvolvida conforme abaixo:

- Identificação do tema da pesquisa - A temática escolhida do estudo foi aplicação de veículo guiado automaticamente nas diversas áreas de produção da indústria a partir de conhecimento científico desenvolvido e publicado em base de dados periódicos;
- Formulação da questão da pesquisa – Com base na temática a pergunta da pesquisa foi: quais os conhecimentos científicos produzidos sobre a aplicação do AGV nas diversas áreas de produção industrial?;
- Busca de artigos em bases eletrônicas – Foram pesquisadas referências na plataforma ScienceDirect.com, no portal do Periódico CAPES, plataforma DMPI e no portal do Aprepro. A busca no banco de dados abrangeu os anos de 2009 a 2019. Como palavra-chave utilizou-se os termos: Veículo Guiado Automaticamente - AGV, automatic guided vehicle AGV, Aplicação do AGV e Utilização do AGV em linha de produção. A pesquisa limitou-se nos idiomas inglês e português. Desta forma foram encontrados na plataforma ScienceDirect.com 479 artigos, no portal do periódico CAPES 586 revisados por pares, Plataforma DMPI 12 revisados por pares e no portal do Aprepro 4 artigos;

- Seleção dos artigos - Para seleção dos artigos, o primeiro filtro ocorreu pela leitura dos seus títulos, sendo selecionados os que se referiam a veículo guiado automaticamente, automação ou aplicação do AGV na indústria. Posteriormente, o segundo filtro foi realizado a partir da leitura dos resumos (abstracts) das publicações que foram anteriormente selecionadas por seus títulos. Neste filtro foi possível identificar publicações que apresentaram relevância para a revisão sistemática. Os critérios de exclusão foram: ausência de resumo nas plataformas on-line, publicações que não mencionaram o AGV e automação, e que não tinham relação à área da indústria e produção fabril. Após o refinamento, foram selecionados um total de 12 artigos que mais se assemelhavam ao tema proposto;
- Avaliação crítica dos artigos – Constituiu-se de leitura das publicações aprovadas no segundo filtro. Estas foram avaliadas e identificadas as que estavam de acordo com as premissas estabelecidas para revisão sistemática;

Adicionassem o uso da técnica de análise da temática de conteúdo por meio de leitura e releitura dos resultados dos estudos, procurando identificar aspecto relevante que se repetiam ou que se destacavam.

Como conclusão foi possível verificar a partir de produção científica acerca da aplicação do AGV nas diversas áreas de produção industrial publicada em artigos nacionais e internacionais entre 2009 a 2019. Verificou-se a diversidade de pesquisas científicas existentes e o ramo de empresas onde os AGV's estão sendo aplicados, desde indústrias de maquinários, empresas de logísticas e até empresas de bens de consumo. Como também, confirma os méritos e benefícios da utilização de AGV's, e a busca constante de novas metodologias para reduzir o investimento necessário para implantação.

3. METODOLOGIA

Este capítulo visa descrever os procedimentos metodológicos utilizados para a realização da pesquisa.

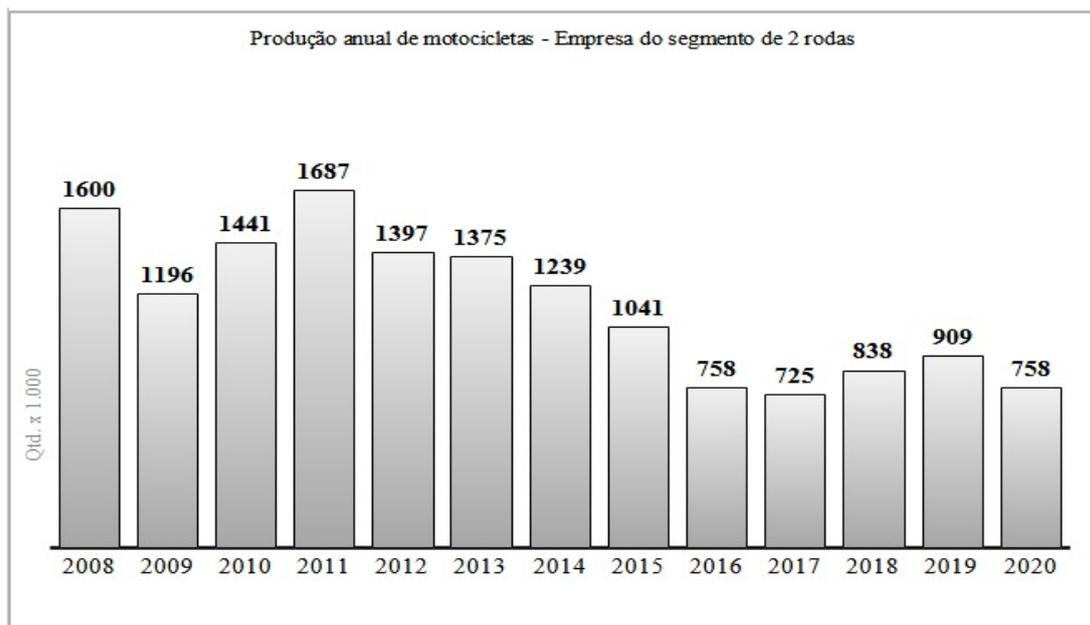
3.1. Procedimentos Metodológicos da Pesquisa

A presente pesquisa propõe analisar a aplicação de um sistema AGV para alimentação de peças e componentes em uma linha de montagem final de motocicletas.

O departamento de montagem final possui três linhas para montar todos os modelos de motocicletas produzidos no Brasil. Existem setecentos e noventa colaboradores diretos trabalhando nestas linhas.

As 3 linhas de montagens produziram em 2020 758.000 motocicletas de um determinado *mix* de modelos, conforme figura 13, porém, com a imprevisibilidade da demanda do mercado dos últimos anos houve a necessidade de se transferir modelos entre linhas, produzindo motocicletas de diferentes características de montagem em uma mesma linha, o que acabou dificultando obter um fluxo de processos otimizado e enxuto para atender a demanda. Desta forma, gerou-se perdas e desperdícios nas linhas de montagens que aumentaram os custos de produção.

Figura 13 – Produção anual de motocicletas de 2008 a 2020



Fonte: Elaborado a partir de ABRACICLO, 2021

Através da realização de visitas as linhas de produção foram identificados diversos estoques de peças e componentes aguardando para serem processados, excesso de movimentação de carros de peças, carros de transportes de componentes parados em corredores aguardando para alimentar os postos, trânsito nos corredores devido a movimentação dos quadriciclos com carros de peças e layouts sobrecarregados. Foram identificadas paradas de linhas por falta de peças e componentes, devido perdas e extravios, tudo isso justificou o estudo de caso.

Sob o ponto de vista epistemológico, foi definida nesta análise a união entre as pesquisas de natureza quantitativa e qualitativa.

A pesquisa de natureza quantitativa considera que tudo pode ser quantificável e descrito em números, opiniões e informações também são consideradas para depois serem classificadas e analisadas (PRODANOV e FREITAS, 2013). Como se lida com números, durante todo o processo deve-se utilizar de técnicas e recursos estatísticos para fazer a análise de problemas ou fenômenos.

Porém, para Gabriel (2014), a pesquisa de natureza quantitativa, que adota uma visão positivista do conhecimento, é objetiva e quantifica os fenômenos através da utilização de números, estatística, estrutura e controle experimental. Desta maneira, ela pode ser dedutiva e busca sempre testar teorias (MARUJO, 2013).

Ao mesmo tempo em que para a pesquisa quantitativa qualquer fenômeno pode ser representado em números, a pesquisa qualitativa conclui que há uma subjetividade do sujeito a qual não é possível representar com números. É o dinamismo da relação entre o mundo real e o sujeito (PRODANOV e FREITAS, 2013). Como a análise da pesquisa qualitativa é realizada atribuindo significados aos fenômenos, pode se pensar que se trata ser uma pesquisa “aleatória, sem precisão e parcial”, ou que a pesquisa qualitativa seria “menos complexa” do que a pesquisa de natureza quantitativa (OLLAIK e ZILLER, 2012).

Desta forma, conclui-se que os dois métodos não são concorrentes e sim complementares o que possibilitou uma melhor compreensão dos fenômenos estudados.

3.2. Apresentação do Cenário da Pesquisa

A empresa alvo do estudo produz 26 modelos de motocicletas, totalizando em 2020, a fabricação de 757.866 motocicletas, uma média de 75.786 motos por mês, excluindo os meses de abril e maio, que não houve produção devido a pandemia da COVID 19 (ABRACICLO, 2021). Seus produtos podem ser classificados segundo a cilindrada do seu motor, totalizando 14 famílias, conforme é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de motocicletas produzidas por cilindrada em 2020

#	cm ³	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1	100	5.200	5.400	5.200	-	-	2.997	5.200	3.600	4.400	5.800	4.807	3.193	45.797
2	110	11.200	9.000	10.000	-	-	8.999	10.999	9.000	9.000	7.410	7.390	6.200	89.198
3	125	9.000	8.800	9.200	-	-	9.610	11.584	10.800	12.000	8.600	10.600	7.800	97.994
	125	2.000	1.600	1.393	-	-	-	400	1.997	1.800	1.800	2.200	600	13.790
4	150	2.904	3.500	3.800	-	-	399	1.797	3.307	3.400	2.793	2.700	1.700	26.300
	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	550	700
	150	600	300	391	-	-	100	399	400	300	300	500	200	3.490
5	160	2.000	1.500	1.000	-	-	3.404	1.996	500	1.300	900	700	100	13.400
	160	13.800	10.000	13.000	-	-	11.600	16.400	13.000	14.600	11.400	15.000	9.600	128.400
	160	6.800	7.000	9.000	-	-	6.000	7.600	8.500	7.500	6.000	8.000	5.400	71.800
	160	6.000	8.000	5.200	-	1.000	5.700	5.500	9.200	9.000	7.000	8.200	6.500	71.300
	160	10.000	8.800	9.600	-	120	9.480	12.400	12.400	11.200	9.500	12.100	7.200	102.800
6	250	-	-	-	-	-	240	240	480	560	320	480	240	2.560
7	190	1.300	1.300	2.400	-	-	598	597	600	2.011	1.290	2.201	1.500	13.797
8	230	300	300	200	-	-	297	91	100	100	-	-	100	1.488
9	250	1.500	1.500	1.000	-	200	398	1.999	1.400	1.700	1.200	2.000	1.400	14.297
	250	3.700	3.100	4.408	-	-	1.795	2.298	3.096	3.400	3.697	3.803	2.400	31.697
10	300	3.101	2.021	2.378	-	-	610	982	1.200	2.105	1.900	2.400	1.595	18.292
	300	-	-	200	-	-	50	150	-	-	-	100	100	600
11	500	180	480	480	-	-	60	180	365	295	180	360	300	2.880
	500	120	479	361	-	-	240	60	239	300	240	300	240	2.579
12	650	60	240	240	-	-	60	60	120	180	120	240	120	1.440
	650	60	60	-	-	-	-	60	60	60	-	60	120	480
13	750	270	300	270	-	-	90	90	208	210	-	240	210	1.888
14	1000	119	60	-	-	-	-	30	30	30	90	-	-	359
	1000	120	90	-	-	-	30	-	30	60	30	180	-	540
Total/ Mês		80.334	73.830	79.721	-	1.320	62.757	81.112	80.632	85.511	70.570	84.711	57.368	757.866

Fonte: Elaborado a partir de ABRACICLO, 2021

O ano de 2020 foi um ano impactado pela pandemia mundial do COVID 19 e mesmo sem produzir por 2 meses praticamente a empresa produziu mais que em 2017, que foi o ano de menor quantidade de produção dos últimos 13 anos, portanto, há uma grande perspectiva de crescimento para os próximos anos. A ABRACICLO prevê um aumento de 25,5% das vendas de motocicletas em 2021 em relação ao ano de 2020, justificando a expectativa de aumento de vendas do mercado de motocicleta, conforme mostra a figura 13.

A empresa fabricante de motocicletas possui uma característica que a diferencia das outras montadoras de motocicletas, tanto as instaladas no território nacional, quanto as instaladas em outros países. Ela possui diversos processos produtivos instalados em sua planta desde sinterização, galvanoplastia até processo de fabricação de tubos. Portanto, é uma cadeia produtiva longa e complexa.

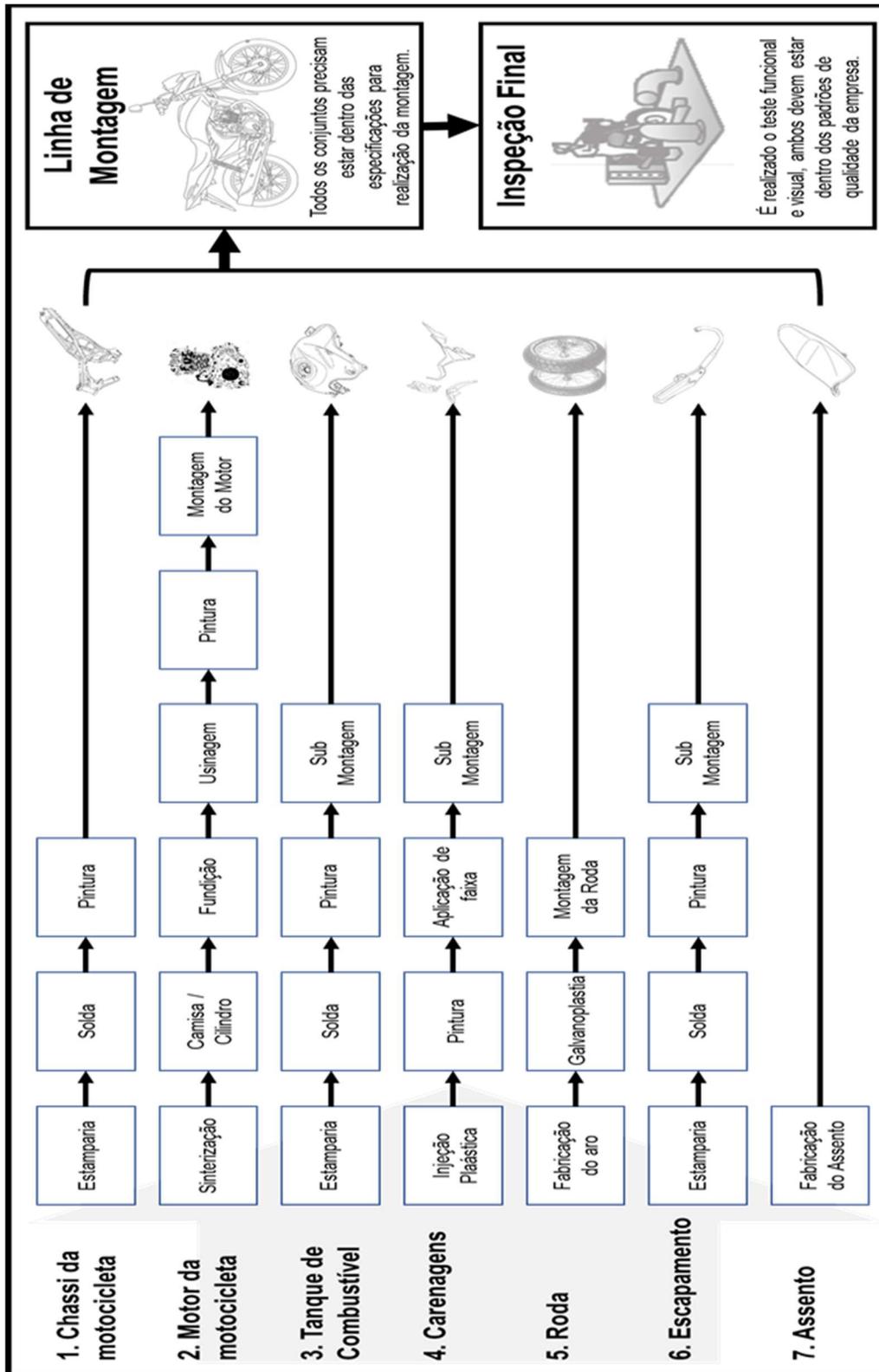
Para montar uma motocicleta são necessários milhares de itens entre peças e componentes que são fabricados por fornecedores locais (Manaus), nacionais (Brasil), internacionais (principalmente Asia) e produzidos internamente nas suas dezenas de linhas e máquinas instaladas em 8 fábricas. É possível observar na figura 14 o fluxo de produção de peças das motocicletas e abaixo a descrição dos seus processos:

- Sinterização: Processo de fabricação de produtos sólidos através da utilização de aço em pó que é compactado e tratado. Exemplos de peças: engrenagens do motor da motocicleta;
- Camisa do cilindro: Processo de fabricação da camisa do cilindro do motor desde a fusão até o brunimento;
- Fundição: Processo de fabricação de peças através do envasamento de metal líquido em um molde. Principais peças: carcaça do motor, tampa do motor, cabeçote do motor e roda de liga leve;
- Usinagem: Processo de fabricação de peças em alumínio através do uso de ferramentas de desbastes. As peças fundidas possuem partes usinadas para garantir a precisão do assentamento ou montagem. Exemplos de peças fabricadas na usinagem: carcaça do motor, tampa do motor, cabeçote do motor e roda de liga leve;
- Montagem do Motor: Processo de montagem do motor antes de ser enviado para a linha de montagem final;
- Estamparia / Fábricas de tubos: Processo de moldagem de peças de aço que possuem maior precisão como o chassi da motocicleta, o tanque de combustível e o escapamento;
- Solda: Processo seguinte à estamparia que produz as peças que compõe a estrutura da motocicleta, como o chassi, o tanque e o escapamento;
- Pintura: Processo de acabamento superficial que confere a cor e grafismo final para motocicleta.

Na cadeia produtiva há processos de pintura de peças de aço e peças plásticas;

- Injeção Plástica: Processo de injeção de um polímero para moldá-lo de acordo com a finalidade da peça. Exemplos: paralamas, carenagens e tampas;
- Fabricação do Assento: Processo de produção do assento desde a injeção da espuma até a confecção da napa para revestir e dar o acabamento ao assento da motocicleta;
- Montagem da Roda: Processo de fabricação da roda da motocicleta. Existem 2 tipos de rodas: Rodas raiadas em que os raios são fixados nas laterais ou em um ressalto no aro e as rodas de liga leve que são fabricadas no processo de fundição e montadas.
- Montagem Final: Processo onde o produto final da fábrica aparece, até então, são só componentes, é na montagem final que a motocicleta é montada através de um fluxo de processo harmonioso e sincronizado;
- Inspeção Final: Processo onde são realizados os testes funcionais da motocicleta. Todas as motocicletas são 100% inspecionadas e testadas.

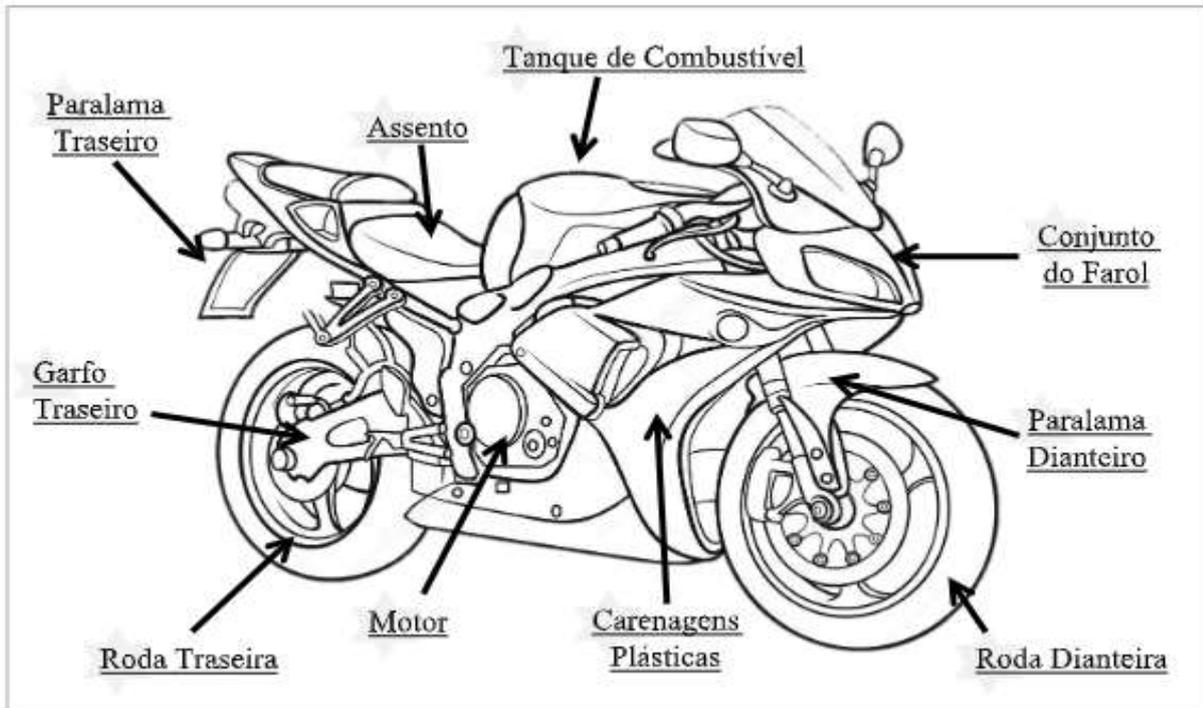
Figura 14 – Fluxo de produção de peças das motocicletas



Fonte: Autoria própria

A linha de montagem final utiliza todos os componentes produzidos na fábrica para montar a motocicleta. O chassi recebe as peças e componentes, como motor, escapamento, suspensão, rodas, guidão, fiações elétricas, farol, tanque de combustível, assento, carenagens plásticas, entre outros, conforme ilustrado na figura 15.

Figura 15 – Principais componentes de uma motocicleta



Fonte: Autoria própria.

As peças e os componentes utilizados na montagem das motocicletas são alimentados nas linhas de montagens de diferentes maneiras: há itens que são alimentados via transportadores aéreos, itens que são alimentados através de carros empurrados manualmente e outros alimentados através de quadriciclos puxando carros com peças dirigidos por operadores.

Para realizar a pesquisa escolheu-se a linha de montagem final LM1J, pois, é a linha que produz a maior quantidade de motocicletas da empresa, conforme figura 16. Produz 3 modelos de motocicletas de alta produção, 2 de 160cc e 1 modelo de 250cc com *takts* de processo que variam de 20" à 31". Os modelos serão identificados para fim de estudos como:

- Modelo 1: B20
- Modelo 2: B29
- Modelo 3: B31

Figura 16 - Quantidades de motocicletas produzidas por linha em 2020



Fonte: Dados da Pesquisa

A escolha da linha de montagem final LM1J também se deu devido ao acúmulo de estoques de componentes aguardando para serem montados, excesso de carros vazios nos corredores, excesso de movimentação de quadriciclos, dificuldade de identificar áreas de armazenagem de peças e materiais no layout, lead time longo de alimentação devido à grande distância entre a área de recebimento de peças e a linha principal e, principalmente, devido ao elevado custo de fabricação. Todos esses problemas são em consequência da instabilidade da demanda que estava em declínio desde o ano de 2011 e começou retomar o crescimento a partir de 2018, conforme ilustrado na figura 13, e para atender esta necessidade do mercado começou-se a tomar diversas ações como montagem de modelos com características diferentes numa mesma linha, e que em alguns casos, aceitou-se perdas, devido o *layout* não ser o mais adequado para absorver aquele modelo a ser produzido. Inicialmente estas ações atenderam o objetivo que era atender a demanda do mercado, porém, através de uma análise mais profunda elas impactaram diretamente no custo do processo, pois, as linhas não foram planejadas para receber determinados modelos, os *layouts* em determinado momento ficam vazios e em outros ficam sobrecarregados, a perda de desaceleração da esteira, devido à diferença de *takts* entre os modelos também é muito grande.

3.3. Metodologia da pesquisa

Dentre os instrumentos de pesquisa utilizados pode-se citar o estudo de caso de natureza exploratória. Estudos de casos geralmente buscam investigar um fenômeno da realidade de acordo com um contexto do ambiente que está inserido. O alvo do estudo é determinado de acordo com o pesquisador e pode ser definido como um grupo, uma organização, um evento específico, problemas ou anomalias. É válido ressaltar que as condições do estudo de caso são parte da investigação e não delineadas ou controladas de forma prévia, como ocorre em um experimento. Neste tipo de estudo a investigação visa esclarecer como e o porquê de algo acontecer a partir da identificação de padrões e

informações (RIDDER & HANS-GERD, 2016).

Além disso, o estudo de caso é apurado e exaustivo de objetos a fim de permitir o total entendimento (PRODANOV, 2013). Da mesma forma para Fidel (1992) *apud* Moresi (2003) estudo de caso é utilizado especificamente para pesquisa de campo, isto é, estuda os fenômenos de acordo com o ocorrido e não há interferência do pesquisador o que possibilita o entendimento e o desenvolvimento de teorias sobre as características do fenômeno avaliado.

O estudo de caso de natureza exploratória foi utilizado com o objetivo de identificar as causas e problemas que aumentam o custo de fabricação da motocicleta em uma linha montagem final e analisar o impacto da aplicação de um sistema AGV para a alimentação de peças.

Na pesquisa exploratória a finalidade foi orientar a definição dos objetivos do que delimitam o assunto e a pesquisa, isso ocorre através do levantamento de dados sobre o sobre o tema e permite a elaboração de teorias que geram o fenômeno estudado (KAUARK, 2010; PRODANOV, 2013). Para Moresi (2003), a pesquisa exploratória é utilizada por aqueles que não tem um profundo conhecimento do assunto a ser pesquisado e numa área que há pouco ou nenhum conhecimento sistematizado.

3.4. Coleta e Tratamento de Dados

O levantamento de dados foi realizado utilizando três métodos: Pesquisa Documental, Bibliográfica e Contato Direto (LAKATOS, 2010). Utilizando a Pesquisa Documental foram levantados os seguintes dados: Disposição da Linha de Montagem Final; Layout; Postos de trabalho; Localização dos estoques de peças e componentes; Índices de qualidade e eficiência da linha; Tempo total de trabalho, entre outros.

Na pesquisa documental utiliza-se diversos tipos de materiais que possuem diversas finalidades. Estes materiais são de uso interno da empresa e geralmente estão estruturados e auxiliam no entendimento do problema na condição atual (GIL, 2010).

Lakatos (2010) acrescenta que a pesquisa documental é restrita a análise de documentos e é a principal fonte de informação utilizada durante ou após a ocorrência do fato.

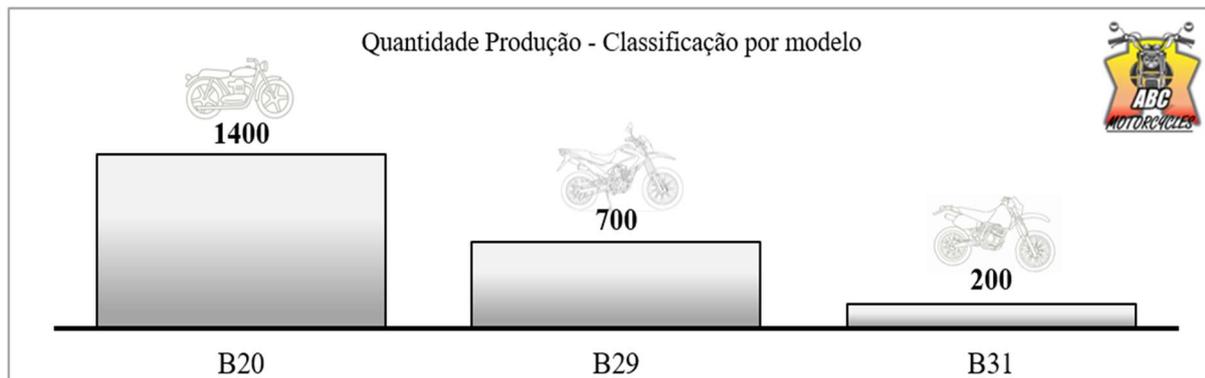
Com os dados coletados foi elaborado o mapa da cadeia de valor atual. Nesta etapa foi possível identificar e analisar perdas e desperdícios existentes na linha de montagem final da motocicleta.

Com a situação atual, foi criado um cenário das condições propostas para avaliar o impacto da aplicação do AGV para alimentação de materiais elaborar o VSM proposto.

3.5. Operacionalização da Pesquisa

Com o objetivo de simplificar as análises, priorizar as ações de melhoria e obter o maior impacto na LM1J, toda a análise foi baseada no modelo de maior quantidade de produção (B20), que corresponde a 60% do que é produzido na linha. É um modelo *commuter* de 160cc e seu *takt* de produção é 20 segundos.

Figura 17 – Quantidade de motocicletas produzidas por dia na LM1J - 2020



Fonte: Dados da Pesquisa

A pesquisa foi realizada nas seguintes etapas:

- Análise bibliográfica, através da análise de artigos, livros e documentos que tratem do tema da pesquisa, esta análise foi a base teórica para a execução das etapas seguintes.
- Levantamento documental de diversas informações como:
- Layout da Linha, no qual foi necessário identificar o dimensionamento e disposição dos equipamentos, bancadas, esteiras, estoques, pessoas, ferramentas e dispositivos.
- Dados de Produção como Mix de modelos produzidos na linha, capacidade produtiva, *takt* de produção e tempo total disponível para produzir.
- Balanceamento do tempo de processo do modelo escolhido com o objetivo de identificar as etapas do processo, os gargalos de produção, o tempo necessário e todo fluxo de montagem da motocicleta.
- Fluxo de alimentação e lista de peças e componentes utilizados na montagem da motocicleta cujo objetivo é visualizar os caminhos, a distância e o lead time de alimentação de todos os itens.
- Quadro de pessoal orçado para atendimento do plano de produção. Esta informação necessária para confirmar a eficiência produtiva da linha.
- Mapeamento da cadeia de valor atual.

Baseado nas documentações levantadas da situação atual da linha de montagem final LM1J foram realizadas visitas a cadeia da linha de montagem final e elaborado o Mapa da Cadeia de Valor

atual, onde foi possível ilustrar de forma gráfica o fluxo de peças e componentes e informações relevantes que envolvem a fabricação da motocicleta.

- Atividades que não agregam valor produto e geram perdas ao processo:

Através do mapa da cadeia de valor atual foram analisadas as etapas que envolvem a fabricação da motocicleta com o objetivo de identificar as perdas e os desperdícios dentro do processo.

- Mapeamento da cadeia de valor futura:

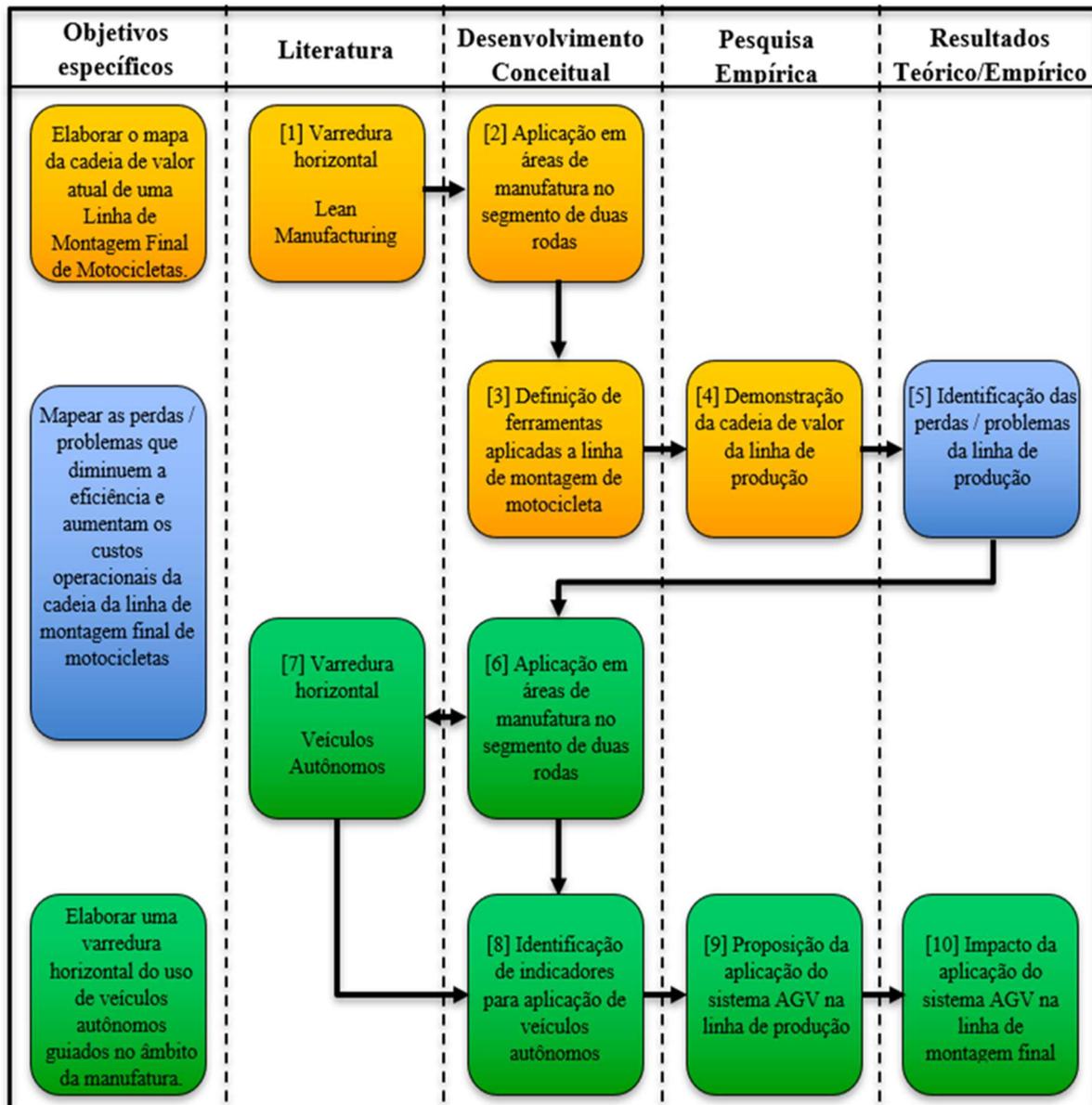
Após a análise das perdas e desperdícios, foi possível elaborar um novo mapa da cadeia de valor futura com propostas de melhorias para redução das perdas e desperdícios, aumentar a eficiência produtiva da linha e o impacto da aplicação do sistema AGV na alimentação de peças e componentes para a linha de montagem final.

- Resultado da aplicação do sistema AGV:

Com os dois mapas da cadeia de valor o atual e futura realizou-se uma comparação entre os dois resultados e confirmou, primeiro, se com a ferramenta utilizada do *Lean Manufacturing* foi possível identificar as perdas e desperdícios que aumentam o custo de fabricação na cadeia da linha de montagem final, segundo, se as ações levantadas contribuem para a melhoria da eficiência e produtividade da linha e consequente redução de custos, e finalmente, o impacto da utilização do AGV como melhoria no *Lean Manufacturing*.

Abaixo, na Tabela 2 estão as fases da Metodologia da Pesquisa.

Tabela 2 - Fases da Metodologia da Pesquisa



Objetivo 1

Objetivo 2

Objetivo 3

Fonte: Autoria própria

4. RESULTADOS DA PESQUISA

Neste capítulo realizou-se uma análise detalhada da situação atual da cadeia da linha de montagem final, evidenciando a necessidade de redução de custos para aumentar a competitividade em meio a esta demanda crescente.

Com os dados adquiridos da situação atual e as visitas constantes a linha de montagem, foi possível a construção do mapa de valor atual e a identificação dos problemas que oneram os custos da linha de montagem final que, se sanados, poderiam gerar redução de custos, além do impacto da aplicação de um sistema AGV para alimentação de peças.

Na etapa seguinte foram analisados os resultados que poderiam ser alcançados pela empresa, caso decida futuramente aplicar as melhorias levantadas no mapa de valor futuro. Todas as melhorias levantadas podem ser aplicadas nas outras duas linhas de montagem final da empresa e em outras fábricas instaladas ao redor do mundo.

4.1. Levantamento de Dados da Situação Atual

4.1.1. Cadeia Linha de Montagem Final LM1J

A Cadeia da Linha de Montagem Final LM1J é composta por duas grandes áreas. A primeira é chamada de Montagem de Componentes e a segunda é a própria Linha de Montagem.

O setor de Montagem de Componentes é composto por sete células de montagem de grandes conjuntos e uma célula de montagem de pequenos conjuntos.

As células de montagem de grandes conjuntos são sincronizadas a linha de montagem e ligadas entre elas através de um transportador aéreo. Neste transportador são alimentados os conjuntos já montados para serem transportados até a linha de montagem final e serem montados na motocicleta.

- **Células dos Grandes Conjuntos:**

Célula 1: Montagem de Peças Plásticas: Farol, carenagens laterais, tampa lateral e paralamas dianteiro;

Célula 2: Conjunto Roda Dianteira: Montagem da roda dianteira, e amortecedores dianteiros;

Célula 3: Conjunto Roda Traseira: Montagem da roda traseira, garfo traseiro e corrente;

Célula 4: Conjunto do Guidão: Montagem do guidão, manoplas, conjunto trava de ignição, cabo do acelerador e fiação;

Célula 5: Conjunto Pedal de Freio;

Célula 6: Conjunto Caixa da bateria + Mangueira de freio;

Célula 7: Conjunto Paralama Traseiro: Montagem do paralama traseiro, lanterna traseira, placa licença e sinalizador traseiro.

A célula de montagem de pequenos conjuntos é um conjunto de bancadas onde se montam pequenos componentes da motocicleta. Estes componentes são produzidos em lotes, ou seja, não são sincronizados a linha de montagem e são alimentados via carros nas células dos grandes conjuntos ou via transportador aéreo na linha de montagem final.

- Bancadas de Pequenos Conjuntos:

Bancada 1: Montagem das Alavancas de freio, embreagem e interruptores;

Bancada 2: Montagem do ajustador da corrente e capa do retentor;

Bancada 3: Montagem da Bobina de Ignição;

Bancada 4: Montagem do Magneto de partida;

Bancada 5: Montagem do Filtro de combustível;

Bancada 6: Montagem do Sensor Ângulo;

Bancada 7: Montagem do Pedal de Câmbio;

O setor de Montagem de Componentes possui uma área de 2.160m², onde trabalham 90 pessoas por turno. O outro grande setor da cadeia da Linha de Montagem Final LM1J é o setor de Linha de Montagem.

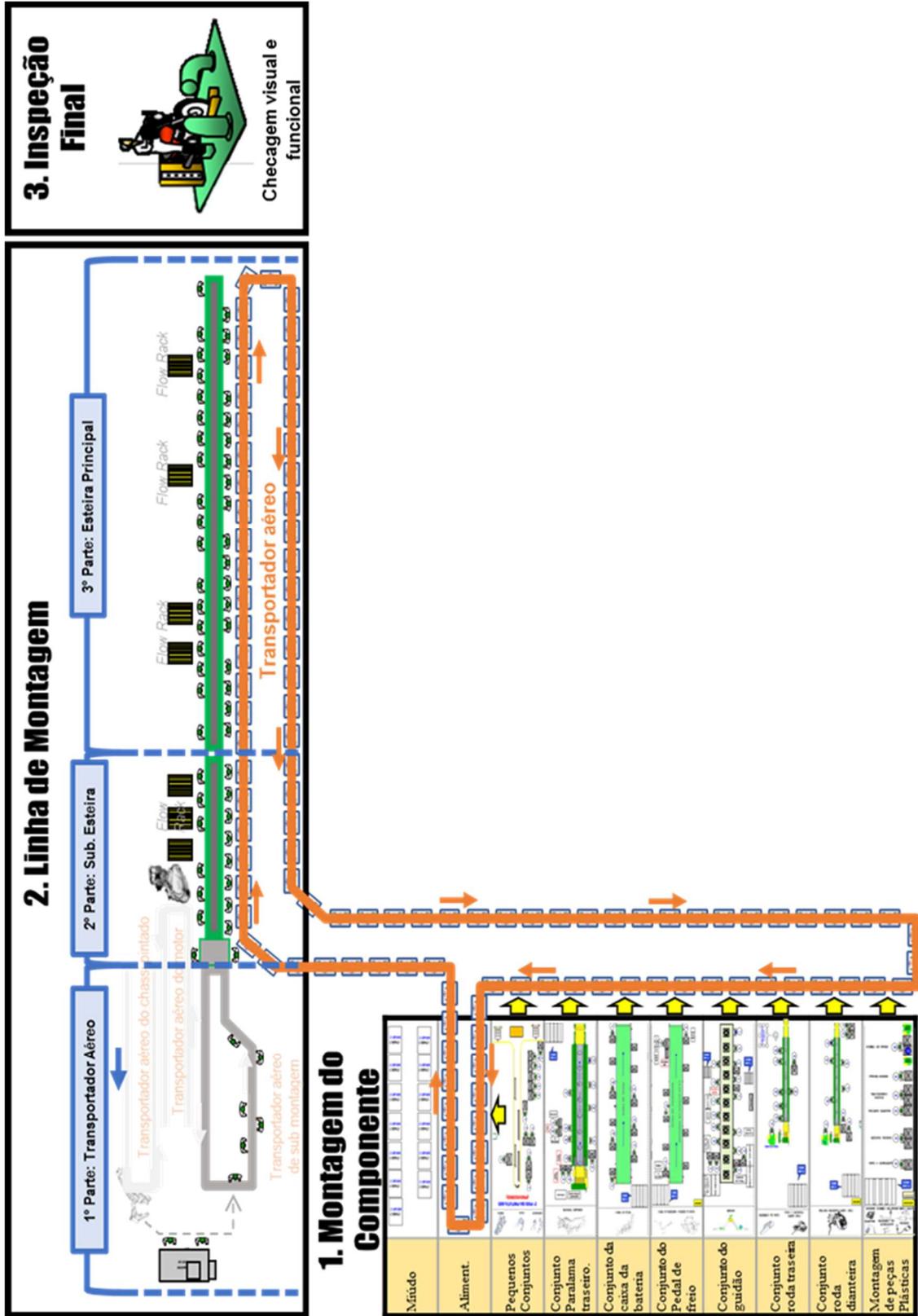
A Linha de Montagem é composta por 3 partes sincronizadas, possui uma área 1.560m², onde trabalham 82 pessoas por turno. A primeira parte é composta por um transportador aéreo onde é posicionado o chassi pintado e são montados alguns componentes, a segunda parte é chamada de sub esteira, nela é colocado o chassi em um cavalete e a partir daí são montados o motor, o conjunto roda traseira, conjunto roda dianteira e o guidão. Após a montagem na sub esteira a moto pré-montada é alimentada para a terceira parte da linha de montagem que é chamada de esteira principal, nela são

montadas as carenagens, o tanque de combustível e realizados os testes elétricos e as inspeções visuais da motocicleta. Finalizada a montagem da motocicleta esta é enviada para o setor de Inspeção Final.

É importante salientar que todos os grandes e pequenos conjuntos montados no setor de Montagem de Componentes são alimentados na linha de montagem através de um transportador aéreo que passa por todas as células sincronizadas e por um ponto de alimentação na área onde estão instaladas as bancadas dos pequenos conjuntos.

O *layout* da Cadeia da Linha de Montagem Final LM1J pode ser visualizado na figura 18 – Layout da Cadeia da Montagem Final LM1J.

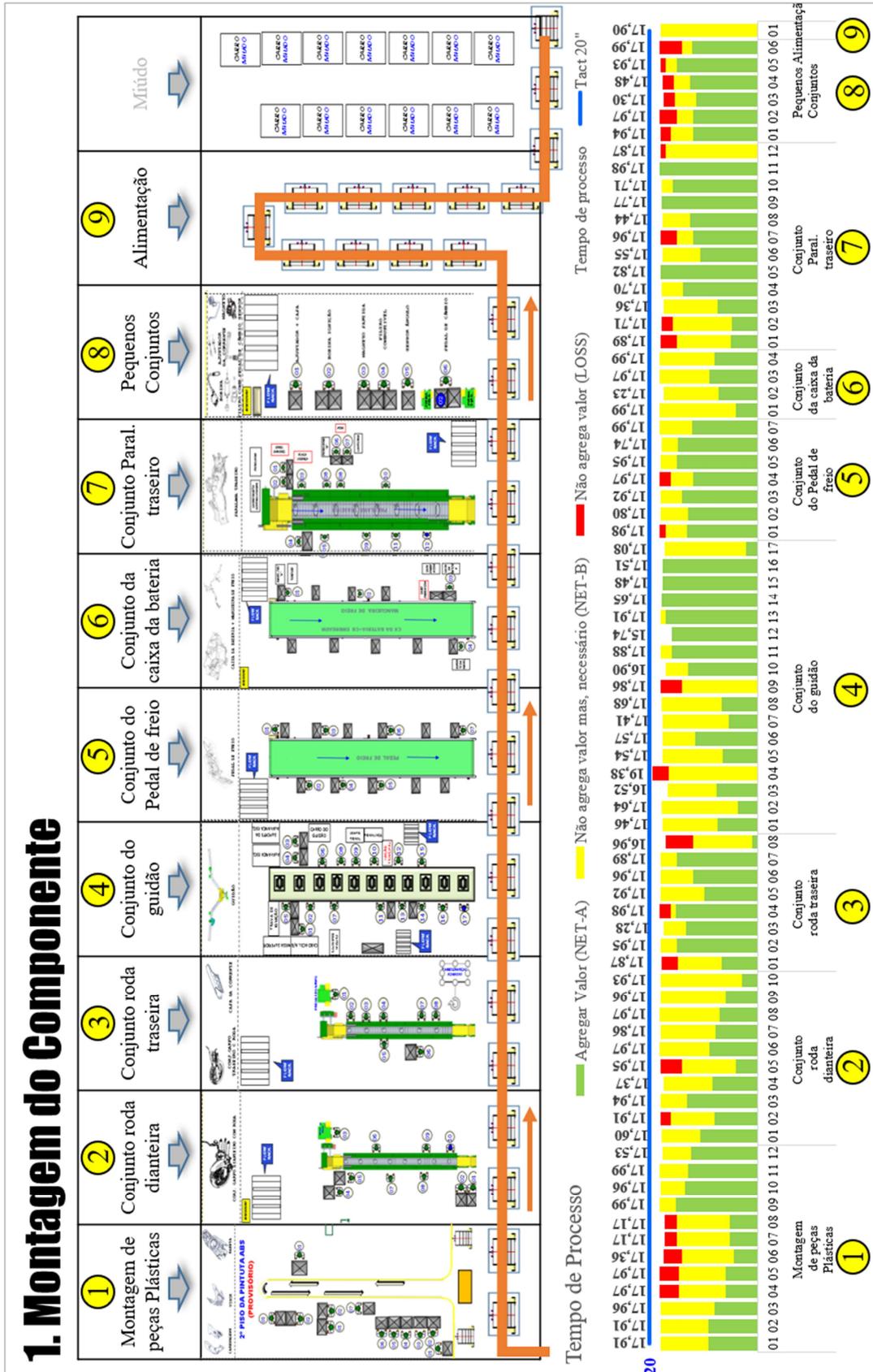
Figura 18 – Layout da Cadeia da Montagem Final LM1J



Fonte: Autoria própria

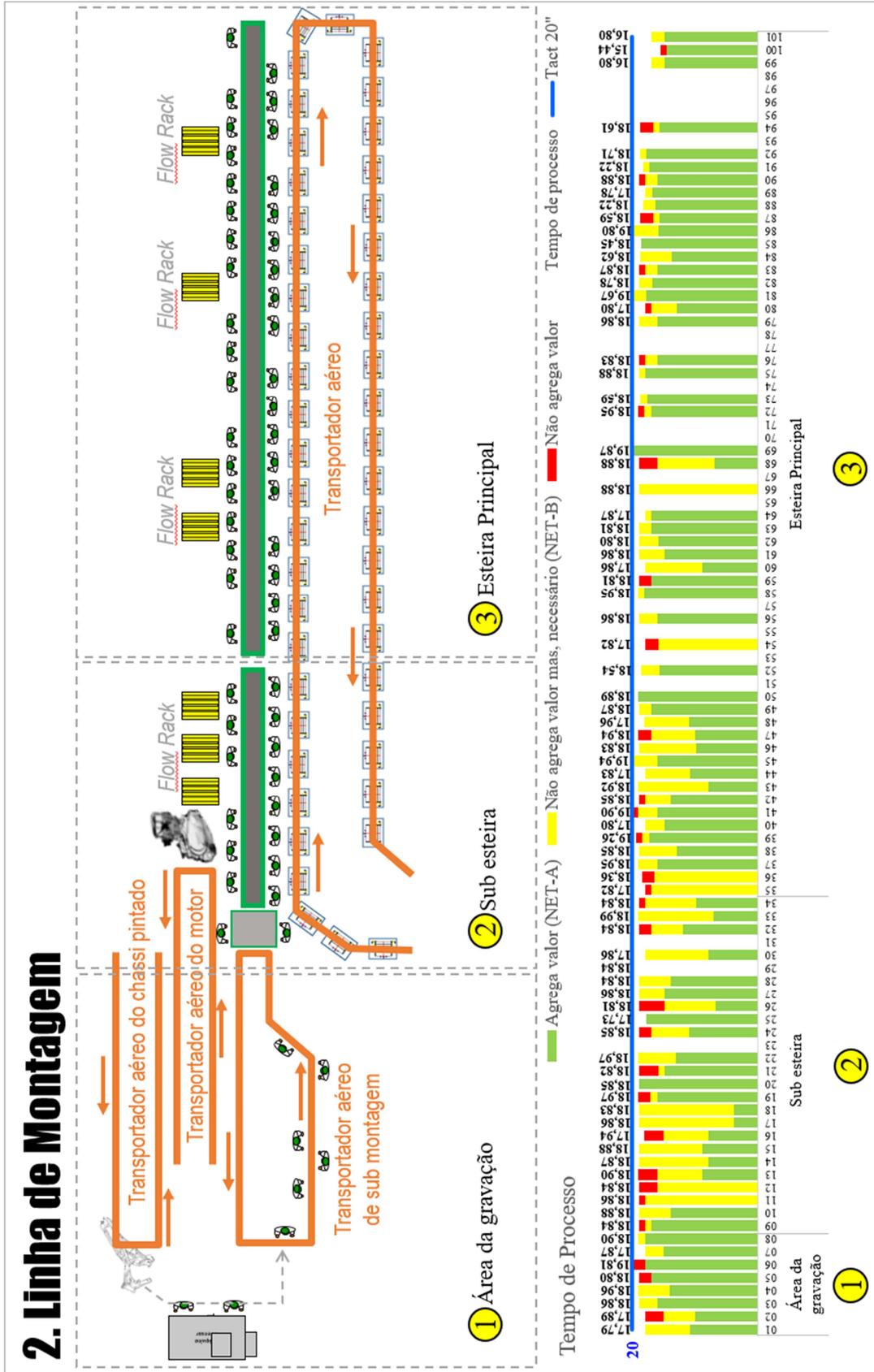
Finalizado o levantamento do *layout* da cadeia da montagem final LM1J foram levantados os tempos de processos de cada posto de trabalho tanto das células do setor de montagem de componentes, quanto da linha de montagem. O levantamento de tempos de processos foi realizado conforme a sistemática já aplicada na empresa, onde é utilizado como tempo padrão de um processo a média de 5 medições de tempo. Os tempos de processos também foram divididos entre: Agrega valor ao produto (VA); Não agrega valor ao produto, mas, é necessário (NVAn); Não agrega valor ao produto (NVA). Todo esse levantamento de tempos de processos foi realizado para utilização na elaboração da Cadeia de Valor Atual e identificação de possíveis perdas nos processos, conforme figura 19 - Tempos de Processos Montagem de componentes e figura 20 - Tempos de Processos Linha de Montagem.

Figura 19 – Tempos de Processos Montagem de componentes



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 20 – Tempos de Processos Linha de Montagem

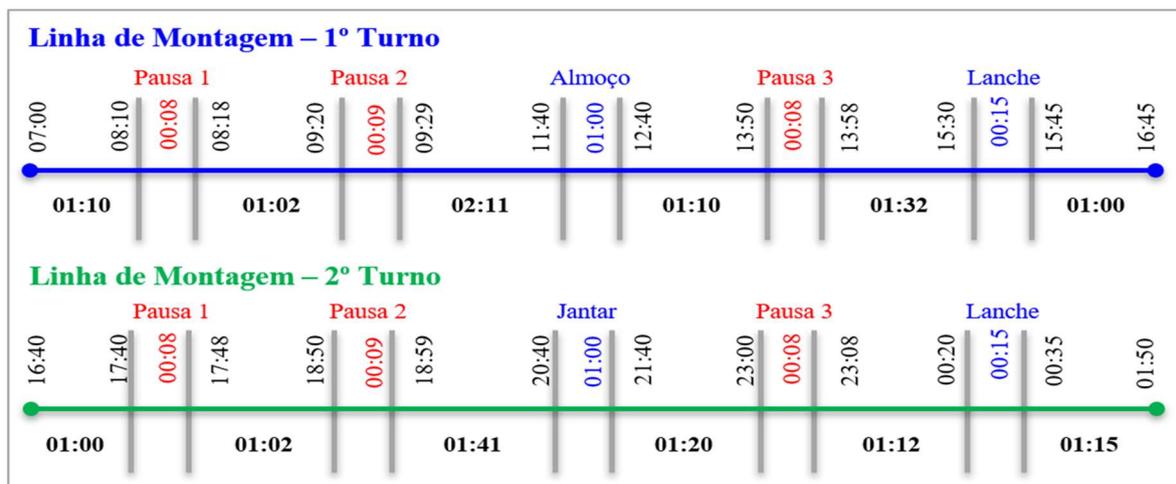


Fonte: Dados da pesquisa

Outro item relevante para levantamento da situação atual é o tempo efetivo de trabalho da Cadeia da Montagem Final. Todos os setores que trabalham em 2 turnos de segunda à sexta-feira, são chamados internamente de turnos comerciais. O 1º turno inicia às 7h e termina às 16:45h que gera um tempo total de 35.100 segundos, e o segundo turno inicia às 16:40h e termina às 01:50h e gera um tempo total de 33.000 segundos. Somados os dois turnos há um total 68.100 segundos de tempo total. De acordo com a CLT, Art. 71, para jornadas de trabalho acima de 6 horas é obrigatório um intervalo mínimo de 1 hora e 15 minutos, quando superior a 4 horas e não exceder 6 horas. Portanto, há uma pausa para o almoço/jantar de 1 hora e outra pausa de 15 minutos para o lanche nos 2 turnos de trabalho.

Existem outras 3 pausas que totalizam 25 minutos por turno que não estão previstas na CLT, mas, que são utilizadas para recuperação ergonômica. Desta forma os horários de trabalho ficam definidos conforme a figura 21.

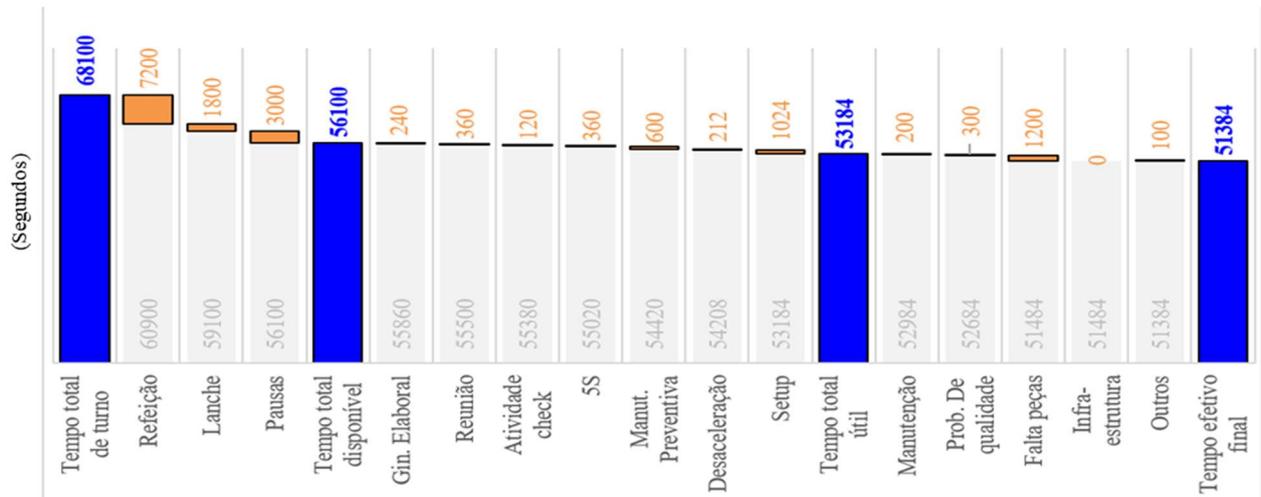
Figura 21 - Distribuição de paradas obrigatórias



Fonte: Dados da Pesquisa

Além das chamadas paradas fixas ou obrigatórias, há as paradas programadas que são: ginástica laboral, reunião, colocação de EPI, 5S e setup. Retirando estas paradas totaliza um tempo útil de 27.642 segundos no 1º turno e 25.542 segundos no 2º turno, somando 53.184 segundos nos 2 turnos. Por último há as paradas não programadas que são paradas não planejadas que ocorrem por quebra de equipamentos, absenteísmo, queda de energia e principalmente por falta de peças. A média de paradas não programadas dos últimos meses foi de 1.800 segundos por dia, sendo que 1.200 segundos foram por falta de peças. Reduzindo todas estas paradas totaliza um tempo total efetivo diário de 51.384 segundos, conforme mostra a figura 22.

Figura 22 – Tempo Total Disponível



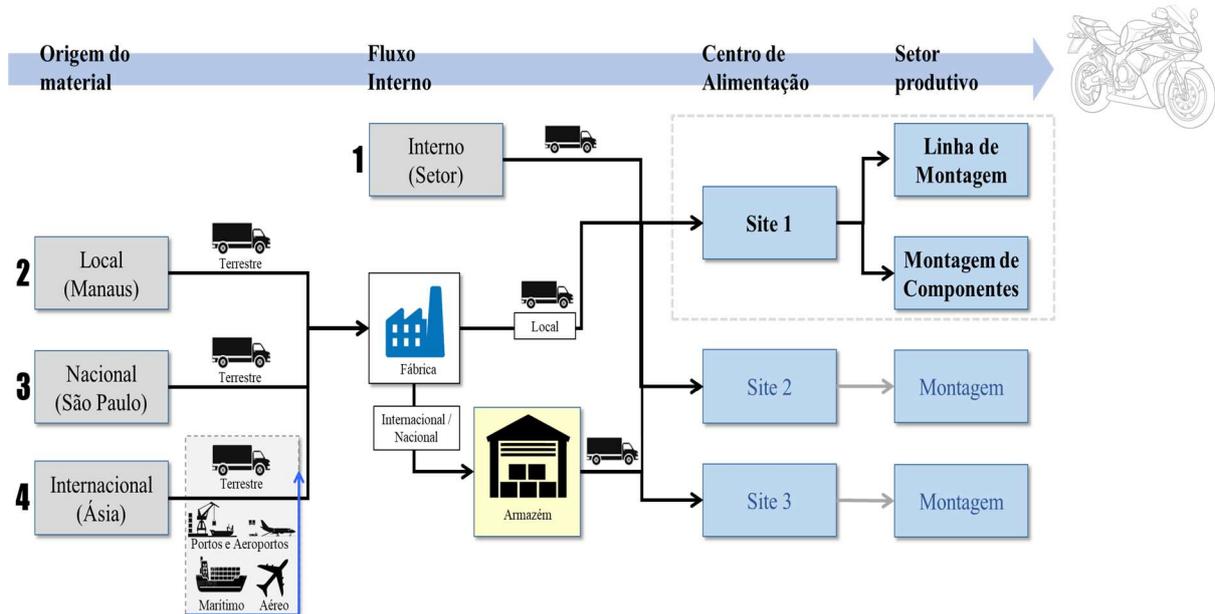
Fonte: Dados da pesquisa

4.1.2. Fluxo Logístico e Alimentação de Peças

O departamento de logística de abastecimento da empresa é composto por três atividades: Recebimento e armazenagem de peças nos armazéns; Transporte de peças entre depósitos e fábricas; Recebimento e alimentação de peças nos Centros de Alimentações, que são estrategicamente posicionados em cada unidade fabril.

Uma motocicleta é montada por peças de quatro origens diferentes, conforme figura 23: Fornecedores Internacionais, principalmente asiáticos; Fornecedores Nacionais, principalmente paulistas; Fornecedores Locais, Manaus e Fornecedores internos, setores da fábrica. Cada uma destas origens possui um estoque de segurança definido em tempo dentro da fábrica: Peças importadas têm estoque de 15 dias no depósito de peças importadas, com *lead time* de pedido de sete meses; Peças nacionais têm estoque de 5 dias no depósito de peças nacionais, com *lead time* de pedido de 6 semanas; Peças locais estão na fábrica com três horas de antecedência com alimentação hora à hora com entrega direta nos Centros de Alimentações; Peças internas são alimentadas com antecedência de duas horas e também alimentadas hora à hora diretamente nos Centros de Alimentações.

Figura 23 - Fluxo Logístico



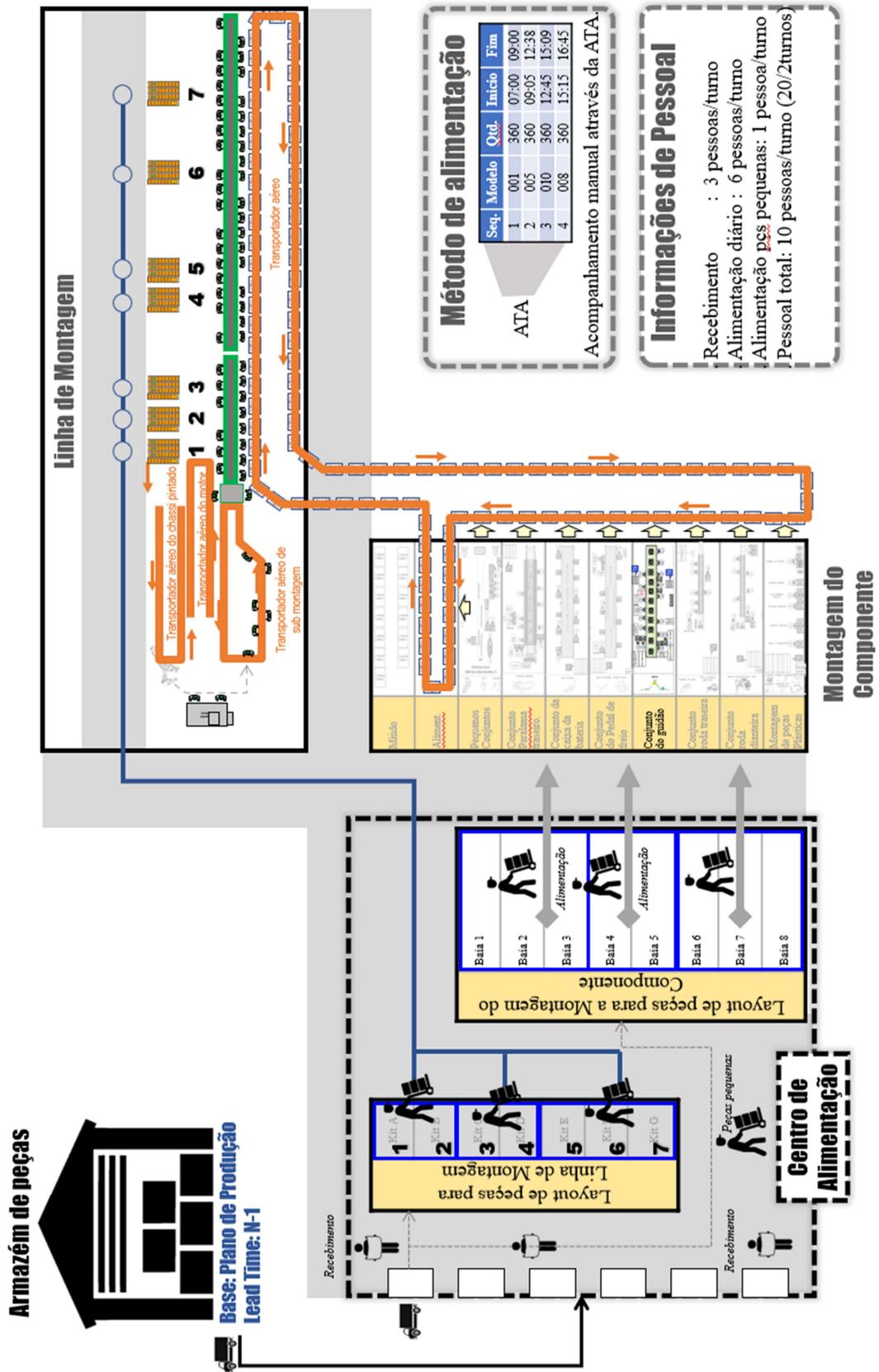
Fonte: Autoria própria

Os Centros de Alimentações são os responsáveis por receber as peças dos armazéns, dos fornecedores locais e dos fornecedores internos para abastecer os setores produtivos alimentando as peças em cada célula de montagem.

O Centro de alimentação da cadeia da montagem LM1J trabalha em 2 turnos comerciais e possui 10 colaboradores por turno que são responsáveis pela alimentação de peças tanto do setor de Montagem de Componentes, quanto do setor de Linha de Montagem. Para realizar a alimentação dos itens nas células e na linha, os alimentadores utilizam a ata de produção manual com o plano diário onde há a sequência de produção e a lista de alimentação para realizar a checagem se todos os itens já chegaram ao centro de alimentação para serem alimentados. Toda essa atividade depende da expertise do alimentador, e qualquer falha acaba gerando atraso na alimentação e por consequência possíveis paradas na linha de montagem por falta de peças.

Os alimentadores são responsáveis para abastecer todas as peças que fazem a composição da motocicleta completa e podem ser observados conforme a figura 24 – Sistemática de Alimentação de Peças.

Figura 24 – Sistemática de alimentação de peças



Fonte: Autoria própria

Estas peças são caracterizadas basicamente em 3 tipos, conforme figura 25:

- Peças grandes: São formatadas em carros exclusivos para cada tipo de item como amortecedores, garfos, rodas, entre outras. Estes itens do setor de montagem de componentes são alimentados diretamente nos postos e os itens da linha de montagem são alimentados no posto de alimentação do transportador aéreo;
- Peças médias: São formatadas conforme lote padrão da motocicleta (360 peças), em basquetes e posicionados em carros como eixo da roda, buzina, etc. Este grupo de itens são abastecidos em estações *Flowracks* posicionadas em cada célula de sub-montagem do setor de montagem de componentes e ao longo da linha de montagem;
- Peças pequenas: São alimentadas em pacotes plásticos e em quantidades de acordo com embalagem de cada fornecedor, como parafusos, porcas, arruelas, entre outras. Este grupo de itens são abastecidos em carros prateleiras para conceito de *serf-service*, o operador pega conforme necessidade, posicionados em locais específicos do setor de montagem de componentes e linha de montagem.

Figura 25 - Tipos de peças

Peças grandes	Peças médias	Peças pequenas
 <p>Amortecedor traseiro (64 pares) Carro de amortecedores Amortecedor dianteiro (48 pares)</p>	 <p>Eixo da roda Buzina</p>	 <p>Parafusos Porcas Arruelas Estação de peças pequenas</p>
<input type="checkbox"/> Cada item possui uma quantidade diferente. <input type="checkbox"/> Carros de alimentação exclusivo. <input type="checkbox"/> Alimentação conforme plano de produção.	<input type="checkbox"/> Possui lote padrão de alimentação. <input type="checkbox"/> Alimentados nas estações <i>flowrack</i> . <input type="checkbox"/> Alimentação conforme plano de produção.	<input type="checkbox"/> Não possui lotes padrão; <input type="checkbox"/> Armazenados em carros de formatação; <input type="checkbox"/> A alimentação pode ser antecipada.



Fonte: Dados da Pesquisa

4.1.3. Mapeamento da Cadeia de Valor Atual

Elaborar o Mapeamento da Cadeia de Valor Atual da cadeia da montagem final de motocicletas é o primeiro objetivo específico da pesquisa e é uma tarefa muito complexo, principalmente, devido a grande quantidade de peças e muitos estágios operacionais, por isso é importante saber o que mapear. A escolha errada do item a ser mapeado pode não revelar o que se espera a respeito do inventário em processo (WIP) ao longo da cadeia, formado por peças e componentes da motocicleta.

Portanto, foi priorizado o inventário de peças ao longo da cadeia da montagem final e para decidir qual peça, conjunto ou família de peças utilizar no mapeamento foi criada uma matriz denominada de “Matriz de Importância”, a qual permitiu definir qual peça utilizar no Mapeamento da Cadeia de Valor.

As Variáveis de Entradas ou Indicadores de Processos utilizados na matriz foram definidos considerando aqueles que possuem maior significância no custo operacional do processo.

Após a definição das variáveis de entrada e indicadores de processos foram definidos os seus respectivos pesos de 1 a 3, conforme a relevância.

Variáveis de Entrada e Indicadores de Processos:

- Custo da peça ou conjunto – Peso: 1;
- Índice de rejeição – Peso: 2
- Índice de refugo (inutilizado) – Peso: 3;
- Quantidade de processos na cadeia – Peso: 3;
- Ocupação de área de armazenagem – Peso: 1.

Definidas as variáveis de entrada e indicadores de processos e seus respectivos pesos foi necessário definir as peças ou conjuntos a serem avaliados e o range de notas a serem atribuídas a tabela (Notas: 2, 3 ou 5), de acordo com os respectivos impactos em desperdícios ou perdas no processo. Desta forma, quanto maior a nota atribuída, maior o impacto sobre o desperdício encontrado para a variável ou indicador da peça em questão.

Peças ou Conjuntos avaliados:

- Alça Traseira Completa;

- Conjunto Farol;
- Conjunto Trava;
- Lanterna Traseira;
- Suporte Dianteiro do Motor;
- Tampa traseira LE;
- Tampa Lateral do Chassi;
- Carenagens Laterais;
- Tampa Modulo do Acelerador;
- Conjunto Unidade PGM.

Com base nas definições, foi elaborada a Matriz de Importância, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Matriz de Importância

Item	Variável ou indicador de processo	Custo	Rejeição	Refugo	Processo	Área	Total
	Peso	1	2	3	3	1	-
	Descrição da peça						
1	Alça traseira completa	3	2	2	2	3	22
2	Conjunto farol	5	2	2	3	5	29
3	Conjunto trava	5	2	5	5	3	42
4	Lanterna traseira	5	2	2	3	3	27
5	Suporte dianteiro do motor	2	2	2	2	2	20
6	Tampa traseira LE	2	2	3	2	2	23
7	Tampa lateral chassi	2	5	2	3	5	32
8	Carenagens laterais	2	5	2	3	5	32
9	Tampa do módulo acelerador	2	2	2	2	2	20
10	Conjunto unidade PGM	5	2	2	2	2	23

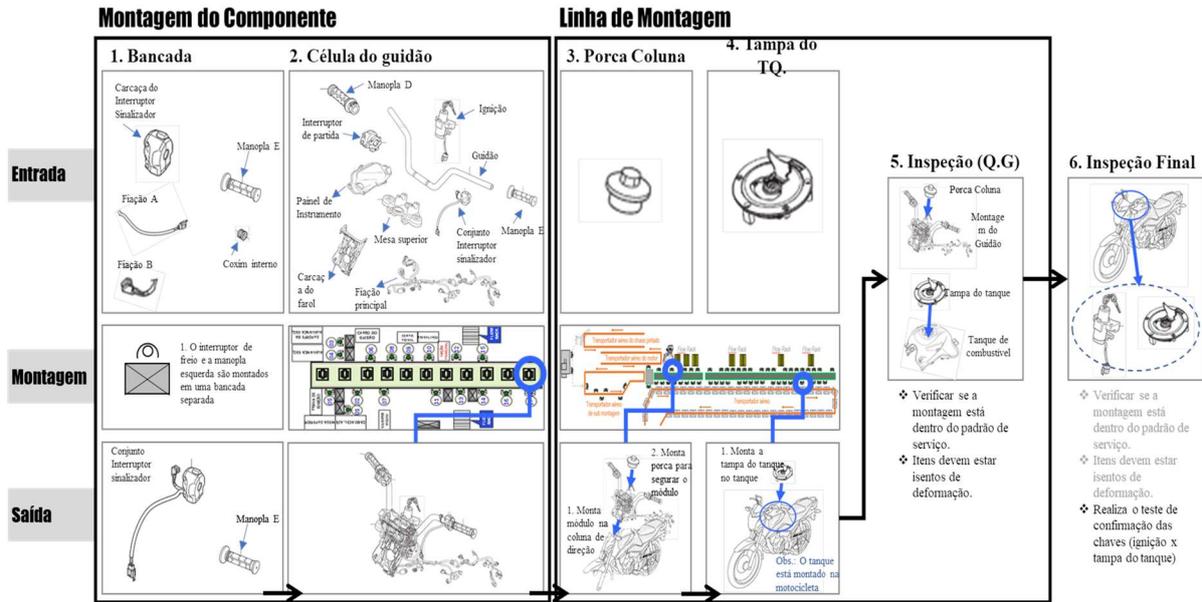
Fonte: Autoria própria

Conforme observado na matriz de importância o “conjunto trava” foi eleito como item prioritário para o mapeamento da cadeia de valor na cadeia da montagem final, pois, obteve o maior valor de significância pelo critério adotado pela matriz de importância, sendo então o item de controle que foi acompanhado na cadeia de valor desde o ponto escolhido como inicial - o armazém de peças, até o ponto escolhido como final - a entrega da motocicleta montada para o departamento de Embalagem.

O conjunto trava é formado pela ignição da motocicleta, as chaves e a tampa do tanque de combustível que fazem parte do conjunto guidão da motocicleta e para maximizar as chances de

identificação de perdas e desperdícios no processo, foi definido elaborar o mapeamento, não apenas do conjunto trava, mas, de todo o conjunto guidão.

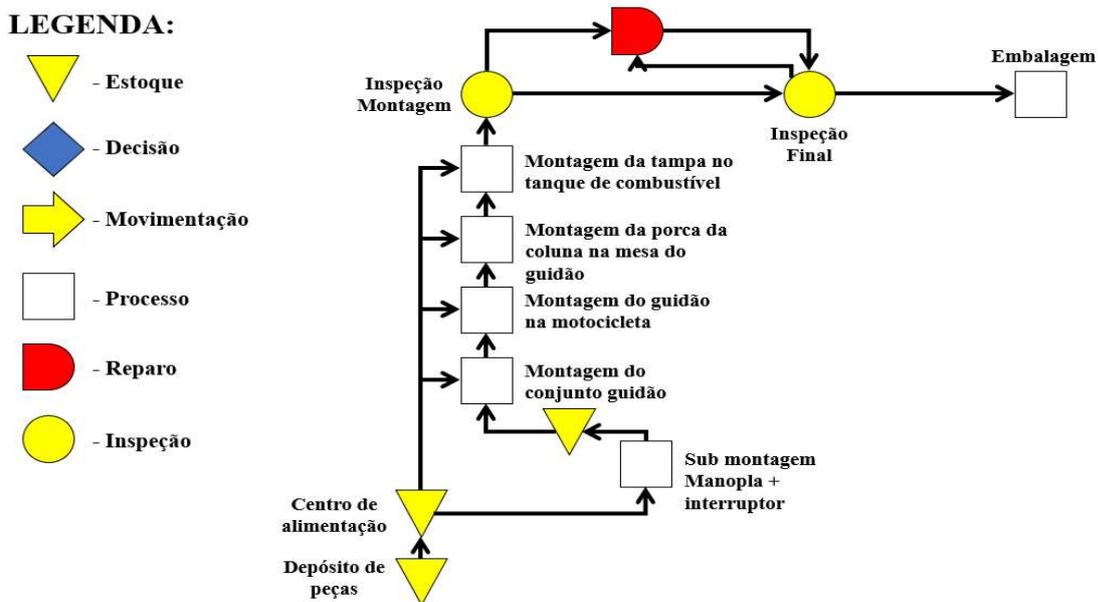
Figura 26 - Distribuição de Processos do Conjunto Trava



Fonte: Autoria própria

Inicialmente foi desenhado o fluxo macro do processo para confirmar na linha as etapas de montagem do conjunto guidão e garantir a perfeita elaboração do Mapa da Cadeia de Valor Atual.

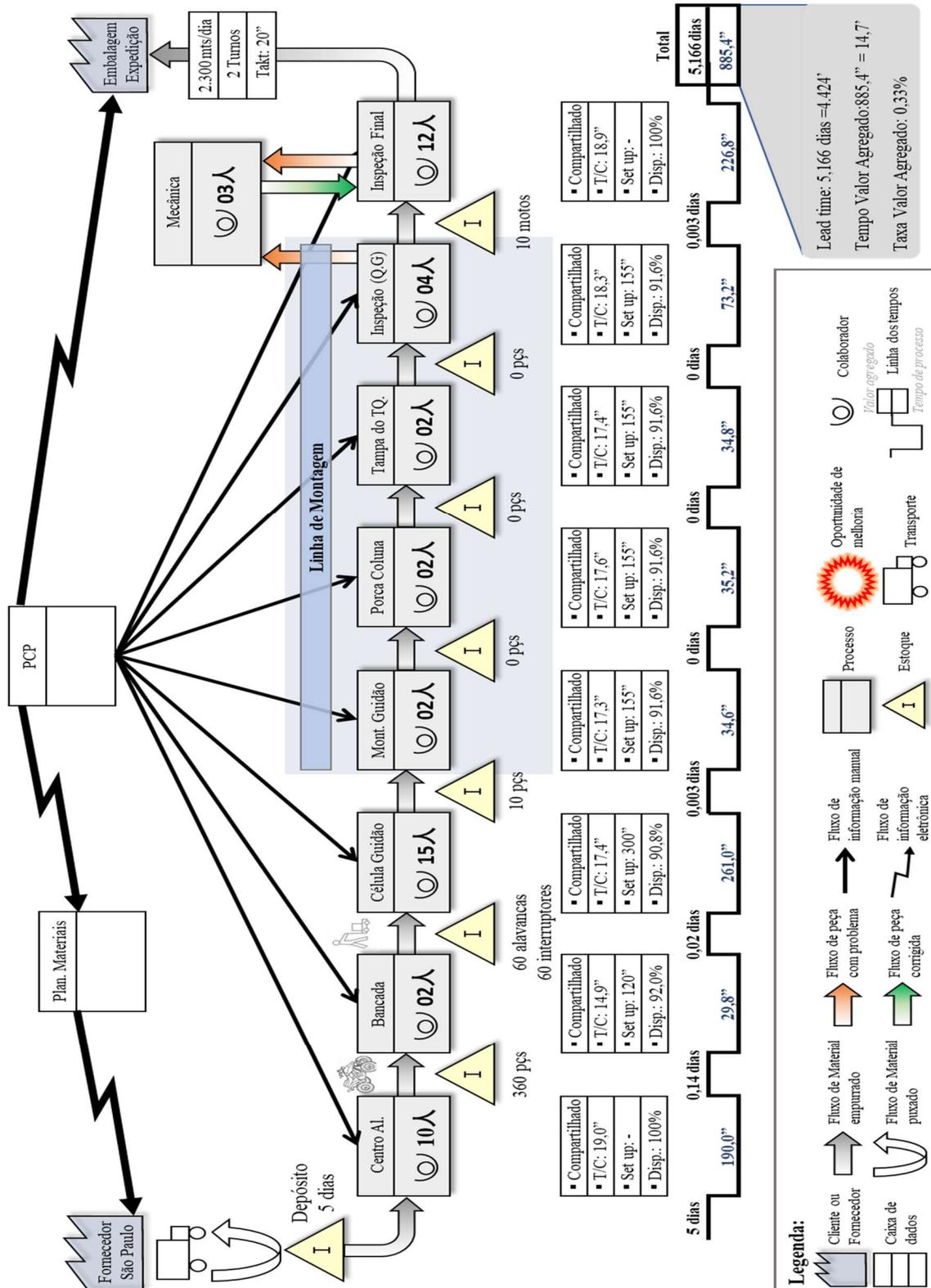
Figura 27 - Fluxo Macro do Processo de Montagem do Conjunto Trava



Fonte: Autoria própria

Finalizado o Fluxo Macro do processo de Montagem do Conjunto Guidão partiu-se para a elaboração do Mapa da Cadeia de Valor Atual, iniciando desde a entrega dos componentes pelo fornecedor, passando por todas as etapas de armazenagem e alimentação dos processos, pela montagem de componentes, pela montagem do conjunto na motocicleta, as inspeções de qualidade e finalizando na entrega da motocicleta completa no setor de Embalagem. O Mapa da Cadeia de Valor Atual da linha montagem final da motocicleta é ilustrado pela figura 28 – Mapa da Cadeia de Valor Atual.

Figura 28 – Mapa da Cadeia de Valor Atual



Fonte: Autoria própria

4.1.4. Identificação das atividades que não agregam valor

Analisando o Mapa de Valor Atual foi possível identificar várias perdas/oportunidades de melhorias desde a quantidade de peças em estoques no armazém, até estoques entre processos. Há perdas em balanceamentos de processos, tempos de *setups*, retrabalhos e, claro, movimentação de peças.

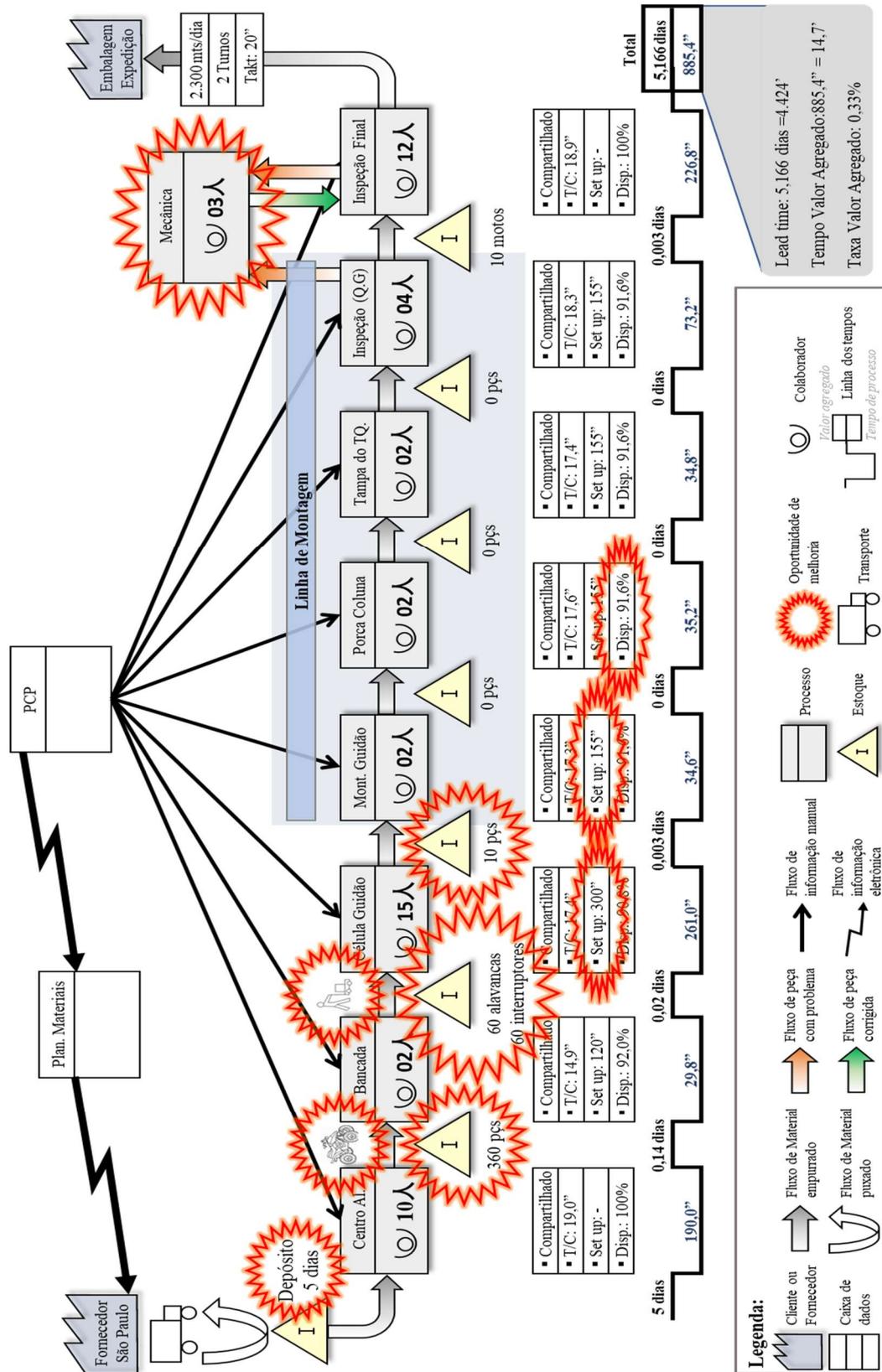
O Mapa de Valor Atual facilitou a visualização das perdas/oportunidades de melhorias, pois, elas se mostraram de forma gráfica. Porém, outra informação adicionada a análise foi a taxa de valor agregado do processo de montagem do guidão completo que apresentou o valor de 0,33%.

O Mapa de Valor Atual demonstra que o *Lead Time* foi de 4.424 minutos desde o recebimento de componentes até a entrega da motocicleta no setor de embalagem. Enquanto, o Tempo Valor Agregado foi de 14,7 minutos, um tempo extremamente pequeno quando comparado ao *Lead Time*.

A Taxa de Valor Agregado é o principal indicador da ferramenta VSM, pois, determina o marco zero do Mapa de Valor Atual e, assim serve de ponto de referência para buscar otimizações no processo, eliminação de perdas e desperdícios que possibilitem um aumento na taxa de valor agregado no Mapa de Valor Futuro.

Na figura 29 é ilustrado o Mapa de Valor Atual com as oportunidades de melhorias identificadas. Estas perdas/problemas ilustrados são responsáveis pela diminuição da eficiência produtiva e o aumento dos custos operacionais da cadeia da linha de montagem final da motocicleta.

Figura 29 – Mapa da Cadeia de Valor Atual com oportunidades de melhorias



Fonte: Autoria própria

4.2. Propostas de ações/melhorias

Utilizando como base o mapa da cadeia de valor atual, com as perdas/opportunidades de melhorias foram propostas diversas ações/melhorias para redução de perdas e desperdícios nos processos, conforme abaixo:

- a) Estoque de segurança de 5 dias de peças de fornecedores nacionais: Avaliar o risco de desabastecimento em conjunto com o setor programação de materiais e propor a redução para 4 dias;
- b) Estoque intermediário e movimentação da manopla e interruptor da bancada para célula do guidão: Transferir processo de sub montagem da área de pequenos conjuntos, bancadas não sincronizadas, para a célula de montagem do guidão e balancear os processos de montagem;
- c) Setup da Célula do Guidão está maior que o setup da linha de montagem, gerando paradas de processos: Eliminar troca de dispositivo para posicionamento do painel de instrumentos através da unificação dos dispositivos;
- d) *Tempo de setup* da linha de Montagem elevado (5 cavaletes vazios): Reduzir setup de 5 cavaletes vazios para 3 cavaletes vazios através da preparação antecipada das peças pequenas pelo alimentador e das trocas das parafusadeiras com o apoio do inspetor de torque;
- e) Desbalanceamento de processos da linha, gerando baixa eficiência: Rebalancear os processos de forma a diminuir o *takt* da linha de 20 segundos para 19 segundos;
- f) Índice de rejeição e refugo do conjunto trava muito alto: Reduzir o índice de refugo do conjunto trava através da análise dos pontos de processo onde ocorre os danos na peça para propor melhorias, desta forma reduzir a equipe de recuperação;
- g) Controle e alimentação de peças diárias para a linha de montagem de forma manual, gerando baixa eficiência e sem agregação de valor ao processo de montagem final: Implantar um sistema AGV para alimentação das peças diárias para a Linha de Montagem: O AGV fará a alimentação dos 7 *flowracks* localizados ao longo da Linha de Montagem.

Detalhamento da Aplicação:

- Tipo de Sistema de AGV: Sistema Filoguiado, sistema mais comum utilizado na indústria;
- Sistema integrado de controle de produção com sistema de alimentação do AGV;
- Distância Percorrida: 394 m (Ida/Volta);
- Velocidade AGV: 1 m/s (3,6 km/h) – Norma VDI 2510;
- Tempo de descarregamento: 19 segundos;

- Tempo de carregamento: 10 segundos;
- Kit de Peças equivalente a 200 motocicletas (Múltiplo de lote de produção);
- Quantidade de AGVs: 1 AGV base análise de ciclo completo de alimentação:
- Tempo necessário para alimentação: $200 \text{ motos} \times 19\text{seg} = 3.800\text{seg}$
- Quantidade de viagens com 1 AGV: $3.800\text{seg} / (394\text{seg.} + 20\text{seg} + 10\text{seg}) = 8 \text{ viagens}$

Portanto, 1 AGV consegue alimentar os 7 *flowracks* sem parar a linha por atraso de alimentação, já que ele tem capacidade de fazer até 8 viagens por lote de alimentação.

A proposta de implantação do sistema de AGV para alimentação de peças nos *flowracks* ao longo da linha de montagem final é ilustrado na figura 30 – Funcionamento do Sistema de alimentação com AGV.

4.2.1. Elaboração do Mapa da Cadeia de Valor Futuro

Com base nas propostas de melhorias foi elaborado o Mapa da cadeia de Valor Futuro, conforme a figura 31 – Mapa da Cadeia de Valor Futuro.

Conforme mostrado no Mapeamento da Cadeia de Valor Futuro, se todas as melhorias demonstradas forem aplicadas, haverá uma melhoria significativa na taxa de valor agregado do processo de montagem do guidão, ela sairá de 0,33% para 0,42%, uma melhoria de 27,2%.

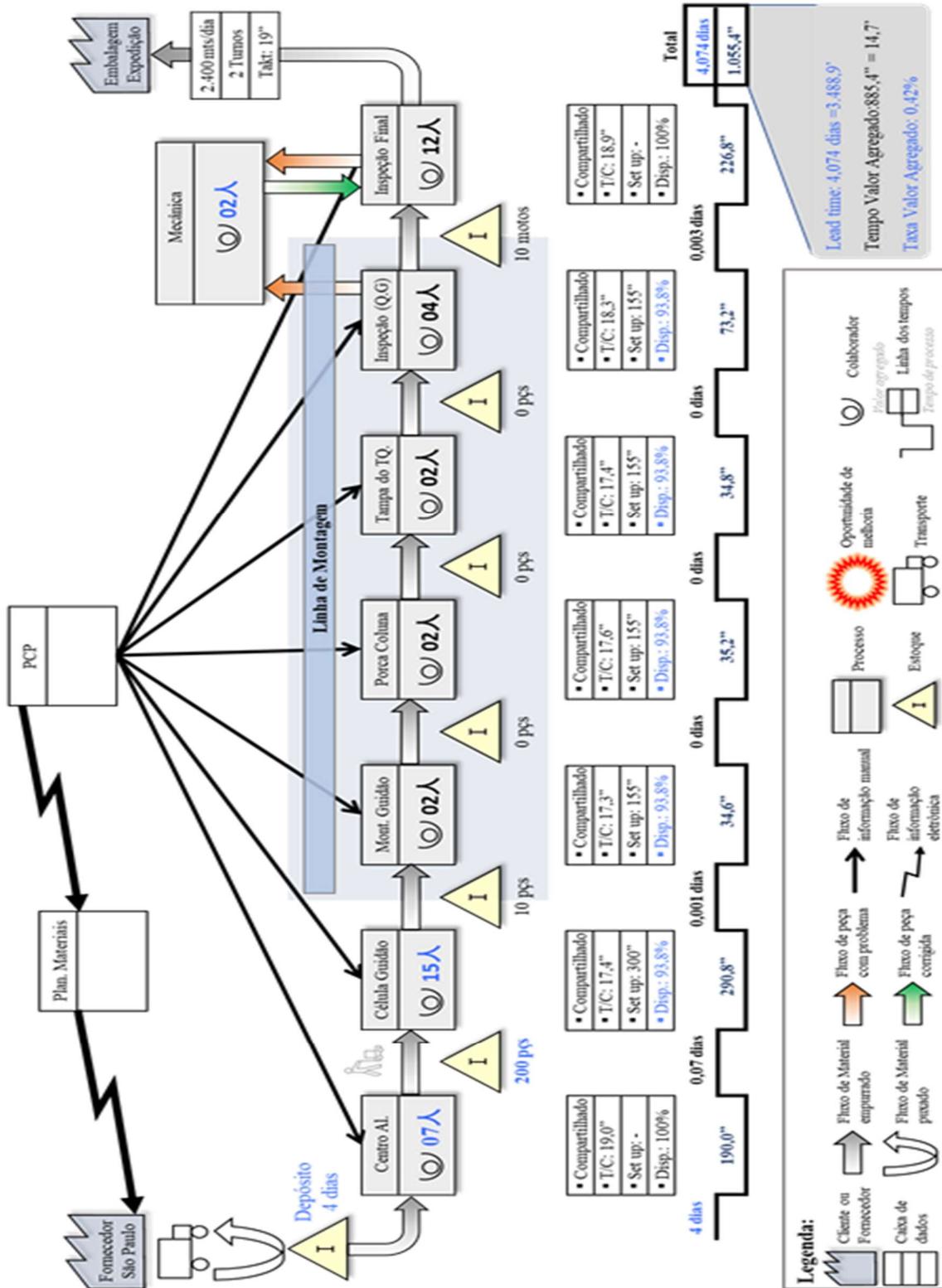
O resultado na taxa de valor agregado é reflexo de uma série de melhorias para redução de estoques, ganho de eficiência de pessoal, aumento do tempo total disponível para produção, melhoria de qualidade e aumento da capacidade produtiva da cadeia.

Além das reduções de estoques ainda foi possível propor diversas melhorias de balanceamento de processos, qualidade, melhoria do tempo disponível de produção que impactam diretamente no custo da cadeia de montagem final da motocicleta. Os méritos são:

- Aumento da capacidade produtiva da cadeia de montagem de 2.300 motos/dia para 2.400motos/dia, através da redução do *takt* da linha e aumento do tempo de disponível;
- Mérito de 2 pessoas de retrabalho (1 pessoa/turno) com a melhoria da qualidade nos processos;
- Mérito de 4 pessoas (2 pessoas/turno) com a transferência do processo de montagem da manopla e do interruptor para a célula da esteira do guidão;
- Mérito de 6 pessoas (3 pessoas/turno) com a implantação da alimentação dos itens diários pelo sistema de AGV para a linha de montagem;

Além do aumento de capacidade produtiva e o mérito com pessoal que chega a R\$763.200,00 por ano, há os ganhos não mensuráveis com a aplicação do sistema de AGV para a alimentação de peças como: melhoria de segurança, evitando risco colisões com pessoas, melhoria ergonômica, pois, não haverá necessidade de pessoas empurrando carros e a precisão na entrega, já que não haverá mais o risco da falha humana na alimentação das peças, através da integração do sistema de controle da produção com o sistema do AGV.

Figura 31 – Mapa da Cadeia de Valor Futuro



Fonte: Autoria própria

4.3. Impactos Acadêmico, Econômico e Social

4.3.1. Impacto Acadêmico

Durante a elaboração deste trabalho foi realizado um estudo preliminar sobre a produção científica acerca da aplicação do sistema AGV nas diversas áreas da produção industrial. O estudo destaca a diversidade de pesquisas científicas existentes e o ramo das empresas onde os AGV's estão sendo aplicados, confirma os méritos e benefícios da utilização de AGV's, além, de destacar o esforço da comunidade científica em estudar novos sistemas e tecnologias para otimizar e obter maior precisão na movimentação de veículos guiados automaticamente. Tal estudo foi publicado no *Brasilian Journal of Development* em 2020, e intitulado: “Aplicação de veículo guiado automaticamente nas diversas áreas de produção da indústria: revisão sistemática da literatura”.

4.3.2. Impacto Econômico

O impacto econômico das melhorias demonstradas no Mapa da cadeia de Valor Futuro é de grande relevância para a empresa, pois, além das reduções de estoques em toda a cadeia produtiva e o aumento da capacidade produtiva da linha de 2.300 para 2.400 motos por dia, houve o ganho na eficiência de pessoal, que representa um mérito de R\$763.200,00 por ano.

A sistemática aplicada para levantamento de perdas/desperdícios nesta pesquisa pode ser utilizada em outros setores da empresa, o que pode elevar exponencialmente estes méritos.

4.3.3. Impacto Social

Este trabalho tem um grande impacto social, pois, com o foco na redução de perdas/desperdícios, através da aplicação das ferramentas do *Lean Manufacturing* associada a utilização da tecnologia AGV, a empresa demonstra, para seus funcionários e para a sociedade, a sua preocupação em ter um negócio sustentável e duradouro, preocupada em garantir para seus funcionários um ambiente um ambiente estável, seguro e inovador. Desta forma tornando a marca confiável e desejada pela sociedade.

5. CONCLUSÃO

O objetivo principal deste capítulo é apresentar as evidências dos fatos levantados durante o trabalho e confrontá-los com os objetivos estabelecidos por essa pesquisa. Além do resumo dos resultados, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

Para atingir os objetivos específicos 1 e 2 que eram respectivamente: Elaborar o Mapa da Cadeia de Valor Atual de uma linha de montagem final de motocicletas e mapear as perdas / problemas que diminuem a eficiência e aumentam os custos operacionais da cadeia, foi realizado um estudo teórico da metodologia do *Lean Manufacturing* e constatou-se existir pouca literatura com aplicações voltadas ao segmento de duas rodas. Porém, com o embasamento teórico foi possível elaborar o Mapa da Cadeia de Valor Atual da linha de montagem final da motocicleta, conforme apresentado no sub item 4.1.3 e ilustrado na figura 28 – Mapa da Cadeia de Valor Atual e evidenciadas as perdas / problemas que aumentam os custos operacionais da cadeia da montagem final da motocicleta, através do sub item 4.1.4 e a figura 29 – Mapa da Cadeia de Valor Atual com as oportunidades de melhorias.

Através da análise do Mapa da Cadeia de Valor Atual as perdas e os desperdícios que oneram os custos operacionais da montagem final da motocicleta ficaram evidentes. O excesso de materiais estocados, excesso de movimentações e os desperdícios de recursos visualizados com o balanceamento dos tempos de processos da cadeia da montagem final ratificam a necessidade de aplicar melhorias para aumentar a eficiência produtiva e reduzir os custos, já que os clientes não querem pagar mais pelas perdas internas dos processos produtivos. Portanto, a única alternativa para a empresa é reduzir os custos operacionais, revendo seu processo produtivo.

O objetivo 3 que era elaborar uma varredura horizontal do uso de veículos autônomos guiados no âmbito da manufatura, buscando como resultado a análise do impacto da aplicação do sistema AGV para alimentação de peças para a linha de montagem final.

Através do enquadramento teórico sobre AGVs e a revisão sistemática de literatura, onde foram pesquisados 1.081 artigos em plataformas eletrônicas como ScienceDirect.com, portal de Periódico CAPES, plataforma DMPI e no portal da Aprepro foi possível constatar que também não há muita literatura sobre aplicações de sistemas AGV para o segmento de duas rodas, mesmo assim, foi possível embasar teoricamente uma proposta de aplicação do sistema AGV e analisar os impactos na cadeia da montagem final da motocicleta, conforme apresentado no sub item 4.1.4, figura 30 –

Funcionamento do sistema de alimentação com AGV e no sub item 4.1.5, figura 31 - Mapa da Cadeia de Valor Futuro.

Todas estas análises permitiram alcançar o objetivo geral da pesquisa que era analisar a aplicação de um sistema AGV para alimentação de peças e componentes em uma linha de montagem final de motocicletas. Onde verificou-se méritos em redução de custos, qualidade, segurança, ergonomia e precisão na entrega de peças.

Além dos objetivos da pesquisa que foram alcançados, este trabalho ainda servirá como base para outros estudos de aplicação para o segmento de duas rodas e desta forma possibilitar desenvolver ainda mais este segmento da indústria mundial.

Pelo significativo resultado obtido na pesquisa, consegue-se enxergar como oportunidade futura, a aplicação do estudo nas outras cadeias produtivas da fábrica instalada no PIM e de outras plantas do grupo instaladas em outros países.

6. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JR., J. A. V. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. *Revista Gestão & Produção*, 2001.
- ANTUNES, Junico; ALVAREZ, Roberto; PELLEGRIN, Ivan de; KLIPPEL, Marcelo; Bortolotto, Pedro. *Sistema de Produção*. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- ANTUNES, J. *SISTEMAS DE PRODUÇÃO: Conceitos e práticas para projeto e gestão de produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BRAGA, Ruy. *A nostalgia do fordismo: modernização e crise na teoria da sociedade salarial*. São Paulo: Xamã, 2003.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2010.
- DE STEUR, H.; WESANA, J.; DORA, M.; PEARCE, D.; GELLYNCK, X. Applying value stream mapping to reduce food losses and wastes in supply chains: a systematic review. *Waste management*, v.58, pp.359-368, 2016, <http://dx.doi.org.ez2.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.wasman.2016.08.025>
- FERRELLI, P.; MACHADO, R. R.; SILVA, R. G.; MOREIRA, W. A. Redução de custos operacionais e condições inseguras em um almoxarifado após automatização de rotas internas.. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3, 2015, Ponta Grossa, PR. Anais... Ponta Grossa: CONBREPRO, 2015. Disponível em: <<http://aprepro.org.br/conbrepro/2015/anais.php>> Acesso em 16 julho 2019.
- FEURER, Rainer; CHAHARBAGHI, Kazem. Defining competitiveness: a holistic approach. *Management Decision*, v. 32, n. 2, p. 49-58, 1994.
- FONTES, C. O.; ALVES, J. F.; TEIXEIRA, C. E. Minimização de Resíduos em um Processo de Manutenção de Aeronaves: Abordagens Seis Sigma, Lean Manufacturing e Produção mais Limpa. In: INTERNACIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION. São Paulo, 2013.
- GABRIEL, M. Métodos quantitativos em Ciências Sociais: sugestões para elaboração do relatório de pesquisa. *Desenvolvimento em Questão*, v.12, n.28, p.348-369, 2014.
- GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistematica da literatura: passos para sua elaboração. *Epidemiologia e Serviços de Saude, Brasilia*, v. 23, 1, p. 183-184, 2014.

- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.
- GOMES, J. E.; OLIVEIRA, J. L.; ELIAS, S. .J.; BARRETO, A. F.; ARAGÃO, R. L. Balanceamento de linha de montagem na indústria automotiva – Um estudo de caso. In: Encontro nacional de engenharia de produção. Rio de Janeiro. ENEGEP, 2008.
- GONÇALES, M.Fo; PRADO, A.E; & CAMPOS, F.C. Logística, cadeia de suprimentos e pensamento enxuto nas organizações: uma análise bibliométrica. *Espacios*, v.35, n.13, 2014.
- GUIMARÃES, M.R.N.; FILHO, A.M.T.; LARA, F.F.; SALTORATO, P. Estratégia de Produção na Indústria de Autopeças: Estudo Multicasos em Empresas da Região de Sorocaba. *Revista Produção Online*, v.14, n.2, p. 499-532, 2014.
- KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. Eversleigh: Keele University Technical Report, 2004.
- KUNDGOL, S., PETKAR, P., & GAITONDE, V. N. (2020). Implementation of value stream mapping (VSM) upgrading process and productivity in aerospace manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.282>
- LAGE JUNIOR, M. GODINHO FILHO, M. Adaptações ao Sistema Kanban: revisão, classificação, análise e avaliação. São Carlos: Gest. Prod., vol.15, 2008.
- LAKATOS, E. M. Fundamentos da metodologia científica. 7ª ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2010.
- LAZARIN, D. F. A aplicação das práticas lean manufacturing: produção sincronizada, kanban, padronização do trabalho e manutenção produtiva total: um estudo em uma empresa fabricante de transmissões. Anais: IV Congresso de Sistemas LEAN. p. 175-189, Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 2014.
- LIKER, Jeffrey. O Modelo Toyota- 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo. Ed. Bookman, 2005.
- LIKER, Jeffrey. Aplicação do Sistema Toyota em sua Organização. Ed. Bookman, 2005.
- MARUJO, N. A Pesquisa em Turismo: Reflexões sobre as abordagens Qualitativa e Quantitativa. *Revista de Investigación en Turismo y desarrollo local*. v.6, n. 14, 2013.

- MILAN, G. S.; PRETTO, M. R.; BASSO, L. C.. Um estudo de caso sobre o funcionamento de um armazém automatizado. *Revista Eletrônica de Administração*, v. 13, n. 1, p. 203-230, 2007.
- MORESI, E. Metodologia da pesquisa. Universidade Católica de Brasília, 2003.
- NAKANO, D., & MUNIZ JR. J. Writing the literature review for an empirical paper. *Production*, v. 28, São Paulo, 2018.
- NOBREGA, B. A.; SANTOS, J. N.; DE JESUS, G. A. Um Estudo da Relação entre Diversidade, Criatividade e Competitividade em Organizações Brasileiras. *Revista de Ciências da Administração*, v 16, n.39, p. 194, 2014.
- OHNO, Taiichi, *Toyota production system: beyond large-scale production*, Productivity press, 1988. ISBN 8573071702
- OHNO, Taichi. *Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- OLLAIK, L. G.; ZILLER, H. M. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. *Educação e Pesquisa*, v. 38, n. 1, p. 229-241, 2012.
- PACHECO, Diego Augusto de Jesus. *Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração*. Produção online, 2014.
- PAIVA, R. V. C. Epistemologia Dos Modelos De Competitividade: uma nova proposta. *Revista Pensar Gestão e Administração*, v. 3, n. 2, 2015.
- PALANGE, A., & DHATRAK, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>
- PATEL, N.; CHAUHAN, N.; TRIVEDI, M. P. Benefits of Value Stream Mapping as A Lean Tool Implementation Manufacturing Industries: A Review. *International Journal for Innovative Research in Science and Technology*, v. 1, n. 8, p. 53-57, 2015.
- PETTERSEN, J. Defining Lean production: some conceptual and practical issues. *TQM Journal*, 2009.
- PINTO, J. P. *Introdução ao Pensamento Lean. A filosofia das organizações vencedoras 6ª ed*. Lisboa: Ed. Lidel, 2014

- PORTER, M. Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência. Rio de Janeiro: Campus, 1985.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Ed. Feevale, 2013.
- RAHMAN, N. A. A.; SHARIF, S. M.; ESA, M. M. Lean manufacturing case study with Kanban system implementation. *Procedia Economics and Finance*, v. 7, p. 174180, 2013.
- RIDDER, H. G. (2017). The theory contribution of case study research designs. *Business Research*, 10(2), 281–305. <https://doi.org/10.1007/s40685-017-0045-z>
- ROTHER, Mike; HARRIS, Rick. Criando Fluxo Contínuo. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2008.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda. Brookline: Lean Enterprise Institute, 2003.
- SANTOS, L. C.; LOUNINE, C. P.; SOUZA, E. C. S.; PEREIRA, K. G. Otimização de sistemas de abastecimento de linhas de produção: estudo de caso de uma empresa de produção de secadores profissionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7, 2017, Ponta Grossa, PR. Anais... Ponta Grossa: CONBREPRO, 2017. Disponível em: <<http://aprepro.org.br/combrep/2017/anais.php>> Acesso em 16 julho 2019.
- SCHULZ, Jean. Cultura Lean. Bookman, 2015
- SCHULTZ, Don; TANNENBAUM, Stanley; LAUTERBORN, Robert. Comunicação integrada de marketing. O Novo Paradigma do Marketing. São Paulo: Makron Books, 1994
- SELLITOA, Miguel Afonso; BORCHARDTB, Miriam; PEREIRA, Giancarlo Medeiros. Presença dos princípios da mentalidade enxuta e como introduzi-los nas práticas de gestão das empresas de transporte coletivo de Porto Alegre. Porto Alegre: Produção, 2010.
- SHINGO, S. O sistema Toyota de produção: Do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: (GABRIEL, 2014) Bookman, 1996. ISBN 857307071699.
- SHINGO, S. Sistemas de produção com estoque zero: o Sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Bookman, 1996. ISBN 8573071680.

SELLITOA, Miguel Afonso; BORCHARDTB, Miriam; PEREIRA, Giancarlo Medeiros. Presença dos princípios da mentalidade enxuta e como introduzi-los nas práticas de gestão das empresas de transporte coletivo de Porto Alegre. Porto Alegre: Produção, 2010.

SLACK, N. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 1999.

SLACK, N. S.; CHAMBRES, C. A.; JOHNSTON, R. Administração da produção.

SLACK, N. S.; CHAMBRES, C. A.; JOHNSTON, R. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 1997. ISBN 8521312369

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 2002

SOUZA, J.; ROYER, R. Implantação de um sistema AGV - veículo guiado automaticamente um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32, 2013, Salvador, BA. Anais... SALVADOR: ENGEPE, 2013. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/publicacoes/index.asp?ano=2013>> Acesso em: 13 de julho 2019.

THAREJA, P. Manufacturing Paradigms in 2010. In: Proceedings of National Conference on Emerging trends in Manufacturing Systems, 2005. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2190326> Acesso em 02 fevereiro 2020.

VOTTO, R.G.; & FERNANDES, F.C.F. Produção enxuta e teoria das restrições: proposta de um método para implantação conjunta na Indústria de Bens de Capital sob Encomenda. Gestão & Produção, v 21, n1, 2014.

WOMACK, J.P.; & JONES, D.T. Lean thinking: banish waste and create the wealth in your Corporation. New York: Simon and Schuster, 1992.

YAO, X. Industry 4.0 in Logistics. Torino, 2018. Disponível em: <<https://webthesis.biblio.polito.it/7078/1/tesi.pdf>> Acesso 24 janeiro 2020.

ZAHRAEE, S. M., ESRAFILIAN, R., KARDAN, R., SHIWAKOTI, N., & STANISOPOULOS, P. (2021). Lean construction analysis of concrete pouring process using value stream mapping and Arena based simulation model. Materials Today: Proceedings, 42, 1279–1286. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.955>