

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**LETICIA DE MATHEUS**

**PROPOSIÇÃO DE APLICAÇÃO DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE  
VALOR EM UMA MONTADORA DE FERRAMENTAS ELÉTRICAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2021**

**LETICIA DE MATHEUS**

**PROPOSIÇÃO DE APLICAÇÃO DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR EM  
UMA MONTADORA DE FERRAMENTAS ELÉTRICAS**

**Proposition of value stream mapping application at an electrical tool assembly  
factory**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do departamento Acadêmico de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia.



**PONTA GROSSA**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

	<b>Ministério da Educação</b> <b>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</b> <b>CÂMPUS PONTA GROSSA</b> Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção	 <small>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</small>
---	--	--

## TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

### PROPOSIÇÃO DE APLICAÇÃO DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR EM UMA MONTADORA DE FERRAMENTAS ELÉTRICAS

por

LETICIA DE MATHEUS

Este(a) Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado(a) 10 de Maio de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O(a) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Juan Carlos Claros  
Prof.(a) Orientador(a)

---

Prof. Dra. Regina Negri Pagani  
Membro titular

---

Prof. Dra. Louisi Francis Moura  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho a minha mãe, por  
todo apoio e incentivo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha mãe, mulher de fibra, por não medir esforços e me dar esta oportunidade de concretizar meus sonhos. Sei que sem todo esse apoio e incentivo nada seria possível. Agradeço a meu namorado, por toda paciência e por sempre estar ao meu lado nessa caminhada. Agradeço aos amigos que de diferentes maneiras contribuíram para que esse período fosse mais leve e produtivo. E por fim, agradeço a todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Aprender é alimentar a alma de saber.  
(TIBA, Içami)

## RESUMO

A globalização da economia, combinada com as crescentes exigências dos consumidores e crescente oferta de produtos, têm alimentado cada vez mais a concorrência mundial. Nesse contexto, as empresas devem adaptar seus sistemas visando melhoria contínua da produtividade, criação de sistemas flexíveis e sustentáveis, além de *lead time* e estoques reduzidos, objetivando atender às necessidades do cliente. Uma técnica de origem no *Lean Manufacturing*, utilizada para buscar e eliminar desperdícios, bem como maximizar os lucros envolvidos em um processo produtivo, é o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV). O MFV é uma ferramenta estratégica que surgiu na Toyota, e é capaz de mostrar oportunidades de melhorias em todas as etapas de uma cadeia produtiva. Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver um estudo de caso, no qual foi aplicado o MFV, para identificar oportunidades de melhoria em uma linha de montagem de ferramentas elétricas. Após mapeamento do processo e aplicação do MFV, a principal melhoria proposta para o processo estudado foi a redução de estoques e do *lead time* de produção.

**Palavras-chave:** *Lean manufacturing*. Mapeamento de fluxo de valor. Sistema Toyota de Produção. Melhoria de processo. Planejamento e controle da produção.

## ABSTRACT

MATHEUS, Leticia de. **Propositon of value stream mapping application at an eletrical power tool assembly factory**. 2021. 66. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia de Produção. Federal University of Technology - Paraná. Ponta Grossa, 2021.

The globalization of the economy, combined with the growing requirements of consumers and wide range of products on offer, have increasingly fueled global competition. In this context, companies must adapt their systems aiming at continuous improvement of productivity, creation of flexible and sustainable systems, reduce lead time and inventories, aiming to meet customer needs. A technique of origin in Lean Manufacturing, used to seek and eliminate waste, as well as maximize the profits involved in a production process, is the Value Stream Mapping (VSM). VSM is a strategic tool that emerged at Toyota, and is capable of showing opportunities for improvement at all stages of a production chain. Thus, the objective of the present work was to develop a case study, in which the VSM was applied, to identify opportunities for improvement at an assembly line of power tools. After mapping the process and applying the VSM, the main improvement proposed for the studied process was the reduction of stock and production lead time.

**Keywords:** *Lean manufacturing*. Value Stream Mapping. Toyota production system. Process improvement. Planning and production control.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo de transformação .....	16
Figura 2 - Horizontes de planejamento .....	18
Figura 3 - Pilares STP .....	19
Figura 4 - Layout Celular .....	24
Figura 5 - Modelo de Kanban .....	25
Figura 6 - Fluxograma MFV .....	27
Figura 7 - Matriz para seleção de família de produtos .....	28
Figura 8 - Ícones para representação de fluxo de informações.....	29
Figura 9 - Ícones para representação de fluxo de materiais .....	30
Figura 10 - Ícones gerais.....	30
Figura 11 - Supermercado.....	33
Figura 12 - Fluxograma do processo.....	39
Figura 13 - Fluxograma de produção do rotor .....	40
Figura 14 - Inserção do eixo no núcleo .....	41
Figura 15 - Saída do processo de moldagem.....	41
Figura 16 - Inserção do papel isolante .....	42
Figura 17 - Prensagem do comutador.....	42
Figura 18 - Enrolamento.....	43
Figura 19 - Inserção papel isolante .....	44
Figura 20 - Saída do processo de enrolamento .....	44
Figura 21 - Saída do processo de envernizamento.....	45
Figura 22 - Torneamento e fresamento .....	46
Figura 23 - Prensagem da ventoinha e balanceamento.....	46
Figura 24 - Saída do processo de acabamento.....	47
Figura 25 - Fluxograma de produção do estator .....	47
Figura 26 - Inserção de papel isolante no núcleo.....	48
Figura 27 - Prensagem do suporte do terminal .....	48
Figura 28 - Saída do processo de enrolamento .....	49
Figura 29 - Inserção dos terminais .....	49
Figura 30 - Saída do processo de acabamento.....	50
Figura 31 - Mapa do fluxo atual.....	53
Figura 32 - Mapa do estado futuro .....	60
Quadro 1 - Classificação dos sistemas de produção .....	17
Quadro 2 - Desperdícios .....	21
Quadro 3 - Classificação da pesquisa.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Demanda média .....	56
Tabela 2 - Estoque de ciclo .....	57
Tabela 3 - Estoque pulmão .....	58
Tabela 4 - Níveis de confiança .....	58
Tabela 5 - Estoque de segurança .....	59
Tabela 6 - Supermercados .....	59

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 PROBLEMA .....	14
1.2 OBJETIVO .....	14
1.3 JUSTIFICATIVA .....	14
1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	15
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
2.1 SISTEMA PRODUTIVO .....	16
2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO .....	17
2.3 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO .....	19
2.3.1 Just-in-Time .....	20
2.3.1.1 Princípios do JIT indiretamente relacionados ao PCP .....	20
2.3.1.1.1 <i>Eliminação de desperdícios</i> .....	20
2.3.1.1.2 <i>Envolvimento dos trabalhadores na tomada de decisão</i> .....	21
2.3.1.1.3 <i>Gestão da qualidade total (TQM)</i> .....	21
2.3.1.1.4 <i>Recebimento just-in-time</i> .....	21
2.3.1.1.5 <i>Busca de melhorias</i> .....	22
2.3.1.1.6 <i>Zero defeito</i> .....	22
2.3.1.1.7 <i>Manutenção Produtiva Total (TPM)</i> .....	22
2.3.1.1.8 <i>Colaborador multi-habilitado</i> .....	22
2.3.1.1.9 <i>Fábricas focalizadas</i> .....	23
2.3.1.2 Princípios do JIT diretamente relacionados ao PCP .....	23
2.3.1.2.1 <i>Manufatura celular</i> .....	23
2.3.1.2.2 <i>Redução do tempo de setup</i> .....	24
2.3.1.2.3 <i>Produção em fluxo unitário</i> .....	24
2.3.1.2.4 <i>Produção nivelada</i> .....	24
2.3.1.2.5 <i>Kanban</i> .....	25
2.3.2 Jidoka .....	26
2.4 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR (MFV) .....	27
2.4.1 Seleção de uma família de produtos .....	28
2.4.2 Mapeamento do estado atual .....	29
2.4.3 Mapeamento do estado futuro .....	32
2.4.3.1 Takt time .....	32
2.4.3.2 Desenvolvendo fluxo contínuo .....	32
2.4.3.3 Utilização de supermercado .....	33
2.4.3.4 Seleção do processo puxador .....	35
2.4.3.5 Nivelando <i>mix</i> e volume de produção .....	35
2.4.3.6 TPT .....	35

<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À ABORDAGEM .....	36
3.2 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À NATUREZA .....	36
3.3 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS OBJETIVOS .....	37
3.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS PROCEDIMENTOS .....	37
3.5 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA.....	37
3.6 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS.....	39
<b>4 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>40</b>
4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO.....	40
4.1.1 Processo produtivo do rotor.....	40
4.1.2 Processo produtivo do estator .....	47
4.1.3 Montagem .....	50
4.2 MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL.....	51
4.3 MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO.....	55
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Sistema de produção pode ser definido como um processo planejado através do qual elementos são transformados em produtos úteis, ou seja, é um procedimento organizado a fim de obter a conversão de insumos em produtos acabados (RIGGS, 1920). Um sistema de produção (SP) só é efetivo se for simultaneamente eficaz e eficiente; eficaz quando seus objetivos são atingidos e eficiente quando os recursos são empregados da melhor maneira possível, sem desperdícios (TUBINO, 2010).

Desperdícios referem-se a “todos os elementos de produção que só aumentam os custos sem agregar valor” (OHNO, 1996). A eliminação de desperdícios é a base do Sistema Toyota de Produção (STP) (OHNO, 1997). O STP tem como objetivo central “capacitar as organizações para responder com rapidez às constantes flutuações de demanda do mercado a partir do alcance efetivo das principais dimensões da competitividade: flexibilidade, custo, qualidade, atendimento e inovação” (SHINGO, 1996).

Uma ferramenta, proveniente do STP, através da qual é possível enxergar desperdícios é o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). O objetivo de mapear o fluxo de valor é destacar as fontes de desperdício e eliminá-las através da implementação de um fluxo de valor contínuo, no qual cada processo se aproxima o máximo possível de produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam (ROTHER; SHOOK, 2003).

O mapeamento de processos é uma ferramenta reconhecida pelo importante papel que pode desempenhar na avaliação de desempenho e no entendimento das dimensões estruturais do fluxo de trabalho, subsidiando programas de reprojeto de atividades (CORREIA; LEAL e ALMEIDA, 2002).

Dada a importância do MFV para a melhoria dos processos produtivos o presente trabalho aplicou-se a ferramenta em uma montadora de ferramentas elétricas em Ponta Grossa, Paraná, com intuito de propor melhorias para o processo estudado.

## 1.1 PROBLEMA

O presente trabalho tem em vista a seguinte questão: Como o Mapeamento de Fluxo de Valor pode ser usado para eliminar os desperdícios em uma linha de montagem de ferramentas elétricas?

Este estudo faz-se necessário pois, no ambiente industrial, desperdícios aumentam os custos de produção e não agregam valor ao produto. A ferramenta MFV mostra-se de grande valia, já que permite analisar o processo por completo identificando etapas nas quais existem desperdícios.

Dessa forma, através do presente trabalho, será possível aumentar a eficiência da produção, contribuindo diretamente para a redução de custos e fortalecimento da cadeia de valor na qual a organização está inserida.

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é propor melhorias em uma linha de montagem de ferramentas elétricas por meio da aplicação de Mapeamento de Fluxo de Valor.

Para atingir o objetivo proposto faz-se necessário estabelecer objetivos específicos, são eles:

- Analisar o processo produtivo selecionado;
- Aplicar do Mapeamento de fluxo de valor;
- Identificar oportunidades de melhoria;

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Marodin e Saurin (2013) identificaram o MFV como uma das técnicas mais utilizadas para a implementação da manufatura enxuta, apresentando aumento de produtividade e a redução do *lead time* como alguns dos resultados de sua aplicação. Para Jasti e Sharma (2014), o MFV é uma importante técnica que auxilia a identificar oportunidades para melhoria de desempenho do processo.

Desse modo, o presente trabalho visa identificar, a partir do MFV, pontos de

melhoria no processo estudado.

#### 1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente trabalho está relacionado à aplicação da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor, com origem no Sistema Toyota de Produção, presente na área de Planejamento e controle da Produção.

O estudo de caso realizado conta com a utilização de mapa de fluxo de valor do estado atual e mapa do estado futuro, elaborados a partir de informações coletadas na empresa estudada. Os dados coletados foram analisados a fim de identificar melhorias através da aplicação da ferramenta MFV.

#### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado da seguinte maneira:

Capítulo I – Apresenta a caracterização do tema, delimitação do problema de pesquisa, objetivos e justificativa.

Capítulo II – Apresenta a revisão bibliográfica sobre Sistemas Produtivos, Sistema Toyota de Produção e Mapeamento de Fluxo de Valor.

Capítulo III – Apresenta a metodologia utilizada na pesquisa.

Capítulo IV – Apresenta o estudo de caso, descrevendo a empresa e o processo produtivo analisados e os resultados obtidos;

Capítulo V – Apresenta conclusões sobre o trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O objetivo deste capítulo é conceituar, a partir de uma revisão bibliográfica, os objetos de estudo do presente trabalho, são eles: Sistemas Produtivos, Planejamento e Controle da Produção, Sistema Toyota de Produção e Mapeamento de Fluxo de Valor.

### 2.1 SISTEMA PRODUTIVO

Um sistema pode ser considerado como um conjunto de elementos inter-relacionados com um objetivo comum. Todo sistema é composto por três elementos básicos: entradas, saídas e funções de transformação (MARTINS, LAUGENI, 2005).

As entradas (*inputs*) são o conjunto de todos os elementos diretamente necessários para um processo de produção, tais entradas são transformadas em saídas (*outputs*) através de funções de transformação (conjunto de processos) (MARTINS, LAUGENI, 2005; SLACK et al., 2009; LUSTOSA et al., 2008).

A Figura 1 ilustra o conceito.



Fonte: Adaptado de Slack et al, 2009

Desse modo, uma empresa pode ser definida como um sistema que transforma, através de processamento, entradas (*inputs*) em saídas (*outputs*) úteis aos clientes. Este sistema é chamado de sistema produtivo (TUBINO, 2009).

Um sistema produtivo tem por objetivo “a fabricação de bens manufaturados, a prestação de serviços ou o fornecimento de informações” (MARTINS, LAUGENI, p.12, 2005).

Tais sistemas produtivos são classificados de diversas maneiras, as classificações mais conhecidas são: pelo grau de padronização dos produtos, quanto ao fluxo do processo, pelo tipo de operações pelas quais os produtos são submetidos, pelo ambiente de produção e pela natureza do produto (LUSTOSA et



al., 2008).

O Quadro 1 apresenta as classificações dos sistemas de produção, bem como suas definições, segundo Lustosa *et al* (2008), Martins e Laugeni (2005) e Tubino (2009).

**Quadro 1 - Classificação dos sistemas de produção**

Tipos de classificação	Características	Definição
Grau de padronização dos produtos	Produto padronizado	Apresentam alto grau de uniformidade, produzidos em grande escala.
	Produto personalizado	Apresentam baixo grau de uniformidade pois são produzidos para um cliente específico.
Fluxo do processo	Processo em linha	As operações apresentam operações de precedência e subsequente, de tal maneira que acompanham uma sequência linear. Os produtos são padronizados.
	Processo em lote	Caracterizado por grande variedade de produtos, onde equipamentos e habilidades similares são agrupadas.
	Processo por projeto	Caracterizado por terem um único produto, a sequência de operações deve respeitar as características do produto em questão.
Tipo de operação	Processo contínuo	Caracterizado pela produção de produtos altamente padronizados. Os processos são interdependentes, desfavorecendo a automação.
	Processo discreto	Caracterizado pela produção de produtos passíveis de serem isolados em lotes ou unidades. Tal processo pode ser classificado em (a) repetitivo em massa, (b) repetitivo em lote e (c) por projeto.
Ambiente de produção	Make-to-stock (MTS)	Produtos padronizados, produzidos para estoque. Geram altos níveis de estoque e, conseqüentemente, alto custo para manter o estoque.
	Assemble-to-order (ATO)	Produtos são montados sob encomenda. Produto final configurado pelo cliente a partir de subconjuntos conhecidos pela empresa.
	Make-to-order (MTO)	Produção inicia-se apenas após recebimento formal do pedido do cliente.
	Engineer-to-order (ETO)	Produto altamente personalizado. Projeto, produção e montagem são feitos a partir de decisões do cliente, portanto existem estoques.
Natureza do produto	Bens	Produção de itens tangíveis, manufatura de bens. Orientado para o produto.
	Serviços	Intangível, o sistema de produção é um prestador de serviços. Orientado para ação.

**Fonte: Adaptado de Lustosa *et al* (2008); Martins e Laugeni (2005); Tubino (2009).**

O responsável por coordenar os recursos produtivos é o departamento de Planejamento e Controle da Produção (PCP) (LUSTOSA *et al*, 2008; TUBINO, 2009). De modo geral, para o PCP, “à medida que a demanda torna-se mais diversificada e os lotes diminuem, as funções do planejamento e controle da produção ficam mais complexas” (TUBINO, 2009, p.6).

## 2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O PCP é um sistema de apoio à produção, que se situa dentro do sistema produtivo (TUBINO, 2000). O sistema de PCP vai desde o planejamento até o gerenciamento e controle do suprimento de materiais e atividades de processo a fim de que produtos específicos sejam produzidos através de métodos específicos a fim de atender a um programa de vendas preestabelecido (MARTINS, LAUGENI, 2005).

Segundo Russomano (2000, p.54) o PCP “pode ser definido como a função de apoio das atividades de produção visando que os programas acertados

previamente possam ser atendidos com eficiência”. As atividades de PCP envolvem decisões com o objetivo de definir o que, quanto e quando produzir, comprar e entregar, além de que e/ou onde e/ou como produzir (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010).

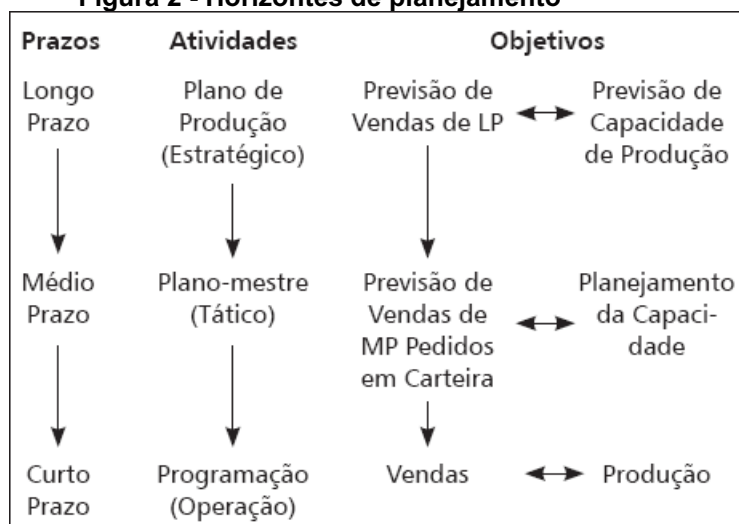
Desse modo, o objetivo do planejamento de produção é “satisfazer as datas de entrega aos clientes com mínimo custo total, por meio do planejamento da sequência das atividades de produção (HARDING, p.148, 1981)”. Dentre as diversas atribuições do PCP, pode-se destacar (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010; RUSSOMANO, 2000):

- Prever demanda;
- Controlar estoques;
- Realizar acompanhamento da produção;
- Implantar princípios a fim de regular fluxo de materiais.

Para que um sistema produtivo opere de modo a transformar insumos em produtos (bens e/ou serviços), ele precisa ser pensado em termos de prazos, em que planos são feitos e ações são disparadas, com base nestes planos, para que os eventos planejados possam concretizar-se. De forma geral, pode-se dividir o horizonte de planejamento de um sistema produtivo em três níveis: o longo, o médio e o curto prazo (TUBINO, 2009, p.4).

A Figura 2, a seguir, apresenta tais horizontes, bem como as atividades e objetivos ligados a cada um.

**Figura 2 - Horizontes de planejamento**



Fonte: Tubino, p.1 (2009)

Conforme apresenta a Figura 2, no longo prazo, a nível estratégico, os sistemas produtivos buscam, com base na previsão de vendas de longo prazo, visualizar a capacidade com a qual o sistema deverá operar para atender aos clientes. No planejamento de médio prazo, a nível tático, o objetivo é planejar a utilização da capacidade instalada para atender às previsões de venda de médio prazo. A nível operacional, no curto prazo, o sistema produtivo irá executar a programação da produção (TUBINO, 2009).

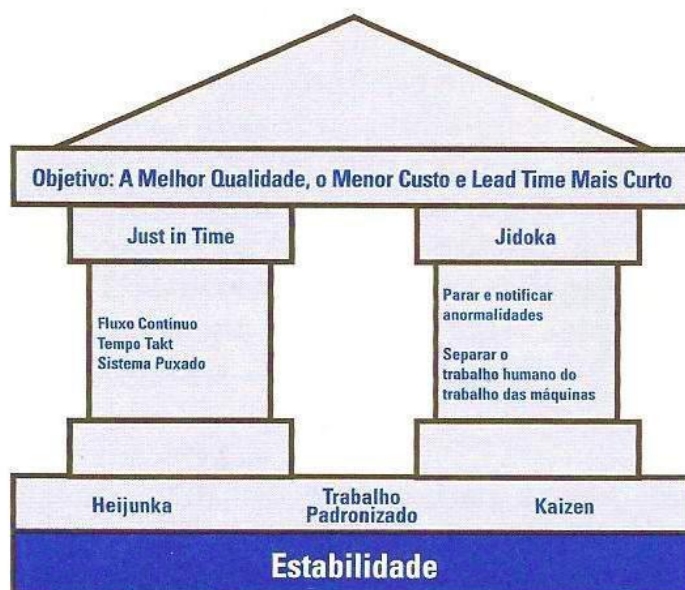
### 2.3 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O Sistema Toyota de Produção (STP) é “um Sistema que visa a eliminação total das perdas” (SHINGO, p.101,1996). O principal objetivo do STP é aumentar a eficiência da produção através da eliminação consistente e complete de desperdícios (OHNO, 1997).

O objetivo central consiste em capacitar as organizações para responder com rapidez às constantes flutuações da demanda do mercado a partir do alcance efetivo das principais dimensões da competitividade: flexibilidade, custo, qualidade, atendimento e inovação (SHINGO, 1996).

O STP é um sistema puxado sustentado por duas colunas: *Just-in-Time* e *Jidoka* (MONDEN, 1984), a Figura 3 ilustra esse sistema.

Figura 3 - Pilares STP



**Fonte: Lean Institute (2020)**

A seguir cada uma das colunas de sustentação do JIT são descritas.

### 2.3.1 *Just-in-Time*

O sistema JIT surgiu no Japão em meados da década de 70, seu desenvolvimento é creditado à *Toyota Motor Company* (CORREA, GIANESI, 2011).

*Just-in-Time* (JIT) significa que, em um processo de fluxo, as partes necessárias à montagem alcançam a linha na quantidade e no momento em que são necessárias. Uma empresa que é capaz de estabelecer esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero (OHNO, 1997).

O objetivo do JIT é otimizar os processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios (CORRÊA, GIANESI, 2011). Os princípios do JIT são direta ou indiretamente relacionados ao PCP (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010). A seguir tais princípios são discutidos.

#### 2.3.1.1 Princípios do JIT indiretamente relacionados ao PCP

Existem 9 princípios do JIT indiretamente relacionados ao PCP, a (1) eliminação de desperdícios, (2) Envolvimentos dos trabalhadores na tomada de decisão, (3) Gestão da qualidade total, (4) Recebimento *just-in-time*, (5) Busca de melhorias, (6) Zero defeitos, (7) Manutenção Produtiva Total (TPM), (8) Colaborador multi habilitado e (9) Fábrica focalizada. Cada um deles é brevemente apresentado a seguir.

##### 2.3.1.1.1 *Eliminação de desperdícios*

Desperdícios são atividades que não agregam valor à produção (CORRÊA, GIANESI, 2011). Para OHNO (1997), o passo preliminar para aplicação do STP é identificar completamente os desperdícios.

O Quadro 2 apresenta a classificação dos diferentes tipos de desperdícios (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010; OHNO, 1997).

**Quadro 2 - Desperdícios**

<b>Desperdício</b>	<b>Descrição</b>
Superprodução	Antecipada: Finalização de produção antes do prazo de entrega. Quantitativa: Produção de quantidades maiores que a necessária.
Tempo de espera	Compreende o tempo dispendido para fabricar estoques desnecessários e tempo de espera do processo.
Transporte	Movimentação de materiais no interior da fábrica.
Processamento	Operações desnecessárias no processo produtivo.
Estoque	Suprimentos ou produtos armazenados pela empresa.
Movimento	Movimentos desnecessários realizados pelo colaborador na execução de suas atividades. Produção de itens não conformes, que necessitam ser reprocessados ou descartados.

**Fonte: Adaptado de Fernandes e Godinho Filho (2010)**

A eliminação completa desses desperdícios poder aumentar a eficiência de uma operação, pois eleva a percentagem de trabalho para 100% ao cortar excessos de capacidade (OHNO, 1997).

#### *2.3.1.1.2 Envolvimento dos trabalhadores na tomada de decisão*

Atribuição de mais autonomia ao colaborador para que este possa ter mais responsabilidade pelo processo produtivo, trabalho em equipe e delegação de tarefas (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010).

#### *2.3.1.1.3 Gestão da qualidade total (TQM)*

A TQM é uma filosofia que compreende diversas ferramentas para que uma empresa possa utilizar a qualidade como diferencial competitivo (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010). Na TQM processos chaves devem ser identificados, controlados e melhorados continuamente a fim de melhorar resultados (IMAI, 2014).

#### *2.3.1.1.4 Recebimento just-in-time*

Relacionado à chegada de itens na empresa no momento em que serão utilizados para a produção (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010). Os fornecedores são considerados parte da equipe de produção, recebem instruções padronizadas e são solicitados a fazer entregas frequentes, *just-in-time*, para o próximo estágio da produção (RUSSOMANO, 2000).

#### 2.3.1.1.5 *Busca de melhorias*

Dentro da filosofia JIT existem dois tipos de melhorias: a incremental, (chamada de *kaizen*) e a radical. A melhoria incremental prega que a perfeição será alcançada através da melhoria contínua, a melhoria radical envolve um salto em direção à perfeição (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010).

#### 2.3.1.1.6 *Zero defeito*

Pelo fato de não ser permitida a superprodução no STP deve-se impedir totalmente a ocorrência de defeitos, pois causam confusão no processo de produção (SHINGO, 1996).

Erros e defeitos na filosofia JIT são vistos como uma fonte de informações para o aprimoramento contínuo, isso exige que o desempenho do sistema produtivo esteja visível a todos que podem contribuir de alguma forma (CORREA, GIANESI, 2011).

#### 2.3.1.1.7 *Manutenção Produtiva Total (TPM)*

Tem como objetivo eliminar a variabilidade de processos causada pela quebra não planejada de máquinas (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010). Desse modo, busca maximizar a eficiência dos equipamentos através de um sistema de manutenção preventiva (IMAI, 2014).

#### 2.3.1.1.8 *Colaborador multi-habilitado*

Treinamento dos colaboradores para desempenhar diversas funções, para que haja intercambialidade de funções (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010). Utilizando colaboradores flexíveis a linha de produção pode ser rebalanceada com maior facilidade, pois os colaboradores podem ser deslocados para pontos com sobrecarga de trabalho para que a linha possa operar de forma produtiva novamente (CORREA, GIANESI, 2011).

#### 2.3.1.1.9 *Fábricas focalizadas*

Utilização de pequenas fábricas focalizadas ao invés de grandes fábricas que produzem grande variedade de produtos (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010).

#### 2.3.1.2 Princípios do JIT diretamente relacionados ao PCP

Segundo Fernandes e Godinho Filho (2010) existem 5 princípios do JIT diretamente relacionados ao PCP, são eles (1) Manufatura celular, (2) Redução de tempo de *setup*, (3) Produção em fluxo unitário, (4) Produção nivelada e (5) *Kanban*. A seguir cada um deles é brevemente abordado.

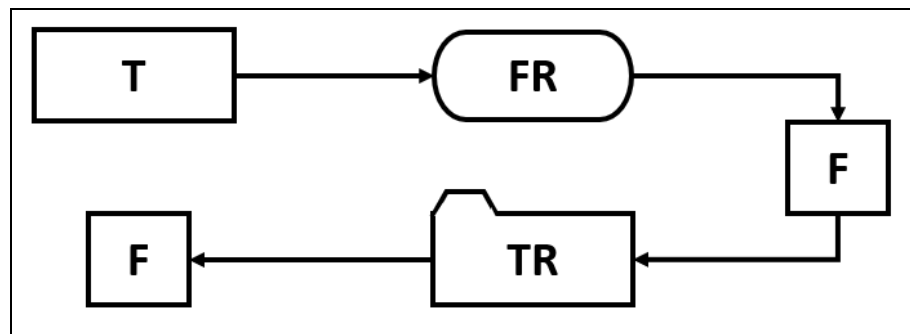
##### 2.3.1.2.1 *Manufatura celular*

No *layout* celular as máquinas são dispostas por famílias de peças. Ou seja, as células são seções de fabricação compostas por grupos de máquinas necessárias ao processamento de determinadas peças (RUSSOMANO, 2000).

A disposição dessas máquinas segue o roteiro de fabricação preferencial desta família de peças, para que vários elementos da mesma família possam ser processados somente em uma célula (CORREA, GIANESI, 2011; RUSSOMANO, 2000).

As células são frequentemente em formato de U (MOURA, 1989), a Figura 4 ilustra o *layout* em questão.

Figura 4 - Layout Celular



Fonte: Adaptado de Correa e Gianesi, (2011).

Entre as diversas vantagens do *layout* celular pode-se destacar: redução na movimentação de materiais, menores níveis de estoque de produtos em processo, redução de *lead-times* e menos trocas de ferramentas (CORREA, GIANESI, 2011; MOURA, 1989).

#### 2.3.1.2.2 Redução do tempo de *setup*

A redução do tempo de *setup* tem como objetivo trocar o ferramental ao passar de uma atividade para outra em um período menor que 10 minutos (MOURA, 1989).

O conceito de redução de tempo de *setup* é aprofundado no tópico 2.3.2.2.

#### 2.3.1.2.3 Produção em fluxo unitário

É uma técnica de produção onde a peça flui pela linha de máquinas de produção sem parar, do início ao fim. Também é conhecido como sistema de lote unitário (MOURA, 1989).

#### 2.3.1.2.4 Produção nivelada

A produção nivelada, ou "*heijunka*", é um dos fundamentos do Sistema Toyota de Produção, é uma ideia utilizada para alcançar a produção JIT (LEAN



INSTITUTE BRASIL, 2006).

Consiste em criar uma programação nivelada através do sequenciamento de pedidos em um padrão repetitivo, bem como nivelar variações diárias de todos os pedidos para atender à demanda no longo prazo (GHINATO, 2000).

O plano de produção deve ser nivelado em pequenas doses e de forma que o *mix* e volume de produção sejam constantes ao longo do tempo, pois o JIT “só é exequível se não existir o efeito onda na produção” (FERNANDES, GODINHO FILHO, p.210, 2010).

### 2.3.1.2.5 Kanban

*Kanban* significa “cartão”, tais cartões têm como finalidade autorizar a produção e movimentação de materiais (MOURA, 1989) dentro do processo produtivo. É um subsistema do JIT que, através de um marcador, controla a ordem dos trabalhos a serem realizados em um processo sequencial (MARTINS, LAUGENI, 2005).

A Figura 5 apresenta um modelo de *Kanban*.

**Figura 5 - Modelo de Kanban**

Hora da Entrega <b>10:30</b>	Área de Estocagem <b>A</b> <b>1-1</b>		Fábrica Central da Toyota Motors
 Fundação Ohashi	Número do Item <b>53018-60011</b>	Identificação	Montagem nº <b>2</b>
	Nome do Item <b>Linha de pressão do radiador</b>	Usado em FJ Carro tipo (I)	
Prateleira nº <b>1 - Embaixo</b>	<b>21</b>	Tipo de caixa <b>Especial</b>	<b>50</b>
	Capacidade da caixa <b>30</b>		
Kanban de pedido de peças			

Fonte: Ohno (1997, p.28)

O *Kanban* é um instrumento de controle de produção (MOURA, 1989). Nesse sistema a programação e movimentação de ordens de fabricação e materiais são comandadas através do uso de cartões onde a determinação da fabricação de uma nova ordem é ditada pelo consumo das peças realizado pelo processo

seguinte, restringindo o material em processamento (RUSSOMANO, 2000).

De modo geral, “*Kanban* são instruções colocadas num plástico transparente que, num olhar rápido, comunicam as informações necessárias na estação de Trabalho” (OHNO, 1997, p.10). O sistema mais difundido de *Kanban* utiliza dois cartões, denominados *Kanban* de produção e *Kanban* de transporte (CORRÊA; GIANESI, 1996).

O *Kanban* de produção dispara a produção de um pequeno lote de peças em um centro de produção, contém informações sobre o número e descrição da peça, tamanho do lote a ser produzido, centro de produção responsável e local de armazenagem. O *Kanban* de transporte autoriza a movimentação de peças do centro que a produz para o centro de produção que a utilizará, de modo geral contém as seguintes informações: número e descrição da peça, tamanho do lote de movimentação, centro de produção de origem e destino (CORRÊA; GIANESI, 1996).

Ohno (1997) enfatiza que existem 6 regras para utilização do sistema, a primeira delas é que o processo subsequente deve se dirigir ao processo precedente para buscar produtos quando for necessário; a segunda regra é que o processo precedente deve produzir apenas a quantidade retirada pelo processo precedente; a terceira regra proíbe a retirada de material, ou produção de mercadoria, sem um *Kanban*; a regra quatro aponta que todas as mercadorias devem ter *Kanbans* afixados; a quinta regra dita que todas as peças enviadas aos processos subsequentes devem ser 100% livres de defeitos, e por fim, a sexta regra pede a redução do número de *Kanbans*.

### 2.3.2 *Jidoka*

A palavra *Jidoka* significa automação (MONDEN, 1984). A automação compreende a utilização de máquinas que possuam capacidade de atuar de maneira autônoma frente a determinados problemas. Dessa forma é conferido às máquinas um toque humano, o que permite redução de operadores e/ou realocação em outras atividades (OHNO, 1997).

De acordo com MONDEN (1984), apesar da automação envolver níveis de automação nas máquinas ela é utilizada em conjunto com a operação manual. A automação permite detectar e corrigir defeitos de produção através de dispositivos

(*poka-yoke*), aliada a uma maior autonomia conferida aos colaboradores, que possuem liberdade para buscar soluções para anormalidades na produção.

A introdução de inteligência humana nas máquinas torna possível a separação entre trabalhador e máquina, essa noção, quando evolui para operações multimáquinas, ajuda a elevar a produtividade (SHINGO, 1996), pois “elimina a superprodução e evita a produção de produtos defeituosos” (OHNO, 1997, p.15).

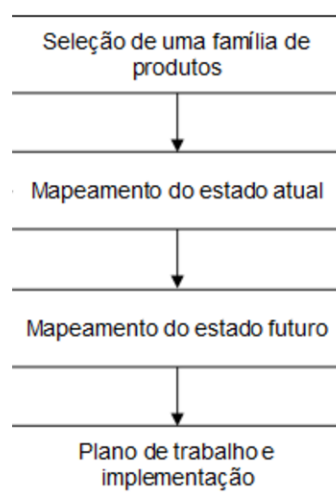
## 2.4 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR (MFV)

O MFV “é uma ferramenta que ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e de informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor” (ROTHER, SHOOK, p.4, 2003,). Mapear auxilia na identificação de fontes de desperdício, fornecendo um método comum para o tratamento de processos produtivos (TSENG et al., 1999).

O Mapeamento de fluxo de valor é um método criado a partir do “Mapeamento do Fluxo de Informação e Material” utilizado pelos praticantes do STP para retratar o estado atual e o futuro (ideal) no processo de desenvolvimento de planos de implementação de sistemas enxutos (ROTHER; SHOOK, 2003).

Para Rother e Shook (2003) existem 4 passos para aplicar o MFV, a Figura 6, a seguir, apresenta esses passos.

**Figura 6 - Fluxograma MFV**



**Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003)**

No presente trabalho serão abordados os passos 1 “Seleção da família de produtos”; 2 “Mapeamento do estado atual” a partir do qual serão identificados pontos de melhoria e será proposto o 3 “Mapeamento do estado futuro”. A seguir cada um dos passos é apresentado.

#### 2.4.1 Seleção de uma família de produtos

Um família de produtos é “um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento utilizam equipamentos comuns nos seus processos” (ROTHER; SHOOK, 2003).

Quando o *mix* de produtos é complexo pode-se utilizar uma matriz para facilitar a identificação de famílias de produtos (ROTHER; SHOOK, 2003). A Figura 7 apresenta um modelo de matriz.

**Figura 7 - Matriz para seleção de família de produtos**

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

Uma Família de Produtos

Fonte: Rother e Shook (2003,p.6).

No eixo Y são inseridos os produtos, no eixo X são inseridas as etapas de montagem/equipamentos. Produtos que utilizam as mesmas etapas de montagem/equipamentos são considerados uma família (ROTHER; SHOOK,

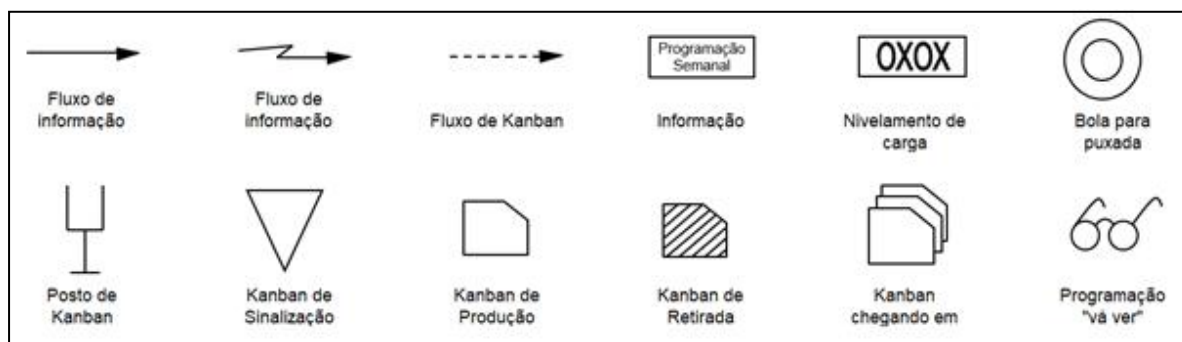
2003).

Para realizar o mapeamento da melhor maneira possível é necessário contactar o “gerente do fluxo de valor”, essa pessoa deve possuir o entendimento sobre o fluxo completo do material e da informação de um produto (ROOTHER; SHOOK, 2003).

#### 2.4.2 Mapeamento do estado atual

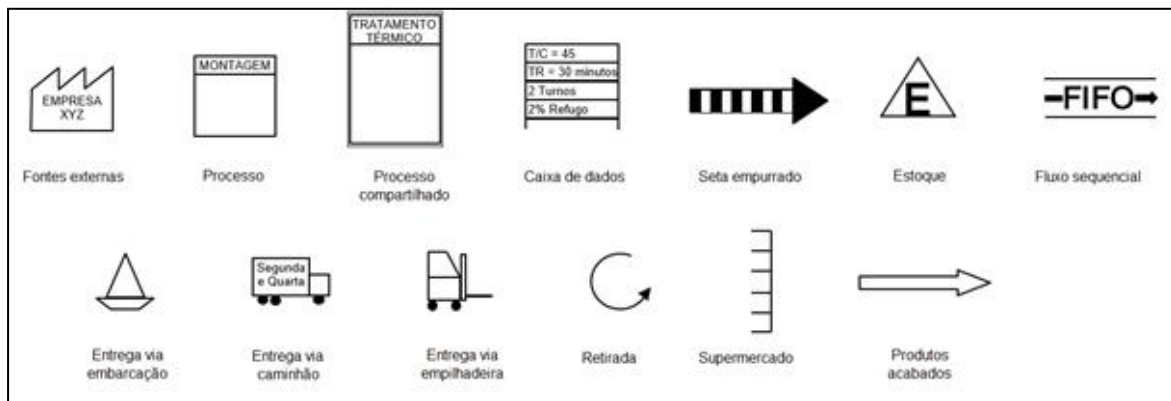
Para representar os processos e fluxos durante o mapeamento são utilizados um conjunto de símbolos, tais símbolos podem ser desenvolvidos de maneira particular. As Figuras 8,9 e 10 apresentam, segundo Rother e Shook (2003) alguns ícones utilizados para fluxo de materiais, fluxo de informações e ícones gerais, respectivamente.

**Figura 8 - Ícones para representação de fluxo de informações**



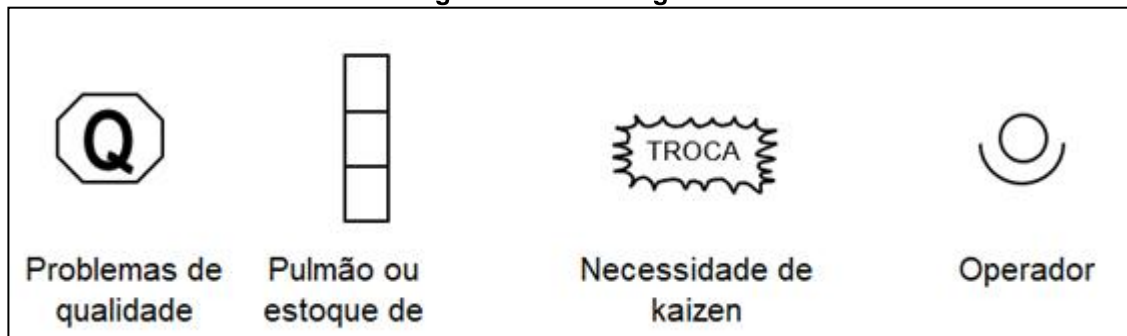
Fonte: Lean Institute (2020)

**Figura 9 - Ícones para representação de fluxo de materiais**



Fonte: Lean Institute (2020)

**Figura 10 - Ícones gerais**



Fonte: Lean Institute (2020)

O mapeamento inicia-se pela identificação das demandas do consumidor. Utilizando o símbolo “Fontes externas” e “Caixa de dados” deve-se informar as necessidades do cliente, como: consumo mensal, tamanho do lote e turnos de trabalho (ROTHER, SHOOK, 2003).

Em seguida deve-se desenhar os processos básicos de produção, utilizando o ícone “Processo”. Este ícone termina onde os processos são separados e o fluxo de material para (ROTHER, SHOOK, 2003). Nessa caixa de processo, existem alguns indicadores que podem ser apresentados, são eles:

- Tempo de ciclo: É o tempo necessário para execução completa de todas as operações de montagem de um produto, o tempo de ciclo (TC) comanda o ritmo do sistema puxado (MOURA, 1989). Quando o tempo de

ciclo é muito inferior ao takt time significa que há grandes chances do processo estar gerando excesso de produção (ROTHER; SHOOK, 2003). O takt time é o tempo que sincroniza a velocidade de produção à velocidade de demanda (FERNANDES, GODINHO FILHO, p.209, 2010), seu conceito é aprofundado no tópico 2.3.3.1. Segundo Ohno (1997), o TC é determinado pela quantidade necessária e o tempo da operação, como apresenta a equação 1.

$$TC = \text{HORAS DE OPERAÇÃO} / \text{QTD NECESSÁRIA POR DIA} \quad (1)$$

- Tempo de troca: Tempo de troca ou setup, corresponde ao intervalo de tempo decorrido entre duas corridas de produção (MOURA,1989), ou seja, é o tempo necessário para mudar a produção de um tipo de produto para outro (ROTHER, SHOOK, 2003). Na filosofia JIT os tempos de setup são vistos como desperdícios, portanto devem ser reduzidos (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010).
- Número de pessoas: Número de colaboradores necessários para operar o processo (ROTHER, SHOOK, 2003).
- Tempo de trabalho disponível: Tempo disponível por turno no processo (em segundos) excluindo tempo de descanso, reuniões entre outros (ROTHER, SHOOK, 2003). Ou seja, é o tempo operacional líquido que se tem para produzir, subtraindo-se todas as paradas programadas.
- Tempo de operação: É o tempo de operação efetiva da máquina (ROTHER, SHOOK, 2003).

Após elaboração do mapa do estado atual o próximo passo é a elaboração do mapa do estado futuro, apresentado a seguir.

### 2.4.3 Mapeamento do estado futuro

O objetivo do mapa futuro é eliminar fontes de desperdício identificadas no mapa atual, para tal é necessário que cada processo faça o que o processo seguinte necessita, na hora que necessita. Ou seja, é necessário estabelecer um fluxo regular, sem retornos, que gere o menor *lead time*, a maior qualidade e o menor custo (ROTHER, SHOOK, 2003).

Para elaborar o mapa do estado futuro é necessário seguir 6 passos: estabelecer o *takt time*, desenvolver fluxo contínuo, analisar a necessidade de utilizar supermercado, selecionar processo puxador, nivelar *mix* e volume de produção e desenvolver a habilidade do TPT (ROTHER, SHOOK, 2003).

A seguir cada um dos passos é explicitado.

#### 2.4.3.1 Takt time

O primeiro passo consiste em sincronizar a produção com o ritmo de vendas, essa frequência é determinada pelo *takt time*. O *takt time* é um número de referência que indica o ritmo no qual cada processo deve produzir de modo a atender à demanda (FERNANDES, GODINHO FILHO, 2010; ROTHER, SHOOK, 2003).

Segundo Rother e Shook (2003), o *takt time* pode ser estabelecido com base na Equação 2

$Takt\ time = \text{tempo de trabalho disponível por turno} / \text{demanda do cliente por turno} \quad (2)$

A demanda deve ser expressa em unidades. O resultado apresenta o intervalo de tempo no qual o cliente está comprando o produto, ou seja, peças/segundo.

#### 2.4.3.2 Desenvolvendo fluxo contínuo

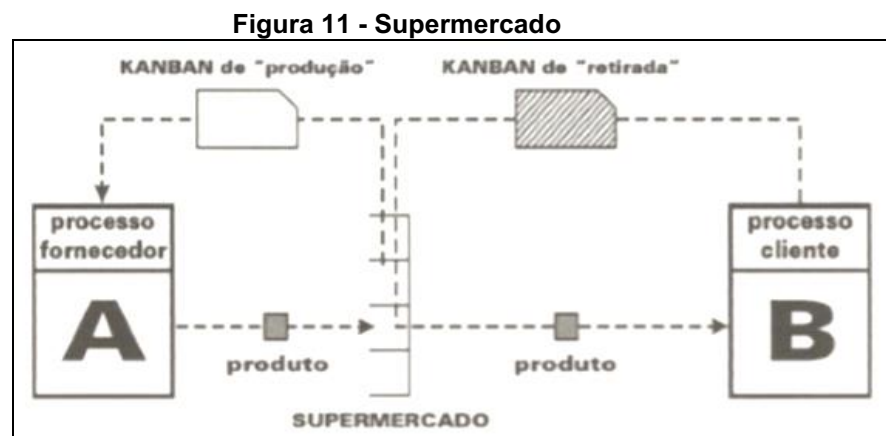
O fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item



sendo imediatamente passado de um estágio do processo para o seguinte sem nenhuma parada (ROTHER, SHOOK, 2003).

#### 2.4.3.3 Utilização de supermercado

Em locais onde estabelecer um fluxo contínuo não é possível deve-se utilizar um sistema puxado baseado em supermercados (ROTHER, SHOOK, 2003). A Figura 11 ilustra o sistema.



Fonte: Rother e Shook (2003)

Um *kanban* de produção dispara a produção de peças enquanto o de retirada instrui o movimento de materiais, o objetivo é ordenar a produção do processo anterior (fornecedor) sem tentar prever a demanda do posterior (cliente), desse modo quem programa o processo de produção é processo fornecedor (ROTHER, SHOOK, 2003).

Segundo Smalley (2020), o cálculo do supermercado pode ser efetuado através da equação 3, a seguir

$$\text{Supermercado} = \text{Estoque de ciclo} + \text{Estoque Pulmão} + \text{Estoque de segurança} \quad (3)$$

O estoque de ciclo é a parte do estoque responsável por atender o consumo médio normal, pode ser calculado através da equação 4, a seguir

$$\text{Estoque de Ciclo} = \text{Demanda média diária} \times \text{Lead time de reposição (dias)} \quad (4)$$

Onde:

- Demanda média diária: consumo diário do material estocado por parte do processo
- Lead time de reposição: se refere a cada quantos dias o supermercado é reabastecido pelo fornecedor.

Já o estoque pulmão é responsável por proteger a empresa das variações de consumo do processo, deve ser calculado em função do desvio padrão ( $\sigma$ ) do Consumo médio diário, conforme apresentado na equação 5, a seguir

$$\text{Estoque Pulmão} = (\text{Estoque de Ciclo}) \times \text{Desvio padrão (\%)} \quad (5)$$

Onde:

- Desvio padrão: deve estar representado em forma de percentual da demanda (isto é, percentual do estoque de ciclo).

Por sua vez, o estoque de segurança é uma quantidade de estoque que protege a empresa de falhas de abastecimento do fornecedor, pode ser calculado através da equação 6, a seguir.

$$\text{Estoque de Segurança} = (\text{Estoque de Ciclo} + \text{Estoque Pulmão}) \times \text{Nível de confiança do fornecedor} \quad (6)$$

Onde:

- Nível de confiança do fornecedor: pode ser calculado em função do número de entregas em atraso do fornecedor dividido pelo número total de entregas em um período.

Em casos nos quais não é factível manter um estoque em um supermercado é possível utilizar um FIFO (*first in, first out*) entre dois processos para substituir o supermercado e manter um fluxo entre eles (ROTHER, SHOOK, 2003). A linha FIFO permite armazenar uma quantidade limitada de estoque, se a linha encher o processo fornecedor deve parar de produzir até o cliente esgotar uma parcela do estoque (ROTHER, SHOOK, 2003).

#### 2.4.3.4 Seleção do processo puxador

Quando utiliza-se um sistema puxado com supermercado é necessário programar somente um ponto no fluxo de valor porta-a-porta, chamado de processo puxador (*pacemaker*) (ROTHER, SHOOK, 2003). A maneira como a produção é controlada no *pacemaker* define o ritmo para os processos anteriores (ROTHER, SHOOK, 2003).

A transferência de materiais do puxador até o produto acabado deve ocorrer em fluxo contínuo, por isso, frequentemente, o puxador é o processo de produção controlado pelos pedidos dos clientes externos (ROTHER, SHOOK, 2003).

#### 2.4.3.5 Nivelando *mix* e volume de produção

Flutuações no fluxo de produtos geram desperdícios de equipamento, operários, inventários, entre outros, pois exigem que a produção esteja sempre preparada para um pico. Quando determinado processo varia a retirada de peça em termos de tempo e quantidade a extensão dessas flutuações aumentará conforme forem avançando em direção aos processos anteriores (OHNO, 1997).

Desse modo, nivelar o *mix* de produção significa distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo, produzindo, alternadamente, lotes menores de diferentes produtos (ROTHER, SHOOK, 2003). Idealmente o nivelamento deve resultar em flutuação zero no último processo (OHNO, 1997).

Esse nivelamento permite responder a diferentes solicitações de clientes em “*lead times*” menores, mantendo baixos os níveis de estoque (ROTHER, SHOOK, 2003). Uma ferramenta utilizada para ajudar a nivelar tanto o *mix* quanto o volume de produção é o quadro de nivelamento de carga, denominado *heijunka box* (ROTHER, SHOOK, 2003).

#### 2.4.3.6 TPT

TPT significa “toda peça todo...”, descreve a frequência com a qual um

processo se modifica para produzir todas as variações de uma peça (ROTHER, SHOOK, 2003).

### 3 METODOLOGIA

Para Gerhardt e Silveira (2009), uma pesquisa pode ser classificada quanto à abordagem, quanto à natureza, quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos. O Quadro 3 apresenta a classificação da presente pesquisa.

<b>Classificação</b>	<b>Enquadramento</b>
<b>Abordagem</b>	Qualitativa e quantitativa
<b>Natureza</b>	Aplicada
<b>Objetivos</b>	Exploratória
<b>Procedimentos</b>	Estudo de caso

**Fonte: Autora (2020)**

A seguir cada um dos enquadramentos é explicitado.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À ABORDAGEM

Quanto à abordagem a presente pesquisa classifica-se como qualitativa e quantitativa.

Qualitativa pois busca a interpretação de fenômenos e a atribuição de significados, o que segundo Silva e Menezes (2005) caracteriza-se como pesquisa qualitativa. Esse tipo de pesquisa busca explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Quantitativa pois emprega técnicas para coleta de dados com a finalidade de traduzir em números determinadas informações, para que possam ser analisadas (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

#### 3.2 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À NATUREZA

Este trabalho se refere a uma pesquisa aplicada, definida por Silva e

Menezes (2005) como aquela que visa gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos. Marconi e Lakatos (2003) definem uma pesquisa aplicada como aquela que visa a aplicação de melhorias ao objeto ou ambiente estudado.

Para a elaboração do presente trabalho foram realizadas visitas na empresa em questão, com o objetivo de levantar informações sobre o processo produtivo, de modo que os resultados puderam se traduzir em contribuições para o objeto de estudo.

### 3.3 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS OBJETIVOS

Quanto aos objetivos a presente pesquisa classifica-se como exploratória, pois tem como finalidade de proporcionar visão geral acerca de determinado fato (GIL, 2002).

A pesquisa exploratória busca levantar informações sobre um determinado objeto, delimitando assim um campo de trabalho, mapeando as condições de manifestação desse objeto (SEVERINO, 2013).

### 3.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS PROCEDIMENTOS

A presente pesquisa, quanto aos procedimentos, classifica-se como estudo de caso.

Tal tipo de pesquisa concentra-se no estudo de um caso particular (SEVERINO, 2013), tem como objetivo “conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico” (FONSECA, 2002, p.33).

### 3.5 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA

A empresa na qual o estudo foi desenvolvido atua no ramo de ferramentas e possui mais de 100 anos de história, a empresa conta com operações em mais de

50 países. Sua missão é ser uma organização que contribui para a sociedade e para a satisfação dos clientes, através do fornecimento de ferramentas utilizadas para gerar bem estar e qualidade de vida.

Na fábrica brasileira, onde o presente estudo foi desenvolvido, são produzidas ferramentas a bateria, elétricas e a combustão que atendem a diversas áreas como: construção civil, indústria automotiva, marcenarias, marmorarias, jardinagem, agricultura, engenharia, dentre outras diversas áreas da indústria. Além de uma linha exclusiva para uso profissional.

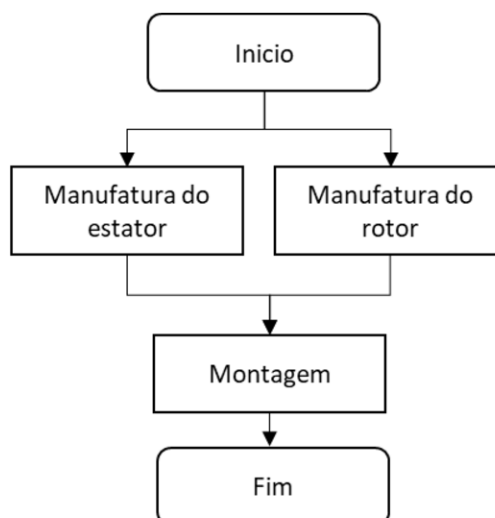
O presente trabalho foi desenvolvido para o fluxo de valor de uma das famílias de maior demanda da empresa, um modelo de furadeira de impacto

Na fábrica em questão são produzidos os rotores e estatores que compõem a ferramenta, todos os demais itens são oriundos de fornecedores externos. O rotor e o estator são os componentes principais de motores de corrente alternada.

O estator é basicamente um anel de metal com fendas que prendem as bobinas de fio isolado em um núcleo de aço. A corrente alternada passa então por esses fios para produzir um campo magnético rotativo (CITYSYSTEMS, 2020).

Já o rotor é uma haste, com uma pilha de barras condutoras uniformemente espaçadas no seu núcleo. Durante a operação, o núcleo do rotor interage com o campo magnético gerado pelos enrolamentos do estator, fazendo com que o rotor gire e produza torque (CITYSYSTEMS, 2020).

A Figura 12 apresenta o fluxograma do processo de produção da ferramenta.

**Figura 12 - Fluxograma do processo**

**Fonte: Autora (2020)**

Como pode-se perceber são produzidos na fábrica os rotores e estatores, tais itens são armazenados em estoque para, quando necessário, serem entregues na linha de montagem, juntamente com os demais itens oriundos de fornecedores externos, para montagem final da ferramenta.

O processo de produção do rotor, do estator e a montagem da ferramenta são detalhadamente apresentados no item 4.1

### 3.6 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

O método de coleta de dados ocorreu através da observação do processo *in loco*, coleta de dados históricos na base de dados da empresa e entrevistas (com os líderes das linhas estudadas e responsáveis do PCP e compras).

Os dados coletados dizem respeito a tempo de ciclo, tempo de *setup*, níveis de estoque, histórico de demanda e nível de confiança de fornecedores.

Para a análise e interpretação das informações coletadas foram utilizados os dados obtidos junto ao chão de fábrica e elaborados os mapas conforme modelo proposto por Rother e Shook (2003).

## 4 DESENVOLVIMENTO

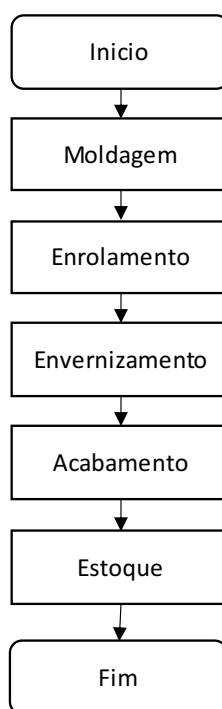
### 4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

Como apresentado no item 3.5 na fábrica são produzidos os estatores e rotores que compõem a ferramenta e é efetuada a montagem do produto. A seguir tais processos são descritos.

#### 4.1.1 *Processo produtivo do rotor*

O processo de produção do rotor é composto por 5 etapas, apresentadas na Figura 13.

**Figura 13 - Fluxograma de produção do rotor**

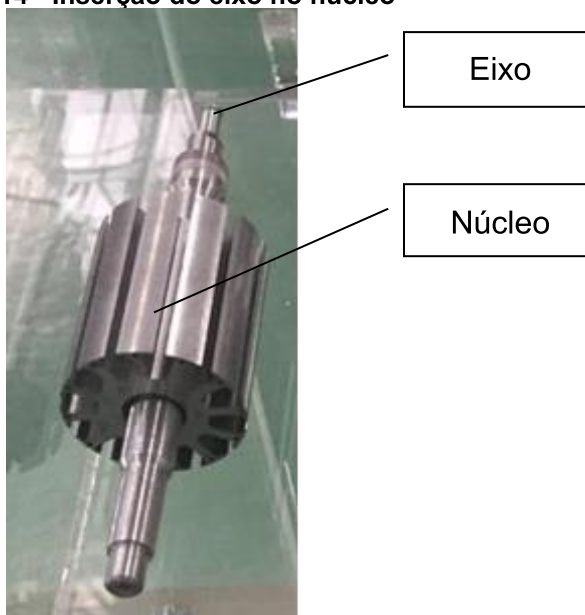


**Fonte: Autora (2020)**

O processo da moldagem é composto por 2 etapas, na primeira etapa ocorre a inserção do eixo no núcleo. A Figura 14 apresenta o conjunto resultante.



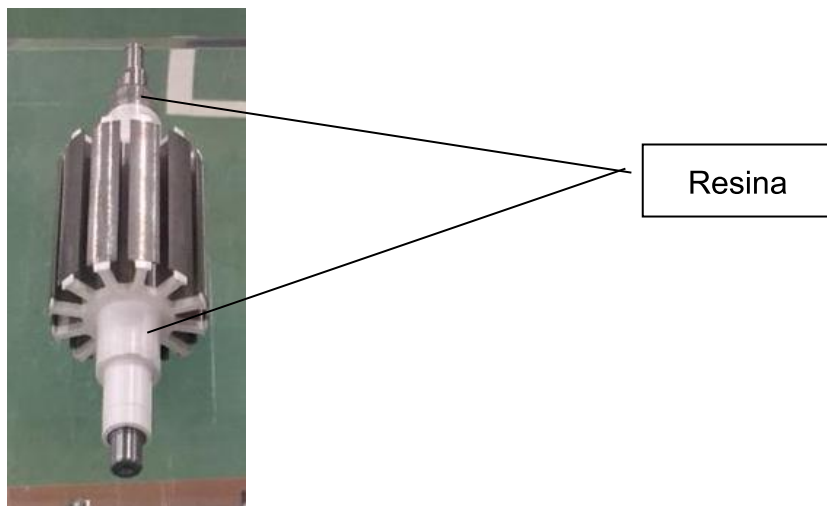
**Figura 14 - Inserção do eixo no núcleo**



Fonte: Autora (2020)

Na segunda etapa ocorre a adição de resina a fim de fixar o eixo no núcleo. A Figura 15 apresenta a saída do processo.

**Figura 15 - Saída do processo de moldagem**



Fonte: Autora (2020)

O processo seguinte é o enrolamento, composto por 5 etapas. A primeira etapa consiste na inserção de um papel isolante nas cavidades do núcleo, a Figura 16 apresenta o conjunto resultante.

**Figura 16 - Inserção do papel isolante**



Papel isolante

Fonte: Autora (2020)

Em seguida ocorre a segunda etapa, a prensagem do comutador, o conjunto resultante é apresentado na Figura 17.

**Figura 17 - Prensagem do comutador**



Comutador

Fonte: Autora (2020)

Nesse ponto o conjunto está pronto para passar pelo enrolamento, que

consiste na inserção do fio de cobre. O conjunto resultante é apresentado na Figura 18.

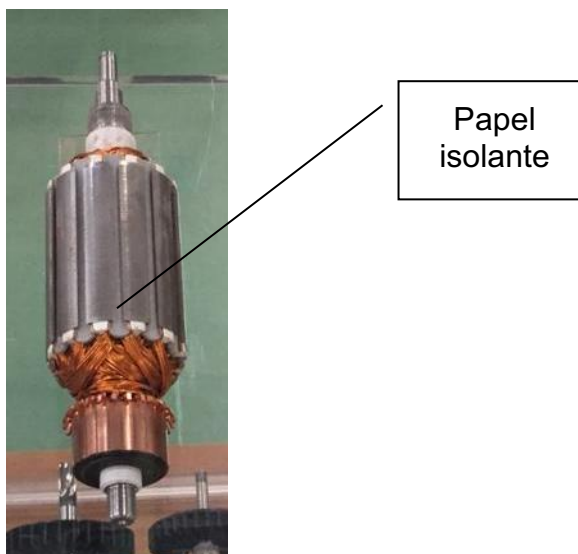
**Figura 18 - Enrolamento**



Enrolamento  
do fio de  
cobre

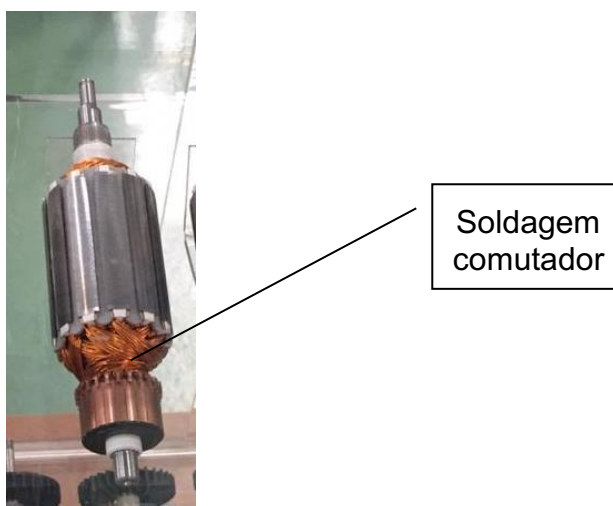
**Fonte: Autora (2020)**

Em seguida ocorre a quarta etapa, que consiste na inserção de um papel isolante, que visa selar as cavidades do núcleo, protegendo o fio de cobre. O conjunto resultante é apresentado na Figura 19.

**Figura 19 - Inserção papel isolante**

Fonte: Autora (2020)

Por fim o conjunto passa pela quinta e última etapa do processo de enrolamento, que consiste na soldagem do comutador, essa soldagem visa fechar os *tangs* do comutador, o conjunto resultante do processo de enrolamento é apresentado na Figura 20.

**Figura 20 - Saída do processo de enrolamento**

Fonte: Autora (2020)

Ao finalizar essa etapa o conjunto passa por um teste elétrico, e, se aprovado, segue para o envernizamento.

É no processo de envernizamento onde os enrolamentos de fio de cobre são isolados com a mistura de dois vernizes. Esse processo evita que possíveis fios

desgastados entrem em contato uns com os outros e também evita que os fios se soltem, ambas as circunstâncias, se ocorrerem, causam problemas elétricos na ferramenta. Após resfriado o conjunto segue para o acabamento. A saída do processo é apresentada na Figura 21.

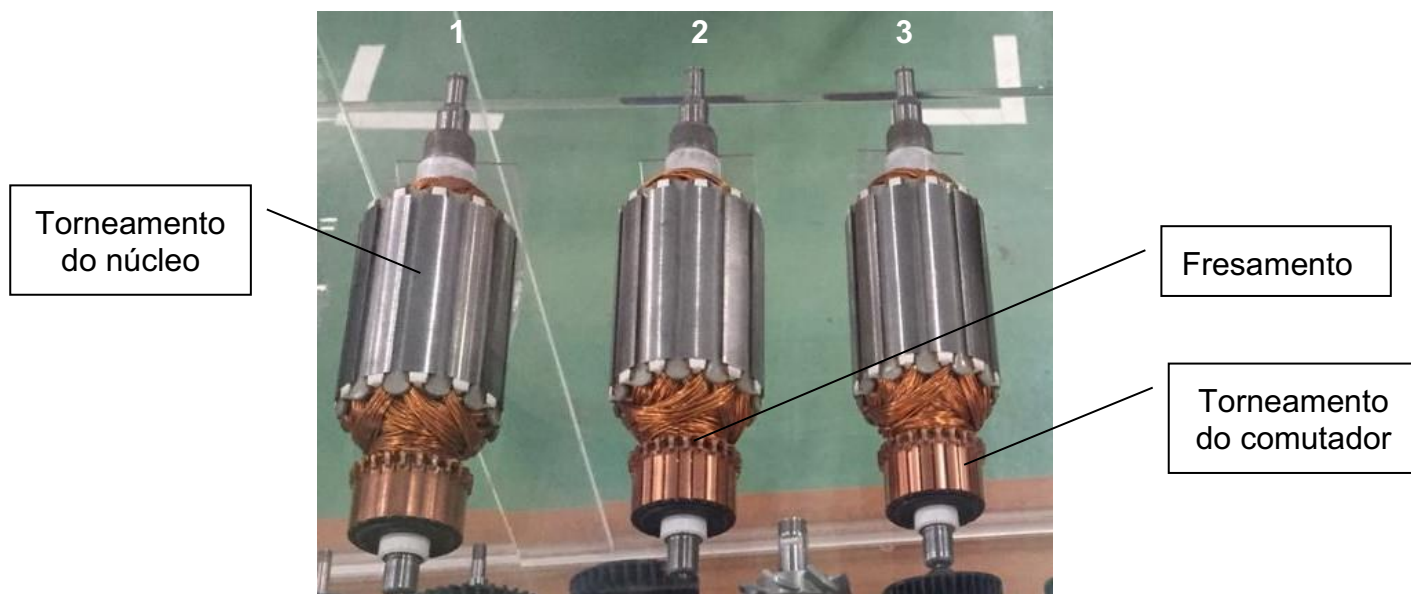
**Figura 21 - Saída do processo de envernizamento**



**Fonte: Autora (2020)**

A última etapa do processo de produção do rotor é o acabamento. Inicialmente, no acabamento ocorrem os processos de: (1) torneamento do núcleo; (2) fresamento do comutador e (3) torneamento do comutador. O processo de torneamento em questão tem por finalidade efetuar um desgaste no diâmetro do núcleo e do comutador até certa dimensão específica. Já o fresamento tem por finalidade produzir pequenos cortes retos paralelos no comutador.

A Figura 22 apresenta, respectivamente, da esquerda para direita, as saídas dos procedimentos descritos.

**Figura 22 - Torneamento e fresamento**

Fonte: Autora (2020)

Em seguida, o conjunto segue para a prensagem da ventoinha e balanceamento. A Figura 23 apresenta a saída do processo.

**Figura 23 - Prensagem da ventoinha e balanceamento**

Fonte: Autora (2020)

Ao fim do processo o conjunto passa ainda por um teste elétrico, caso aprovado, passa então pela gravação de um conjunto de caracteres para rastreamento da produção do rotor (nº da ordem de produção e voltagem). A saída do processo de acabamento é apresentada na Figura 24.

**Figura 24 - Saída do processo de acabamento**



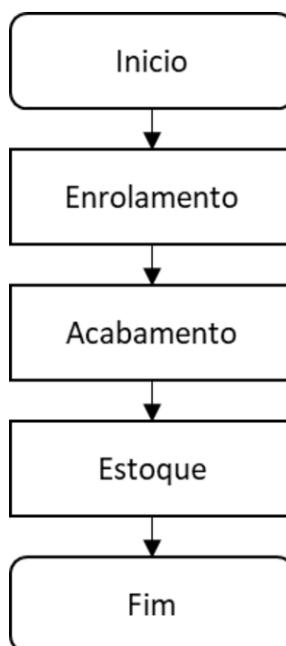
**Fonte: Autora (2020)**

Os rotores seguem então para o estoque, a fim de serem utilizados na etapa de montagem.

#### *4.1.2 Processo produtivo do estator*

O processo de produção do estator é composto por 2 etapas, apresentadas na Figura 25.

**Figura 25 - Fluxograma de produção do estator**



**Fonte: Autora (2020)**

O processo de enrolamento pode ser dividido em 3 etapas. A primeira etapa consiste na inserção do papel isolante no núcleo. A Figura 26 apresenta o conjunto de saída.

**Figura 26 - Inserção de papel isolante no núcleo**



Fonte: Autora (2020)

A segunda etapa consiste na prensagem do suporte do terminal, o conjunto de saída é apresentado na Figura 27.

**Figura 27 - Prensagem do suporte do terminal**



Fonte: Autora (2020)

Na terceira e última etapa ocorre o processo de enrolamento do fio de cobre. A saída do processo de enrolamento é apresentado na Figura 28.



**Figura 28 - Saída do processo de enrolamento**



**Fonte: Autora (2020)**

O processo seguinte é o acabamento. Nesse processo ocorre a inserção do terminal e o corte das sobras de fio oriundas do enrolamento. Tais procedimentos são apresentados na Figura 29.

**Figura 29 - Inserção dos terminais**



Terminal

**Fonte: Autora (2020)**

O conjunto passa então por um teste elétrico e gravação de um conjunto de caracteres para rastreamento da produção. A Figura 30 apresenta a saída do processo de acabamento.

**Figura 30 - Saída do processo de acabamento**



**Fonte: Autora (2020)**

Os estatores seguem então para o estoque, a fim de serem utilizados na etapa de montagem.

#### 4.1.3 Montagem

O processo de montagem recebe diariamente, do departamento de PCP, as ordens de produção que determinam os modelos e quantidades que devem ser montadas.

O processo de *picking* é responsável por efetuar a separação e entrega dos itens necessários à montagem da ferramenta, essa entrega ocorre em diferentes frequências durante o dia, dependendo da categoria da peça (S - pequena, M - média, L- grande ou X- extra grande). Sendo que quanto maior a categoria da peça, maior a frequência de entrega, para minimizar ocupação na linha.

Após a entrega de todos os itens necessários a montagem é iniciada. Primeiramente, através de prensas, são fixados as estruturas de rolamento e rotor.

Em seguida esse conjunto segue para a esteira, na qual é inserido na carcaça da ferramenta. Em seguida são inseridos os demais componentes (placas, estator, engrenagens, escova de carvão, mandril entre outros).

Após a montagem, a ferramenta passa por um teste final que tem por finalidade atestar níveis de ruído, vibração etc. Segue então para embalagem, inspeção e expedição.

A partir do mapeamento do fluxo dos processos foi possível classificar o sistema produtivo em questão, quanto ao grau de padronização a produção é padronizada; quanto ao fluxo é em linha; quanto ao ambiente de produção é MTS (*make to stock*) e quanto a natureza classifica-se como bens de consumo.

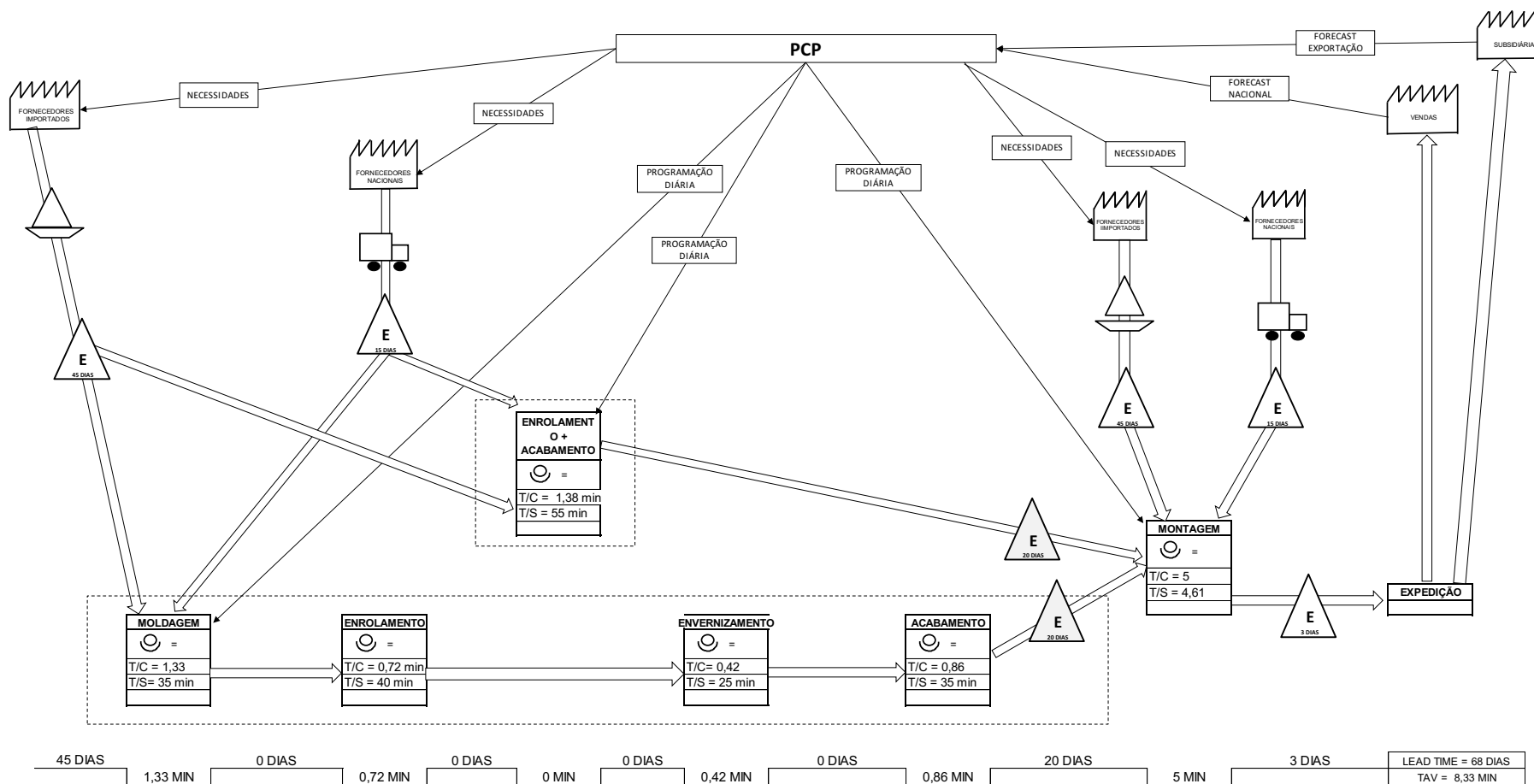
A partir das informações apresentadas foi elaborado o mapa de fluxo de valor do estado atual para a ferramenta escolhida, apresentado a seguir.

#### 4.2 MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL

Após percorrer a linha de produção, observar os processos e coletar os dados foi possível elaborar o Mapa do Fluxo de Valor para processo de produção da furadeira de impacto.

O mapa do estado atual, que seguiu o fluxo do produto escolhido desde o pedido até a entrega, pode ser observado na figura 31, a seguir.

Figura 31 - Mapa do fluxo atual



Fonte: Autora (2020)

Conforme apresentado na figura 33, o departamento de PCP recebe duas previsões de demanda para ferramentas, um de pedidos para o mercado nacional e um de pedidos para exportação. O departamento de vendas da empresa envia ao PCP o *forecast* de ferramentas para o mercado nacional, e cada subsidiária da empresa (situada em diferentes países) envia ao PCP o *forecast* de ferramentas para o mercado externo. Todos os *forecasts* recebidos abrangem uma previsão de demanda para um período de 7 meses.

Após aprovadas, essas previsões de demanda são inseridas no sistema. A partir dos níveis de estoque existentes, da saída de ferramentas, da entrada de matérias-primas, do lote mínimo do fornecedor e do *lead time* de entrega dos fornecedores o sistema calcula as necessidades de material. Com essas necessidades em mãos os responsáveis pelo planejamento de materiais liberam, postergam ou deletam as ordens de compra de matérias primas.

As matérias primas (MP) possuem duas origens distintas: nacionais e importadas, o *tempo de entrega* das MP (pedido até entrega) varia de acordo com o tipo de item, em média para itens nacionais é de 30 dias e para importados é de 90 dias. Levando em consideração esses e outros fatores as MP nacionais possuem um estoque de segurança de 15 dias e as importadas de 45 dias. Tais itens são recebidos pelo almoxarifado (área de recebimento), após conferência, e eventual inspeção, os itens são endereçados ao estoque.

Tanto manufatura quanto montagem recebem diariamente, do departamento de PCP, a programação para fabricação. Na área estudada da manufatura são produzidos rotores e estatores, conforme apresentado nas seções 4.1.1 e 4.2.2, respectivamente.

As necessidades de entrega de matéria prima para a manufatura são geradas manualmente (sistema empurrado), os responsáveis da própria manufatura efetuam a coleta, separação e distribuição dessa MP de acordo com a necessidade.

As células da manufatura não são dedicadas, pois produzem tanto rotores e estatores para fabricação do modelo estudado quanto para outros modelos de ferramentas. Tanto a célula de rotores quanto de estatores do modelo estudado são contínuas, não há estoque de meio de processo, o sistema funciona em fluxo unitário (*one piece flow*).

Ao finalizar a produção os itens são armazenados no estoque da própria

manufatura, os rotores são armazenados em recipientes com 30 itens cada e os estatores em recipientes com 72 itens cada. O estoque da manufatura é então responsável por abastecer as linhas de montagem com rotores e estatores.

As necessidades de entrega de matéria prima para a montagem são geradas pelo sistema ERP da empresa (sistema puxado), a frequência dessas entregas depende da categoria dos itens, sendo que quanto maior o item maior a frequência de entrega. O responsável por efetuar a separação, coleta e entrega dessa MP é a área de *picking* do almoxarifado.

Ao receber os itens a montagem inicia a produção das ferramentas, também em fluxo contínuo e unitário, conforme descrito no item 4.1.2. Após finalizar a montagem, o *pallet* pode passar pela inspeção ou ir diretamente para a expedição, a inspeção é efetuada em ciclos definidos que, após aprovadas, são enviadas para a expedição.

Os padrões definidos pela empresa são de que um mês tem 20 dias de trabalho, sendo que a manufatura funciona em dois turnos e a montagem em um turno. A família abordada neste mapeamento tem em média uma demanda de 11.934 produtos por mês, porém esta demanda varia em razão de alterações no volume de vendas.

O *lead time* para entrega dos produtos acabados totalizou em 68 dias, processo que mais contribui para esse resultado é o grande *lead time* necessário para entrega de matéria-prima importada. O tempo de agregação de valor (TAV), ou seja, o tempo efetivo de transformação do produto, totalizou em 8,33 minutos, o processo que mais contribui para esse TAV é a montagem.

#### 4.3 MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO

Após análise do mapa atual foram identificadas duas oportunidades de melhoria: implementação de supermercados e consequente transformação do processo de fabricação de empurrado para puxado. A implementação de supermercados absorve variações da demanda, permitem redução de quantidade de estoques e do *lead time* de produção.

Para dimensionar o supermercado aplicou-se a equação 3, apresentada no tópico 2.4.3.3.

A fim de estabelecer o estoque de ciclo, conforme equação 4, primeiramente foram coletados dados históricos referentes à demanda da ferramenta estudada, os resultados obtidos são apresentados na tabela 1, a seguir.

**Tabela 1 - Demanda média**

Mês	Dias úteis	Demanda mensal	Demanda diária
1	20	10.596	530
2	21	9.432	449
3	20	10.452	523
4	20	11.520	576
5	23	14.796	643
6	19	12.540	660
7	22	16.375	744
8	19	13.576	715
9	15	6.513	434
10	19	14.427	759
11	20	11.714	586
12	19	11.858	624

Fonte: Autora (2021)

Em posse dos dados apresentados na tabela 1, considerando uma média de 20 dias úteis em cada mês, a demanda média diária da ferramenta é de 604 unidades/dia. Essa demanda será considerada para cálculos dos estoques de todos os processos, conforme apresenta tabela 2, já que o trabalho em questão é baseado apenas nas necessidades da ferramenta acabada, saída do processo de montagem. Desse modo, não foi desconsiderada a demanda de itens extras que são produzidos na manufatura para atender demanda de peças de reposição destinadas, por exemplo, à assistência técnica.

Para calcular o estoque de ciclo da montagem foi considerado um *lead time* de reposição de 1 dia (programação diária), e demanda de 604 unidades/dia, a partir da aplicação da equação 4 o estoque de ciclo resultante para a montagem foi de 604 ferramentas.

Para calcular o estoque de ciclo das células de rotores e estatores da manufatura a demanda média diária considerada foi de também 604 unidades/dia, e *lead time* de reposição 1 dia, resultando em um estoque de ciclo de 604 unidades.

Para matéria prima nacional, o primeiro passo foi calcular o *lead time* de reposição, esse dado foi calculado com base na média do intervalo de dias entre a

chegada de todos os componentes de fornecedores nacionais necessários à montagem da ferramenta estudada (mais de 100 componentes), resultando em uma média de 3 dias de intervalo entre a chegada de um item e outro.

Desse modo, em posse dos dados da demanda média diária de 604 itens, com *lead time* médio de reposição de 3 dias o estoque de ciclo resultante foi de 1.812 unidades.

Para matéria prima importada, o primeiro passo foi calcular o *lead time* de reposição, esse dado foi calculado com base na média do intervalo de dias entre a chegada de todos os componentes de fornecedores internacionais necessários à montagem da ferramenta estudada (mais de 100 componentes), resultando em uma média de 9 dias de intervalo entre a chegada de um item e outro

Desse modo, em posse da demanda média diária de 604 itens, com *lead time* de reposição de 9 dias, o estoque de ciclo resultante foi de 5.213 unidades. O resumo dos dados pode ser observado na tabela 2, a seguir.

**Tabela 2 - Estoque de ciclo**

	<b>Demanda média diária (un)</b>	<b>Lead time de reposição (dias)</b>	<b>Estoque ciclo (un/dia)</b>
MP nacional	604	3	1812
MP importada	604	9	5213
Manufaturados	604	1	604
Montados	604	1	604

**Fonte: Autora (2021).**

O estoque pulmão foi calculado conforme apresentado na equação 5. O desvio padrão foi calculado a partir da variabilidade da produção (tabela 1), resultando em 107,52 desvios padrão. Para calcular o estoque pulmão foram considerados 2 desvios padrão, o resultado (em unidades) é apresentado na tabela 3, a seguir.



**Tabela 3 - Estoque pulmão**

	<b>Estoque pulmão</b>
MP nacional	495
MP importada	1798
Manufaturados	215
Montados	215

**Fonte: Autora (2021).**

Por sua vez, o estoque de segurança foi calculado conforme equação 6, para cada estoque foram considerados diferentes percentuais de níveis de confiança, conforme apresenta tabela 4, a seguir.

**Tabela 4 - Níveis de confiança**

<b>Categoria</b>	<b>Nível de confiança</b>
Matéria prima nacional	11%
Matéria prima importada	0%
Manufaturados	1%
Montados	0%

**Fonte: Autora (2021).**

O nível de confiança das matérias primas nacionais foi estabelecido com base em uma média de um indicador de avaliação de fornecedores já utilizado pela empresa. Esse indicador avalia os fornecedores em 3 esferas: qualidade do produto, custo e confiabilidade da entrega.

O nível de confiança das matérias primas importadas foi considerado 0% pois são fornecedores globais da empresa, o indicador utilizado não se aplica a fornecedores internacionais, pois considera-se que os mesmos apresentam alta confiabilidade nas entregas.

O nível de confiança dos componentes manufaturados foi estabelecido com base na média de rotores e estatores não conformes que são encontrados no processo da montagem, os quais não podem ser retrabalhados e precisam ser descartados. O nível de confiança do produto montado (acabado) é de 0% pois, como todas as ferramentas passam por um teste antes da embalagem, nenhum item não conforme segue para embalagem e expedição.

Os estoques de segurança resultantes, em unidades, podem ser observados na tabela 5, a seguir.

**Tabela 5 - Estoque de segurança**

	<b>Estoque de segurança</b>
MP nacional	121
MP importada	0
Manufaturados	10
Montados	0

**Fonte: Autora (2021).**

Em posse dos dados de estoque de ciclo, do estoque pulmão e dos estoques de segurança foi aplicada a equação 3, apresentada no tópico 2.4.3.3, para dimensionar cada supermercado. Os supermercados resultantes, em unidades e em dias, podem ser observados na tabela 6, a seguir.

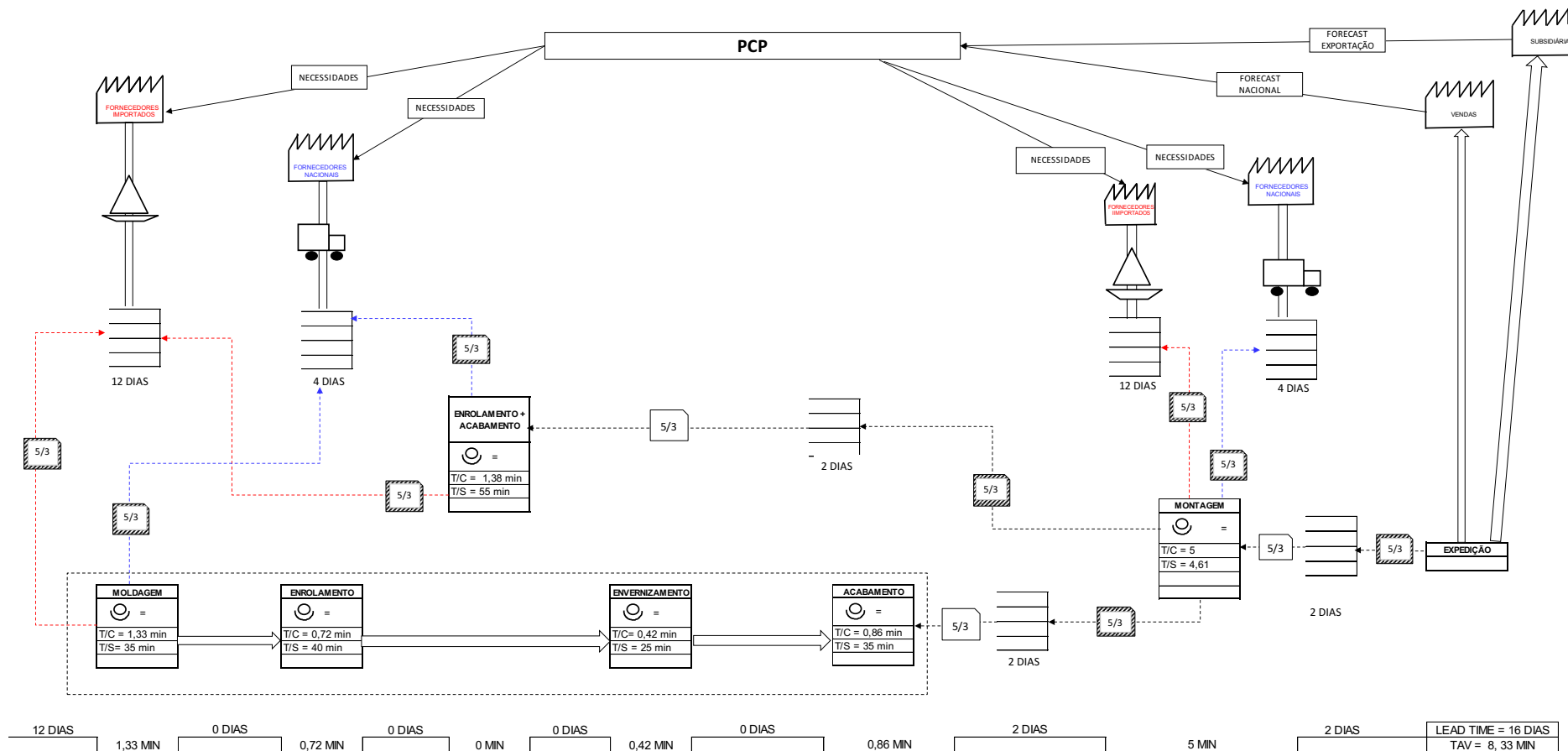
**Tabela 6 – Supermercados**

	<b>Supermercado (unidades)</b>	<b>Supermercado (dias)</b>
MP nacional	2004	4
MP importada	6844	12
Manufaturados	828	2
Montados	819	2

**Fonte: Autora (2021).**

Desse modo o mapa do estado futuro é apresentado na figura 34, a seguir.

Figura 32 - Mapa do estado futuro



Fonte: Autora (2021)

O mapa do estado futuro focou na redução de estoques de matérias primas e produtos acabados, pode-se perceber que, com aplicação dos supermercados, o estoque de matérias primas importadas foi reduzido de 45 para 12 dias, já o estoque de matérias primas nacionais foi reduzido de 15 para 4 dias.

Foram acrescentados *kanbans* de produção e de retirada para controlar o processo produtivo, cada *kanban* pode ter dois tamanhos distintos, 3 ou 5 unidades, conforme padrão utilizado pela empresa. O cartão de 3 unidades é utilizado para produção de ferramentas que são acondicionadas em maletas, o cartão de 5 unidades é utilizado para produção de ferramentas que não acompanham maletas.

Desse modo, o *lead time* de produção foi reduzido de 68 dias para 16 dias, uma redução de 76,47%, o que significa que o giro de estoque é maior e o desperdício de estoque entre os processos foi reduzido. O tempo de agregação de valor não apresentou alteração, permanecendo em 8,33 minutos.

Desse modo, conforme Rother e Shook apresentam, o mapeamento do fluxo futuro apresenta fluxo contínuo dentro da montagem e da manufatura; não há estoque de meio de processo e há utilização de supermercados.

## 5. CONCLUSÃO

Conforme proposto, o processo produtivo selecionado foi estudado e, através da aplicação do mapeamento de fluxo de valor, foram identificadas oportunidades de melhoria, como transformação do processo de empurrado para puxado, implementação de supermercados e acréscimo de *kanbans*.

A aplicação do mapeamento de fluxo de valor gerou uma redução de *lead time* expressiva, através da qual podem-se reduzir custos relacionados à estocagem de material, otimizar os processos e aumentar a satisfação dos clientes, já que o *lead time* apresentou uma redução de 76,47%.

Os supermercados implementados permitem amenizar o efeito chicote, pois permitem que os processos trabalhem de maneira mais estável, respondendo de maneira mais eficiente a variações de demanda.

Entretanto, a aplicação do mapeamento depende grandemente da disponibilidade e capacidade dos fornecedores, já que a maioria dos itens necessários à montagem da ferramenta são comprados. Os fornecedores desses itens, por sua vez, possuem lotes mínimos de compra que podem impactar negativamente na aplicação do mapa.

Associado a esses pontos existem também outros fatores que geram impacto na aplicação do mapeamento, para elaborar o mapa foram considerados valores médios de *lead time*, demandas e de intervalos de entregas, de modo que alguns supermercados podem estar super ou subdimensionados para determinados componentes.

Vale ressaltar que flutuações de mercado também apresentam grande impacto à aplicação do mapeamento, de modo que os supermercados calculados podem não apresentar capacidade suficiente para atender às demandas ou apresentar estoque acima do necessário.

## REFERÊNCIAS

CORRÊA, L.; GIANESI, I.G.N. **Just in Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. 2.ed.São Paulo: Atlas: 2011.

CORREIA, K.S.A.; LEAL, F.; ALMEIDA, D.A. **Mapeamento de Processo: Uma abordagem para análise de processo de negócio XXII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba PR, 2002**. Disponível em : [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002\\_TR10\\_0451.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR10_0451.pdf). Acesso em 13 de março de 2020.

CITYSYSTEMS 2020. **Você sabe quais os tipos de Motor Elétrico CA e como Especificar?** Disponível em <<https://www.citisystems.com.br/motor-eletrico/>>. Acesso em 15 de Fevereiro de 2020.

FERNANDES, F.C.; GODINHO FILHO, M. **“Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial”**. São Paulo: Atlas, 2010

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila

GERHARDT, T.E.; SILVEIRA, D.T. **Métodos de pesquisa**. 1.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GHINATO, P. **Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. In: **Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações**. 1 Ed.: Almeida & Souza, 2000.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HARDING, H.A. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1981.

IMAI, MASAOKI. **Gemba Kaizen: A commonsense approach to a continuous improvment strategy**. 2.ed. São Paulo: Bookman, 2014.

JASTI, N. K. V.; SHARMA, A. (2014), "**Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool: a case study from auto components industry**", International Journal Of Lean Six Sigma, vol. 5, no. 1, pp. 89-116.

LEAN INSTITUTE BRASIL, 2006. **Sobre o Nivelamento (Heijunka)**. Disponível em: <[https://www.lean.org.br/artigos/109/sobre-o-nivelamento-\(heijunka\).aspx](https://www.lean.org.br/artigos/109/sobre-o-nivelamento-(heijunka).aspx)>. Acesso em: 02 de Fevereiro de 2020.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão da maior fabricante do mundo**.1 Porto Alegre: Bookman, 2005

LUSTOSA, L.J et al. "**Planejamento e controle da produção**". Elsevier Brasil, 2008.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARODIN, G.A.; SAURIN, T. A. (2013), "**Impl/ementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies**". International Journal of Production Research, Vol. 51, No. 22, pp. 6663-6680.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. **Administração da produção**. 2.ed.rev. São Paulo: Saraiva, 2005.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**. 1 Ed.São Paulo: Imam, 1984.

MOURA, R.A. **Kanban: a simplicidade do controle de produção**. 1.ed. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, IMAM, 1989.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**.1.ed. São Paulo: Bookman,1997.

RIGGS, J.L. **Production Systems: Planning, Analysis and Control**. John Wiley & Sons, 1970

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdícios**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1998.

RUSSOMANO, V.H. **PCP: Planejamento e Controle da Produção**. 6.ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do trabalho científico**. 1.ed. São Paulo: Cortez, 2013.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, E.L. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4.ed.rev. Florianópolis: UFCS, 2005.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SMALLEY, Art. **Criando o Sistema Puxado Nivelado**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2020.

TSENG, M.M.; QINHAI, M.; SU, C. **Mapping customer's service experience for operations improvement**. Business Process Management Journal, vol.5, n.1, p.50-64. 1999.

TUBINO, D.F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2009.