



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

Aline Cristina Schmitt

**A aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor para aumentar a produtividade
em uma linha de produção de blocos hidráulicos sob encomenda.**

Florianópolis
2023

Aline Cristina Schmitt

A aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor para aumentar a produtividade em uma linha de produção de blocos hidráulicos sob encomenda.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia de Produção Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Civil com habilitação em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Caroline Rodrigues Vaz

Florianópolis

2023

Cristina Schmitt, Aline

A aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor para aumentar a produtividade em uma linha de produção de blocos hidráulicos sob encomenda / Aline Cristina Schmitt ; orientadora, Caroline Rodrigues Vaz, 2023.

113 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia de Produção Civil, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção Civil. 2. Inclui Referências . 3. Mapeamento do Fluxo de Valor. 4. Blocos hidráulicos sob Encomenda. 5. Aumento de Produtividade. I. Rodrigues Vaz, Caroline. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Produção Civil. III. Título.

Aline Cristina Schmitt

A aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor para aumentar a produtividade em uma linha de produção de blocos hidráulicos sob encomenda.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheira Civil com Habilitação em Engenharia de Produção e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia de Produção Civil.

Florianópolis, 27 de novembro de 2023

Insira neste espaço
a assinatura

Coordenação do Curso

Profa. Dra. Mônica Maria Mendes Luna

Banca examinadora

Insira neste espaço
a assinatura

Orientadora

Profa. Dra. Caroline Rodrigues Vaz

Florianópolis, 2023

Dedico este trabalho às mulheres que lutaram e ainda lutam para conquistar espaço na engenharia, no mercado de trabalho e, principalmente, na liderança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço de todo o meu coração aos meus pais, Elígio e Andréia, pelo apoio em todas as minhas decisões, e pelo suporte que sempre me deram para que eu siga os meus sonhos. Às minhas irmãs, Beatriz e Isadora, agradeço o companheirismo e a parceria de sempre.

Sou imensamente grata à UFSC pelos aprendizados, dentro e fora de sala de aula, e pelas oportunidades que me transformaram na profissional e na pessoa que sou hoje. Foi durante meu período na universidade que vivi momentos intensos, conheci pessoas excepcionais e criei lembranças que guardarei para a vida. Feliz por ter experimentado a educação pública e de qualidade, e eu espero que as próximas gerações possam ter pelo menos um pouco do que eu pude aproveitar.

Agradeço às entidades estudantis das quais fiz parte: CALIPRO, EJET e GLean. À EJET, onde eu tive o meu primeiro contato com o meio profissional, pela oportunidade de experimentar a Engenharia de Produção e descobrir qual o caminho que eu gostaria de seguir. Ao CALIPRO, por me fazer enxergar o mundo através de uma lente diferente. E, principalmente, ao GLean, por todo conhecimento adquirido, pelas oportunidades incríveis de projeto e por me fazer conhecer pessoas inspiradoras. Vocês são grandiosos! Aprendi com todos, admiro cada um e sinto muito orgulho em ter feito parte disso tudo.

Agradeço às minhas amigas de Floripa, Duda, Maria, Bibi, Mimi, Cássia, Milena e Mabi, por estarem comigo há anos e nada mudar. Agradeço aos meus amigos da universidade, em especial, ao Piscininha, à Ana e à Lê pelos momentos de resenha e pelas dificuldades que enfrentamos juntos. Agradeço à Esther, por ser uma inspiração como pessoa e profissional. À Amanda, meu exemplo de dedicação e liderança. Ao Giordano, por compartilhar os surtos com o TCC e ser o melhor *roommate* que eu poderia ter. Agradeço também ao Gabriel, por ser esse parceiro incrível, que se faz presente nos momentos mais difíceis e por partilhar a vida boa comigo.

Agradeço aos professores que contribuíram de maneira essencial para a minha formação. Em especial, à minha orientadora, Dra. Caroline Vaz, pelas boas conversas, disponibilidade, direcionamentos e apoio durante a realização deste trabalho, a senhora é um exemplo de como o aprendizado pode ser leve e prazeroso.

Agradeço a todos, que direta ou indiretamente, colaboraram para a realização desta monografia.

“O jeito mais eficiente de fazer algo
é fazendo”.

(Amelia Earhart)

RESUMO

A transformação do perfil do consumidor contemporâneo e a competitividade do mercado estão impulsionando a necessidade de diversificação de produtos em empresas de diferentes setores. No setor industrial, fabricar uma ampla gama de produtos requer um foco em desenvolver processos eficientes e reduzir desperdícios. Nesse contexto, o MFV, Mapeamento de Fluxo de Valor, é uma das ferramentas do *Lean Manufacturing* que se destaca por desenhar os fluxos existentes em uma cadeia produtiva, facilitando a identificação de desperdícios e a promoção de melhorias nos processos. O objetivo central desse trabalho é analisar a aplicação da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor para aumento de produtividade em uma linha de produção de blocos hidráulicos sob encomenda. Portanto, para a presente pesquisa, é considerado as características dos sistemas de produção sob encomenda, a alta variedade e o baixo volume de produtos, a fim de adaptar e aplicar a ferramenta do MFV em um estudo de caso de uma empresa de blocos hidráulicos. Como resultado, a implementação da metodologia do Mapeamento de Fluxo de Valor obteve uma proposta para aumento de produtividade do sistema com a redução em 86,62% no *lead time* de fabricação e entrega de blocos hidráulicos sob encomenda, além do aumento na taxa de agregação de valor para o cliente em 440.91%. Desse modo, este trabalho comprova que é possível implementar a manufatura enxuta em ambientes produtivos complexos e ainda, contribui para a difusão de ideias e conhecimentos que possam servir de inspiração para empresas que buscam aumentar sua produtividade e melhorar os seus resultados.

Palavras-chave: Mapeamento do Fluxo de Valor, Blocos hidráulicos sob Encomenda, Aumento de Produtividade.

ABSTRACT

The transformation of the contemporary consumer profile and market competitiveness are driving the need of product diversification in companies across various sectors. In the industrial sector and manufacturing, a wide range of products require focus on developing efficient processes and reducing waste. In this context, VSM, Value Stream Mapping, is one of the tools of Lean Manufacturing that stands out for mapping the existing flows in a production chain, facilitating the identification of waste and promoting process improvements. The main objective of this project is to analyze the application of the Value Stream Mapping to increase productivity in a custom hydraulic block production line. Therefore, in the present research, it considers the characteristics of custom production systems, high variety and low product volume, in order to adapt and apply the VSM in a research case of a hydraulic block company. As a result, the implementation of the Value Stream Mapping methodology achieved a proposed 86.62% reduction of the manufacturing lead time and delivering custom hydraulic blocks, as well as an increase in the value-added rate for the customer by 440.91%. This way, this work proves that it is possible to implement lean manufacturing in complex production environments and, furthermore, it contributes to the dissemination of ideas and knowledge that can serve as inspiration for companies seeking to increase their productivity and improve their results.

Keywords: Value Stream Mapping, Make-to-order Hydraulic Blocks, Productivity Increase.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A casa do Sistema Toyota de Produção	26
Figura 2 - Os 5 princípios do <i>Lean</i>	28
Figura 3 - Representação do Mura, Muri e Muda	32
Figura 4 - As ferramentas do <i>Lean</i>	33
Figura 5 - Exemplo de mapa do estado atual na manufatura	36
Figura 6 - Ícones para a elaboração o do MFV	37
Figura 7 - Etapas para construção do MFV	40
Figura 8 - Método da matriz para classificação em famílias de produtos	41
Figura 9 - Relação entre produtos e etapas da produção Método 80/30	42
Figura 10 - Relação elementos de trabalho por etapas da produção	43
Figura 11 - Classificação por rotas método <i>Family Likeness</i>	44
Figura 12 - Exemplo de aplicação do Método <i>Family Likeness</i>	45
Figura 13 - Exemplo de mapa do estado atual	47
Figura 14 - Exemplo de mapa do estado futuro	49
Figura 15 - Tipos de classificação e características dos sistemas produtivos	50
Figura 16 - Lead time dos clientes e localização dos estoques	52
Figura 17 - Arranjo físico conforme variedade e volume de produtos	54
Figura 18 - Capacidade <i>takt</i> e a demanda do cliente	55
Figura 19 - Enquadramento metodológico da pesquisa	56
Figura 20 - Estrutura para aplicação do estudo de caso	58
Figura 21 - Exemplo de um bloco hidráulico <i>manifold</i>	61
Figura 22 - Demanda de blocos hidráulicos <i>manifolds</i>	62
Figura 23 - Fluxograma dos processos de fabricação dos blocos manifolds	67
Figura 24 - As possibilidades de rotas dos blocos hidráulicos	68
Figura 25 - A seleção da família de produtos dos blocos	69
Figura 26 - Layout da planta da empresa	71
Figura 27 - Layout da área industrial dos blocos de alumínio	73
Figura 28 - Mapa do estado atual de blocos de alumínio	75
Figura 29 - Execução do processo de rebarbagem na empresa	80
Figura 30 - Explosões <i>Kaizen</i> ao longo da produção de blocos	83
Figura 31 - Mapa do estado futuro 2023	88
Figura 32 - Mapa do estado futuro 2024	89
Figura 33 - Mapa do estado futuro idealizado	90

Figura 34 - Melhoria no posto de rebarbagem	96
Figura 35 - Exemplo de matriz de polivalência.....	100
Figura 36 - Árvore de Problemas	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critérios dos produtos que influenciam na fabricação.....	44
Quadro 2 - Comparativo entre sistemas de produção.....	53
Quadro 3 - As características dos blocos hidráulicos.....	68
Quadro 4 - Os desperdícios na produção de blocos de alumínio.....	84
Quadro 5 - Ações de melhorias para o primeiro <i>loop</i>	94
Quadro 6 - Ações de melhorias para o segundo <i>loop</i>	98
Quadro 7 - Ações de melhorias para o terceiro <i>loop</i>	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Calendário de turnos da empresa	76
Tabela 2 - <i>Takt time</i> dos blocos hidráulicos 2023 e 2024	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
ATO	Assemble to Order
ETO	Engineer to Order
FIFO	First in First out
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MTO	Make to Order
MTS	Make to Stock
PCP	Planejamento e Controle da Produção
POP	Procedimento Operacional Padrão
STP	Sistema Toyota de Produção
TAV	Taxa de Agregação de Valor
T/C	Tempo de Ciclo
T/P	Tempo de Processamento
T/R	Tempo de Setup
VSD	Value Stream Design
VSM	Value Stream Mapping

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	18
1.2	JUSTIFICATIVA.....	20
1.3	OBJETIVOS DO TRABALHO	21
1.3.1	Objetivo geral	22
1.3.2	Objetivos específicos	22
1.4	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	22
1.5	ESTRUTURA.....	23
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	25
2.1	FILOSOFIA <i>LEAN</i>	25
2.1.1	Os princípios do <i>Lean Manufacturing</i>.....	27
2.1.2	Os desperdícios do <i>Lean</i>	29
2.1.3	As ferramentas do <i>Lean</i>	33
2.2	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	35
2.2.1	As informações do Mapeamento do Fluxo de Valor	38
2.2.2	Estrutura do Mapeamento do Fluxo de Valor	39
2.2.2.1	<i>Definição da família de produtos.....</i>	40
2.2.2.2	<i>Elaboração do desenho do estado atual.....</i>	45
2.2.2.3	<i>Elaboração do desenho do estado futuro</i>	47
2.2.2.4	<i>Elaboração do plano de trabalho e implementação</i>	49
2.3	SISTEMA DE PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA	50
3	METODOLOGIA	56
3.1	ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO	56
3.2	PROCEDIMENTO DE PESQUISA.....	58
3.2.1	Estrutura conceitual teórica.....	59
3.2.2	Definição da empresa	60
3.2.3	Definição do método de coleta e análise de dados	63
3.2.4	Implementação da metodologia do MFV.....	64
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	66
4.1	DEFINIÇÃO DA FAMÍLIA DE PRODUTOS	66
4.2	CONSTRUÇÃO DO MAPA DO ESTADO ATUAL.....	69
4.3	ANÁLISE DOS PROBLEMAS.....	82

4.4	CONSTRUÇÃO DO MAPA DO ESTADO FUTURO	87
4.5	SUGESTÕES DE MELHORIAS E IMPLEMENTAÇÃO	92
4.6	RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MFV	103
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
	REFERÊNCIAS	106
	APÊNDICE A – ÁRVORE DE PROBLEMAS.....	111
	APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	112

1 INTRODUÇÃO

A globalização e o avanço tecnológico facilitaram a expansão e a internacionalização das empresas. Segundo Hamel e Prahalad (1995), as barreiras para entrar em novos mercados foram reduzidas e a intensificação das trocas comerciais levaram a um aumento da concorrência entre as companhias. Além disso, a tecnologia possibilitou a otimização de processos produtivos, a automação de tarefas e a eficiência operacional, resultando em maior produtividade e redução de custos para as empresas (Hammer; Champy; Korytowski, 1994).

No entanto, mudanças significativas no perfil do consumidor impulsionadas pelos fatores citados somados a outros fatores sociais, tecnológicos e econômicos foram observadas. Essas transformações têm impactado diretamente o comportamento de compra e as expectativas dos clientes em relação às empresas e aos produtos que consomem (Harari, 2014).

De acordo com Pinho e Gilmore (2007), uma das principais mudanças no perfil do consumidor contemporâneo é o aumento do consumo por produtos personalizados e sob medida. Os consumidores estão cada vez mais em busca de produtos que atendam às suas necessidades individuais e reflitam suas preferências e estilo de vida.

Dessa forma, mercado exige das empresas do setor secundário cada vez mais diversificação de produtos, para atender às mais variadas necessidades dos consumidores e, assim, manter-se competitivo (Christensen, 2012). No entanto, isso apresenta um desafio para a gestão das operações, devido à complexidade de gerenciar um mix diversificado de produtos durante a fabricação (Cavaliere, 2018).

As empresas líderes em seus mercados precisam desenvolver estratégias de negócio e de produção eficientes para lidar com o desafio de fabricar uma ampla gama de produtos, garantindo um volume total expressivo de produção (Klippel; Antunes; Paiva, 2005). Dessa forma, nos últimos anos, o aumento da competitividade e as demandas do mercado levaram empresas dos mais variados setores a buscarem a otimização de seus processos produtivos e a redução de desperdícios (Godke, 2016).

Um sistema produtivo bem planejado, que consegue se adaptar rapidamente às mudanças, que possui responsabilidades bem definidas e que dedica esforços para resolver problemas e melhorar constantemente, é fundamental para alcançar a

estabilidade em um cenário de alta variedade de produtos. Nesse contexto, destaca-se a Filosofia Enxuta ou, o *Lean Manufacturing*. Seu foco na agregação de valor para o cliente, na redução de desperdícios e na melhoria contínua, com práticas que visam a estabilidade básica e o aumento de produtividade, se encaixa na busca por uma produção de variedade mantendo a desejada eficiência dos processos.

Uma das principais ferramentas do *Lean* focada em eliminar desperdícios e melhorar continuamente é o Mapeamento de Fluxo de Valor (Womack; Jones; Ross, 2004). De acordo com Rother e Shook (2003), o MFV é um método de mapeamento que tem como objetivo visualizar os fluxos de materiais e informações no processo produtivo, ou seja, identificar o fluxo que agrega valor ao cliente final e eliminar as atividades que não agregam valor. A aplicação dessa ferramenta se torna essencial quando a fabricação dos produtos é personalizada, de acordo com as necessidades do cliente, pois esse sistema gera um alto *lead time*, um alto tempo de *setup*, estoques intermediários e uma alta ociosidade do sistema (Martin; Osterling, 2013).

Dessa forma, a presente monografia visa abordar como a aplicação da ferramenta de Mapeamento de fluxo de Valor pode aumentar a produtividade em uma linha de produção de blocos hidráulicos sob encomenda.

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Como mencionado anteriormente, a busca por maior competitividade no mercado, o aumento da tecnologia e as mudanças no perfil de consumidor resultaram em sistemas de produção com maior variedade de produtos. No entanto, a adequação dos processos produtivos para fabricar mercadorias sob encomenda não são tão simples (Jina; Bhattacharya; Walton, 1997).

Qualquer mudança no planejamento da produção resulta em alterações nos processos envolvidos, e isso acarreta o aumento da complexidade operacional (Ramalingam, 2008). Portanto, é vital elaborar estratégias empresariais e de produção altamente eficazes para enfrentar as dificuldades na fabricação de uma gama diversificada de produtos combinados. Essa abordagem visa superar os obstáculos inerentes à gestão operacional. (Cavalieri, 2018; Klippel *et al*, 2005).

Além disso, a operação deve estar pronta para lidar com uma extensa variedade de produtos dentro de uma única instalação de manufatura, demandando

uma força de trabalho qualificada e flexível, capaz de desempenhar várias funções em vez de se limitar a uma única tarefa especializada (Haider; Mirza, 2015). Por esses e outros motivos, sistemas sob encomenda têm maiores *lead times* de produção, maiores custos produtivos, maior desperdício com ociosidade e maior necessidade de flexibilidade para ajustar as mudanças do sistema de acordo com a demanda do cliente (Tubino, 2007).

Assim, a aplicação do MFV para identificar o fluxo de materiais, pessoas e informações se torna mais complexa quando é necessário mapear sistemas de produção com alta variedade de produtos. Ademais, o aumento de produtividade nesse tipo de operação se torna um desafio pela dificuldade de implementar padrões em sistemas tão voláteis.

O estudo de caso avaliado nesse trabalho, é referente à empresa líder no segmento de tecnologia e serviços, com o foco no desenvolvimento de soluções para mobilidade, tecnologia industrial, bens de consumo, energia e tecnologia predial. A empresa estudada se enquadra no cenário de alta variedade produtiva, em sua maioria, opera nos sistemas MTO (*Make to Order*) e ETO (*Engineer to Order*), que significa produzir para o cliente e desenvolver para o cliente, respectivamente.

Dessa maneira, a companhia se depara com ineficiências em várias fases do processo produtivo, as quais se encaixam nas categorias de desperdícios conforme delineadas pela filosofia *Lean*, tais como excesso de estoques intermediários, períodos de ociosidade dos colaboradores e transporte de materiais e ferramentas. Esses desafios comprometem os indicadores de eficiência operacional, exercendo um efeito adverso na estratégia global da organização.

Nesse contexto, a relevância contemporânea do *Lean Manufacturing* no setor industrial, especialmente a aplicação da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor, que possui a habilidade de identificar os possíveis desperdícios em todos os processos, bem como, a maximização do valor para o cliente, enfatiza a ideia de que a abordagem enxuta busca pela melhoria e eficiência ao longo de toda a cadeia produtiva.

Apesar do crescimento no volume de empresas que produzem em sistemas produtivos sob encomenda, ofertando uma maior gama de produtos e personalizados, é notório que a disponibilidade de estudos científicos concernentes a aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor nesse sistema permanece escassa. Para Caracchi et

al. (2014), há uma falta de modelos e ferramentas que apoiam a avaliação, melhoria e integração das atividades *Lean*, especialmente para o ambiente de produção de alta variedade e baixo volume. Essa lacuna, por sua vez, complica a difusão de conhecimento, ideias e recomendações para empresas que buscam inspiração e melhora nos resultados.

Portanto, a pergunta de pesquisa deste trabalho é: Como o mapeamento de fluxo de valor pode impulsionar o aumento da produtividade em sistemas de produção personalizada?

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com Ghinato (1996), o Mapeamento de Fluxo de Valor é uma ferramenta muito interessante e tem sido uma das mais utilizadas em projetos de transformação *Lean*. Marodin e Saurin (2013) reforçam a afirmativa de Ghinato ao defender que a popularidade do MFV é explicada pela facilidade de uso e foco na implementação, dessa forma, resultados como redução de *lead time* e aumento de produtividade são comuns.

Ainda, Rother & Shook (2003) elencam vários motivos do porquê a ferramenta do MFV é essencial:

- a) Ajuda a analisar todo o fluxo de valor, não apenas processos individuais, o que possibilita a aplicação de melhorias totais e não apenas em partes pontuais;
- b) Auxilia a identificar mais do que os desperdícios. Mapear possibilita encontrar as fontes de desperdícios no fluxo de valor;
- c) Fornece uma linguagem comum para representar os processos de manufatura;
- d) Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, o que permite discussões sobre.
- e) Engloba conceitos e técnicas do *Lean*, o que evita a implementação de técnicas isoladas;
- f) O desenho do fluxo de ponta a ponta facilita a construção de um plano de implementação *Lean*;
- g) Destaca a relação entre o fluxo de materiais e de informação, característica singular do MFV;

h) É uma ferramenta qualitativa que descreve como obter o fluxo na sua produção.

As empresas que implementaram com sucesso a manufatura enxuta provam que o MFV pode eliminar 50% dos desperdícios de processos, reduzir o tempo de ciclo em 30%, reduzir a variação de 30% para 5% e elevar a qualidade do produto (Chen; Meng, 2010).

Ainda no contexto de resultados, a aplicação do VSM em uma indústria indiana auxiliou na identificação e redução de vários tipos de desperdícios. Entre eles, a redução no estoque de produtos em processo em 80,09%, no estoque de produtos acabados em 50%, no lead time do produto em 82,12%, no tempo de ciclo da estação em 3,75%, na diminuição do tempo de setup em 6,75% e na redução de mão de obra em 16,66% (Singh; Suresh; Sharma, 2011).

Além de resultados efetivos como aumento de performance operacional, resultados financeiros também podem ser atingidos utilizando o VSM. Uma empresa de ferro reduziu os custos de produção anuais em 8%, enquanto o capital equivalente a 3,5% do volume de negócios pode ser libertado através da remoção de inventário. Uma redução do lead time de 50% também foi alcançada (Dhandapani; Potter; Surrender, 2004).

Dado o sucesso da aplicação da ferramenta de MFV nos mais diversos setores e sistemas de produção e a apresentação dos desafios de implementar a filosofia enxuta na fabricação de alta variedade e baixo volume de produtos, esse trabalho se justifica por estar sendo aplicado em uma produção de blocos hidráulicos sob encomenda. Dessa forma, a pesquisa contribui academicamente para a ampliação de conhecimentos e recomendações para as empresas que buscam referências ao melhorar seu desempenho.

Ademais, o principal incentivador do desenvolvimento desta monografia foi a possibilidade de vivenciar na prática os desafios enfrentados por produções sob encomenda durante um estágio realizado pela autora.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

Nesse tópico, são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos relacionados ao problema de pesquisa dessa monografia.

1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como principal objetivo de propor a aplicação da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor para aumentar de produtividade em uma linha de produção de blocos hidráulicos sob encomenda.

1.3.2 Objetivos específicos

A partir do objetivo geral do trabalho foi possível elaborar seguintes objetivos específicos:

- Identificar as famílias de produtos da linha de blocos hidráulicos;
- Mapear o fluxo de valor da produção de blocos hidráulicos sob encomenda;
- Descrever as particularidades do sistema atual identificando os problemas e encontrando as causas raízes;
- Mapear o Fluxo de valor futuro dos blocos hidráulicos;
- Propor melhorias e planos de ação para a produção dos blocos hidráulicos.

1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

As delimitações do presente trabalho focam, em grande parte, na aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor em sistemas de produção sob encomenda. Sabe-se que além do MFV, existem outras metodologias e ferramentas de pesquisa que compõem os princípios da filosofia Enxuta e, visam a redução desperdícios, o aumento de produtividade e a melhoria contínua. No entanto, o trabalho em questão limitou-se a colocar a ferramenta MFV como a principal aplicação nesse estudo e outras ferramentas do *Lean* não serão prioritárias para a execução.

Ademais, a aplicação da ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor na fabricação de blocos hidráulicos gera uma evidenciação dos desperdícios a nível processual do sistema. Dessa forma, a concepção dos planos de ação se limitou nas proposições de melhorias que visam a otimização e aumento de produtividade a nível macro do fluxo de valor.

Os planos de ação desenvolvidas no trabalho não foram implementados pela pesquisadora. As propostas foram repassadas e sugeridas para a empresa como continuação do trabalho realizado.

Por fim, para construir um mapa do estado futuro no estudo de caso, foi levado em consideração as variáveis produtivas da empresa de longo, médio e curto prazo que promovem uma redução dos desperdícios evidentes ao longo do fluxo. Assim, para longo prazo, a definição do planejamento estratégico da produção, bem como, as análises de previsões de vendas da companhia e da capacidade produtiva instalada foram avaliadas para a realização das possíveis melhorias como as alterações nas instalações físicas, a compra de equipamentos, a admissão e treinamento de mão de obra e negociação com fornecedores. Para médio e curto prazo, a preposição de melhorias se limitou ao estabelecimento de supermercados e a necessidade de nivelamento e balanceamento da produção.

1.5 ESTRUTURA

Esta monografia é composta por cinco capítulos. Neste primeiro capítulo, é realizada a introdução do trabalho, onde é dado o contexto da pesquisa e discutida a sua relevância. A justificativa e as delimitações do trabalho são apresentadas, bem como, os objetivos geral e específico que servem como base para a elaboração dessa pesquisa.

O segundo capítulo é composto por uma fundamentação teórica, abordando os principais conceitos relacionados ao tema e buscando gerar embasamento necessário que apoie o desenvolvimento do trabalho. São abordados conceitos como: Filosofia *Lean*, Mapeamento do Fluxo de Valor e Sistemas de Produção sob Encomenda.

Em seguida, o terceiro capítulo são definidos e apresentados o enquadramento metodológico e o procedimento de pesquisa do estudo de caso. A elaboração do estudo de caso ocorreu a partir da definição da empresa, dos métodos de coleta e análises dos dados e da implementação da metodologia do MFV.

O capítulo quatro aborda os resultados e discussões da aplicação da ferramenta de Mapeamento e Fluxo de Valor na empresa definida. O uso da ferramenta é dividido em: definição da família de produtos, elaboração do mapa do

estado atual, análise dos problemas encontrados, construção do mapa do estado futuro, sugestões de melhorias para implementação e por último, a comparação dos resultados da aplicação da ferramenta.

Por fim, o último capítulo aborda as considerações finais do estudo, onde os objetivos propostos são comparados aos resultados obtidos na aplicação, com recomendações de próximos passos possíveis ao estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente capítulo, será conduzida uma revisão da literatura suscinta sobre *Lean Manufacturing*, considerando a filosofia e as ferramentas de aplicação. A partir disso, será aprofundado os conceitos e métodos de aplicação da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) do *Lean*. Por fim, será dissertado sobre Sistemas de Produção sob Encomenda, evidenciando as características e particularidades de sistemas com alta variedade de produtos e como esses aspectos precisam ser considerados ao implementar o pensamento enxuto e a ferramenta do MFV.

2.1 FILOSOFIA *LEAN*

A indústria japonesa enfrentou uma devastação sem precedentes após a Segunda Guerra Mundial. O país sofreu o impacto de duas bombas nucleares, resultando na destruição da maioria das fábricas, escassez generalizada nas redes de abastecimento e uma notável queda no poder de compra dos consumidores (Liker, 2005).

Nesse contexto, a Toyota precisava enfrentar desafios substanciais tanto em âmbito interno quanto externo. De acordo com Womack, Jones e Ross (2004), no âmbito interno a economia estava em ruínas devido à guerra, dificultando a adoção das tecnologias de produção em massa do Ocidente. Ademais, a empresa se viu diante de um mercado doméstico limitado, enfrentando restrições resultantes das regulamentações trabalhistas que impediam a redução da força de trabalho industrial. Já no cenário internacional, mercado global estava aquecido, onde havia uma clara preferência por operar dentro do território japonês. A indústria japonesa ainda enfrentava resistência à importação de seus produtos nos mercados estrangeiros (Womack; Jones; Ross, 2004).

Agravando ainda mais a situação, os padrões de produção americanos predominavam. Esse modelo produtivo era caracterizado pela intensa padronização e pela reduzida diversidade de produtos (Womack; Jones; Ross, 2004). Ademais, as atividades executadas na produção eram simples, repetitivas e conferidas por uma mão-de-obra pouco especializada (Liker, 2005). No entanto, a falta de recursos, a

impossibilidade de produzir para estocar e os desperdícios na produção tornavam o modelo americano de produção insustentável para o Japão no período após a Guerra (Womack; Jones; Ross, 2004).

Com o propósito de enfrentar os desafios decorrentes da Segunda Guerra Mundial e garantir sua relevância no mercado automobilístico altamente competitivo, a Toyota, viu-se compelida a reformular a sua abordagem de gestão, criando o modelo Toyota de Produção (Ohno, 1997).

Segundo Ohno (1997), o modelo Toyota de Produção (STP) é representado por uma casa. O telhado retrata o objetivo principal da Toyota que é a maximização da entrega de valor ao cliente, produzindo com qualidade, no menor custo e no menor tempo, através da eliminação constante de desperdícios. Já os dois pilares de sustentação da casa representam o *just in time* e o *jidoka*. O *just in time* é a lógica de produção com o objetivo de gerar estoques mínimos, que atendam estritamente a necessidade atual do sistema, produzindo no exato momento apenas a quantidade necessária de produto que o cliente deseja. O *jidoka*, é a automação de processos com o auxílio humano, consiste em utilizar máquinas e pessoas com autonomia necessária para interromper a produção, assim que um objetivo preestabelecido for atingido. A Figura 1 apresenta a casa do STP, com a base, os seus principais pilares e o telhado, tendo como foco a satisfação do cliente.

Figura 1 - A casa do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Adaptado de Liker (2005, pg. 51).

Com o sucesso do modelo de gestão da Toyota, outras nomenclaturas foram designadas ao Sistema Toyota de Produção (STP), dentre elas o *Lean Manufacturing* por Womack, Jones e Ross em 1990 e Manufatura Enxuta por Tubino em 2009.

A difusão do termo "*Lean Manufacturing*" aconteceu após a obra "A Máquina que Mudou o Mundo" publicada a primeira por Womack, Jones e Ross em 1990. Esse livro impulsionou uma investigação sobre a indústria automobilística global, conduzida pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que pela primeira vez, introduziu o termo "*Lean*" como uma representação do modelo desenvolvido pela Toyota. Até então, a terminologia "*Lean*" não era conhecida e nem associada ao STP.

De acordo com Womack e Jones (2004), o *Lean Manufacturing* é uma estratégia de negócio com o foco em entregar valor ao cliente, sua filosofia busca a otimização da organização e gestão dos processos de uma empresa, abrangendo desde seu sistema produtivo até suas interações com clientes e fornecedores. Nesse contexto, a meta é realizar cada tarefa de maneira mais eficiente com um mínimo de recursos e o propósito é reduzir desperdícios maximizando a entrega de valor para o cliente final. Posteriormente, Womack, Jones e Ross (2004) complementam dizendo que mentalidade enxuta é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz.

A filosofia do *Lean Manufacturing* é constituída a partir de princípios que serão apresentados no próximo tópico.

2.1.1 Os princípios do *Lean Manufacturing*

Para embasar essa estratégia de negócio com o foco no cliente, Womack e Jones (2003) definiram os cinco princípios do *Lean* com o objetivo de auxiliar empresas na implementação do pensamento enxuto. Os cinco princípios são: i) determinar o valor sob a perspectiva do cliente; ii) identificar o fluxo de valor; iii) fazer o valor fluir sem interrupções; iv) deixar que o cliente puxe esse valor e, por fim; v) buscar continuamente a perfeição. Os princípios são vistos na Figura 2 e detalhados nos parágrafos seguintes.

Figura 2 - Os 5 princípios do Lean



Fonte: Coutinho (2020).

O primeiro princípio refere-se a especificar o que é valor do ponto de vista do cliente, produzir o que ele está disposto a pagar e não apenas o que for mais adequado para a empresa. Definir valor é o primeiro passo para a mentalidade enxuta e o desperdício é não entregar o que o cliente deseja (Womack; Jones, 2003).

O segundo princípio tem como objetivo mapear o fluxo por onde o valor passa. O fluxo de valor é um conjunto de ações necessárias para que o produto ou o serviço chegue ao cliente final (Womack; Jones, 2003). Ademais, Womack e Jones (2003) complementam que ao mapear o fluxo de valor na empresa três tipos de atividades são evidenciados com o fluxo: as atividades que agregam valor ao cliente; as atividades que não agregam valor ao cliente, mas são atividades de suporte e necessárias para o cenário da empresa; e as atividades que são puros desperdícios, não agregam nem para o cliente nem para a empresa, sendo assim, devem ser eliminadas.

O terceiro princípio é fazer fluir o valor de forma contínua e ininterrupta. O fluxo representa a redução a tempo zero em que o projeto de trabalho estiver à espera de alguém ou um processo para realizá-lo (Liker; Meier, 2007). Na prática, significa a eliminação completa dos desperdícios, sobrando apenas as atividades que agregam valor. O fluxo é um meio de conectar os processos sem interrupções para que quando problemas surgirem na produção, sejam facilmente identificados e corrigidos, promovendo a melhoria contínua. Rother e Harris (2002) afirma que a ideia por trás do fluxo contínuo seja revelar quais são os obstáculos que devemos desprender energia para melhorar.

O quarto princípio é implementar um sistema puxado pelo cliente apenas produzir o que for necessário e quando o cliente precisar. O trabalho só é puxado quando existe uma necessidade real, evitando qualquer tipo de excesso ou desperdício. De acordo com Coimbra (2013), o modelo de produção puxada é essencial para a manufatura enxuta porque visa a otimização dos fluxos de materiais e informações, isso se dá pelo fato de que as ordens de produção só são disparadas quando o cliente consumir o produto ou emitir o pedido.

Por fim, o quinto princípio é a busca pela perfeição. De acordo com Womack e Jones (2003), os quatro primeiros princípios interagem de maneira complementar, pois ao reagir à puxada do cliente com um fluxo contínuo, você evidenciará os desperdícios que ocorrem no fluxo de valor. A perfeição é o estado idealizado em que os desperdícios foram totalmente eliminados, dessa forma, buscar a perfeição é um potencializador para que a melhoria seja contínua.

Para que os cinco princípios do *Lean* sejam bem-sucedidos numa organização é necessário ter clareza de quais atividades estão presentes na companhia e impactam negativamente na entrega de valor ao cliente. Dessa forma, essas atividades são chamadas de desperdícios, e serão apresentadas no tópico 2.1.2.

2.1.2 Os desperdícios do *Lean*

No segundo princípio do *Lean*, foi citado que atividades que não agregam valor precisam ser eliminadas, essas atividades são classificadas como desperdícios.

Para Womack e Jones (2003), desperdício é qualquer atividade humana que absorver recursos, mas não cria valor¹. Existem sete principais tipos de desperdícios classificados por Ohno (1997) e Shingo (1996), são eles:

- a. Superprodução: é a fabricação de itens que ainda não foram solicitados pelo cliente, ou seja, o sistema não está respondendo à puxada do cliente. Esses desperdícios podem ser caracterizados como aumento do custo para armazenamento de produto acabado ou estoques;

¹ Atividades que não criam valor é qualquer atividade que o cliente não está disposto a pagar

- b. Espera: é o tempo disponível ou não aproveitado. São quando os recursos da operação precisam esperar desnecessariamente por conta de uma instabilidade ou falha no sistema, são caracterizados como trabalhadores ociosos ou máquinas paradas. Para Shingo (1996) esse tipo de perda também ocorre quando peças necessárias para a produção não estão presentes acarretando a existência de componentes ou lotes parados no processo produtivo. Ainda, Santos, Wysk e Torres (2014) afirmam que balancear as linhas de produção e sincronizar o fluxo de trabalho são planos de ação que contribuem para a eliminação de desperdícios de espera;
- c. Transporte desnecessário: é a movimentação de estoques por longas distâncias e à movimentação desnecessária de peças, materiais ou produtos acabados. O transporte é uma operação que não aumenta valor para o produto (Shingo, 1996). Para Rother e Harris (2002), o que gera transportes e movimentações desnecessárias é a inadequação do arranjo físico do local, melhorias no arranjo da planta minimiza distancias percorridas;
- d. Processamento desnecessário: ocorre quando os processos são irrelevantes para a agregação de valor do produto ou quando o processamento realiza um esforço maior que o exigido. Na maioria das vezes esse tipo de desperdício ocorre por falta de métodos de trabalho padronizados ou uso incorreto dos recursos;
- e. Estoques: é o excesso de matéria-prima, produto em processamento ou acabado que aumentam o *lead time* de entrega ao cliente, promove o uso não necessário de recursos, geram movimentações e transportes inadequados, propicia atrasos e assim como a superprodução, aumentam os custos de armazenagem e controle de estoques. Os estoques escondem os problemas existentes na produção como o desbalanceamento, os atrasos nas entregas de fornecedores, os erros ou defeitos, o alto tempo de setup e a falta de máquinas disponíveis, ou seja, só encobre os defeitos nos processos;
- f. Movimentação: é a perda por movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores e que não agregam valor ao produto. Esses movimentos

geralmente ocorrem quando o colaborador procura ferramentas que deveriam estar disponíveis nos postos de operação durante o turno de trabalho. Esse desperdício pode ser removido com ferramentas como 5S, análise das rotas de abastecimento da linha e ajustes no layout de trabalho, ademais, o trabalho padronizado também promove uma redução desse tipo de perda (Santos; Wysk; Torres, 2014);

- g. Defeitos: é a fabricação de produtos que não atendem as especificações de qualidade do cliente. Produtos que necessitam de reparos, retrabalho, reprocesso ou substituição são produtos defeituosos. O processo de inspeção da qualidade é um procedimento que não agrega valor ao produto, mas necessário para a empresa a fim de evitar que produtos com defeito cheguem ao cliente final. De acordo com Ohno (1997), esse desperdício impacta na qualidade do produto e, conseqüentemente, na insatisfação dos clientes.

Por fim, um oitavo desperdício é acrescentado por Liker (2005) à lista original descrita Ohno (1997) e Shingo (1996), o não aproveitamento do intelecto dos colaboradores é um desperdício associado ao não uso de ideias, habilidades e tempo dos funcionários.

De acordo com Ohno (1997), o desperdício mais importante é a Superprodução, isso porque qualquer atividade que é realizada com o objetivo de produzir um produto que o cliente não solicitou, é considerado um desperdício.

Para Ohno (1997), as atividades que são realizadas sem necessidade, os desperdícios, ocasionam picos e vales na produção e geram gastos devido a essa variação da demanda, além de proporcionar uma perda de produtividade. Essa circunstância podem ser explicadas com três conceitos fundamentais vistos abaixo: Muda, Muri e Mura, também conhecidos como 3M's.

O primeiro "M", o Muda, representa todos os desperdícios descritos acima, pois é um termo designado a atividades sem agregação de valor como atividades que aumentam o *lead time*, como movimentações desnecessárias, estoques, esperas, transportes e outros.

O segundo "M", o Muri, refere-se à sobrecarga, que é quando a carga de trabalho de máquinas e operadores trabalha em um ritmo acima do normal, o que pode resultar em problemas de segurança ou qualidade.

Por fim, o terceiro “M”, o Mura, é o desnivelamento da produção, acontece quando a demanda é variável e a programação da produção não consegue regularizar essa flutuação, trabalhando de forma variável com os volumes de produtos. A carga de trabalho é irregular, em alguns momentos há mais trabalho e necessidade de mais materiais e em outros ocorre uma ociosidade. Esse fator quando não corrigido exige uma disposição de equipamentos, colaboradores e materiais acima do nível normal da produção porque a empresa não consegue trabalhar com a necessidade média e precisa operar sempre com o nível máximo.

A Figura 3 é uma ilustração de como o Muda, o Muri e o Mura ocorrem na prática. Nesse caso, é necessário transportar seis toneladas de material, cada caminhão possui capacidade de transportar três toneladas.

Figura 3 - Representação do Mura, Muri e Muda



Fonte: Lean Institute Brasil.

Segundo Womack (2006), os 3M's devem ser tratados de forma dependente, pois possuem interferência direta um no outro. O Muri e Mura são muitas vezes vistos como a causa raiz do Muda (desperdício). Quando ocorre o Mura, muitas ordens de produção são lançadas a fim de cumprir com os prazos e atingir as metas do mês, essa grande quantidade de ordens sobrecarrega pessoas e máquinas (Muri), que por sua vez, ocasiona paradas na produção, erros, esperas, retrabalho e outros desperdícios (Muda).

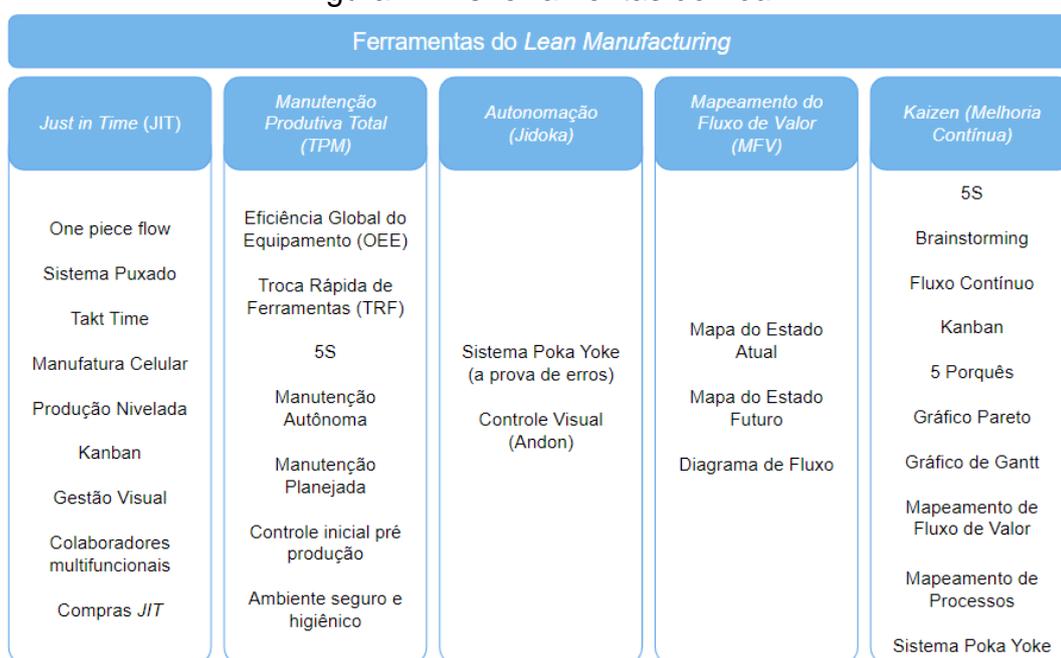
Para auxiliar na identificação dos desperdícios e perdas, a manufatura enxuta sustenta um conjunto de ferramentas facilmente adaptáveis a cada contexto de

organização (Almeida, 2011). Nesse cenário, o próximo tópico apresenta as ferramentas praticadas no *Lean*.

2.1.3 As ferramentas do *Lean*

Belekoukias et al. (2014) realizou uma pesquisa abrangente para identificar as principais ferramentas do *Lean*. Na Figura 4 pode-se observar as ferramentas descritas por esse autor.

Figura 4 - As ferramentas do *Lean*



Fonte: Adaptado de Belekoukias *et al* (2014).

Segundo Jasti e Sharma (2014), tem-se um aumento na complexidade das atividades na manufatura e nos negócios, dessa forma, há um surgimento constante de novas ferramentas a fim de atender o objetivo principal: reduzir desperdícios. Sendo assim, hoje podem existir mais ferramentas que as apresentadas na Figura 4 com esse mesmo objetivo.

As principais ferramentas da manufatura enxuta que colaboram diretamente com os objetivos do presente trabalho são:

- a. *Takt Time*: se refere a velocidade na qual produtos são fabricados, representando o ritmo médio de demanda do cliente em um período

definido. Os processos devem estar balanceados para produzir de acordo com o ritmo do *takt time* a fim de atender a demanda do cliente (Linck; Cochran, 1999).

- b. Sistema Puxado: significa produzir e controlar a produção de acordo com o consumo dos clientes, como visto no quarto princípio do *Lean*. Nem sempre é possível implementar o fluxo contínuo em toda a produção, alguns processos são projetados para operar em tempos de ciclo muito rápidos ou lentos e necessitam mudar para atender a múltiplas famílias de produtos, e muitas vezes as máquinas não são dedicadas para aquela família de produtos (Coimbra, 2013). Ademais, dependendo das particularidades dos produtos, ou os processos estão distantes ou o *lead time* é muito elevado. Dessa forma, o sistema puxado só fornece quando o processo posterior aciona ou o cliente puxa, reduzindo ao máximo os estoques (Smalley, 2005). Esse sistema pode operar de três formas:
- Puxada com supermercados: conhecido como sistema de reposição, opera com supermercados². Assim que o cliente compra um produto ele é retirado e um cartão *Kanban* é liberado a fim de que a fábrica produza outro produto a fim de substituí-lo na “prateleira” (Coimbra, 2013);
 - Puxada sequencial: quando há uma grande variedade de peças para armazenar em supermercados. A produção é nivelada e são implementados FIFOS³ com a finalidade de sequenciar e controlar a produção (Smalley, 2005).
 - Puxada Mista: ambos os sistemas anteriores trabalhando juntos.
- c. *Kanban*: o sistema kanban busca movimentar e fornecer os itens dentro da produção apenas nas quantidades necessárias e no momento necessário (Ohno, 1997). O kanban indica ordens de produção sobre o que produzir, quanto produzir, para onde levar os produtos e quando produzir. Dessa forma, esse sistema tornou possível uma resposta mais flexível a variações de demanda através da simplificação das instruções (Shingo, 1996);

² Supermercados são estoques controlados e dimensionados para atender a demanda do cliente

³ Sistema FIFO é um método de organização de estoques, “*First In, First Out*”

- d. 5 Porquês: é uma ferramenta que consiste em perguntar quantas vezes for necessário o porquê de um problema ou defeito ter ocorrido, a fim de descobrir a sua real causa, ou seja, a causa raiz (Ohno, 1997).
- e. Mapeamento de processos: é uma ferramenta gerencial analítica e de comunicação que têm a intenção de ajudar a melhorar os processos existentes ou de implantar uma nova estrutura voltada para processos (Hunt, 1996).

Embora as ferramentas descritas tenham aplicabilidade na implementação da filosofia *Lean* nas empresas, o Mapeamento de Fluxo de Valor se destaca como a estrutura fundamental do *Lean Thinking*. Isso ocorre porque é a primeira ferramenta a analisar profundamente o processo e proporcionar uma compreensão genuína de como o valor flui na organização, permitindo a obtenção de diversas percepções sobre ela.

Ademais, o MFV serve como guia para identificar oportunidades e idealizar o estado futuro, podendo aplicar ferramentas do *Lean* como sistema puxado, *kanbans*, 5 porquês, *poka-yoke*, *Andon* e outras. Assim, o mapa representa o ponto de partida essencial para iniciar a melhoria do processo (Jimmerson, 2017).

Por fim, no próximo tópico será descrito o Mapeamento de Fluxo de Valor, bem como, conceitos, resultados da aplicação, informações essenciais e estrutura de aplicação da ferramenta.

2.2 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Conforme visto no tópico 2.1.1, identificar o fluxo de valor é o segundo princípio do *Lean* e representa todas as atividades, que agregam ou não valor, necessárias para que a matéria-prima seja transformada em produto acabado e entregue ao cliente.

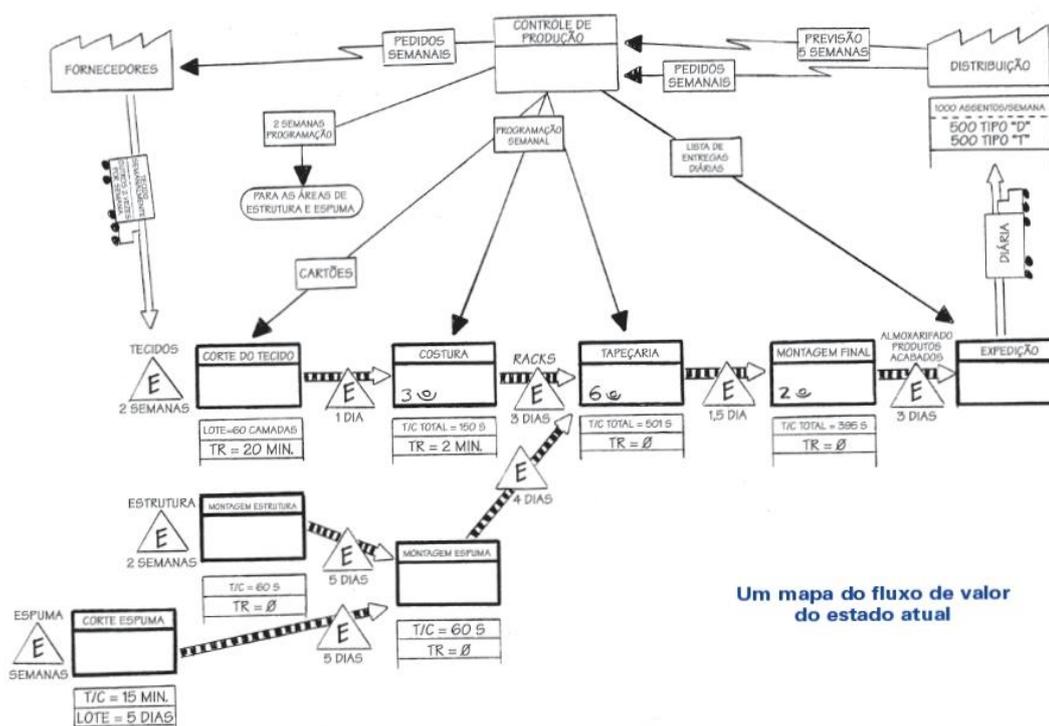
Na visão de Rother e Shook (2003), o Mapeamento de Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*) é uma ferramenta que possibilita “enxergar” e compreender o fluxo de material e de informação conforme o produto ou serviço percorre o sistema. Ao evidenciar o fluxo de valor, é possível mapear e descobrir os desperdícios ao longo do processo e com isso, melhorias podem ser planejadas e implementadas.

Liker e Meier (2007) complementam que o Mapeamento de Fluxo de Valor possibilita visualizar a relação entre processos e as possibilidades de fluxos futuros de valor. Através da sua representação simbólica, o MFV identifica todos os fluxos atuais existentes e é um ótimo guia para a elaboração de melhorias.

O Mapeamento do Fluxo de Valor surgiu dos diagramas de fluxo de informações e materiais implementados nos processos da Toyota, sendo difundida por Mike Rother e John Shook na primeira versão do livro *Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício* em 1998.

Para Rother & Shook (2003), é uma ferramenta de modelagem simples, tradicionalmente utiliza papel e lápis como um processo de construção do mapa. Os autores incluem que a visualização do MFV inicia com o desenho de cada processo com o fluxo de material e informação seguindo o caminho do cliente final ao fornecedor. Posteriormente, é feito um levantamento de questões e desenhado o mapa do estado futuro idealizado de como o valor deveria fluir. A Figura 5 é um exemplo de mapa do fluxo de valor do estado atual, considerando um processo de manufatura.

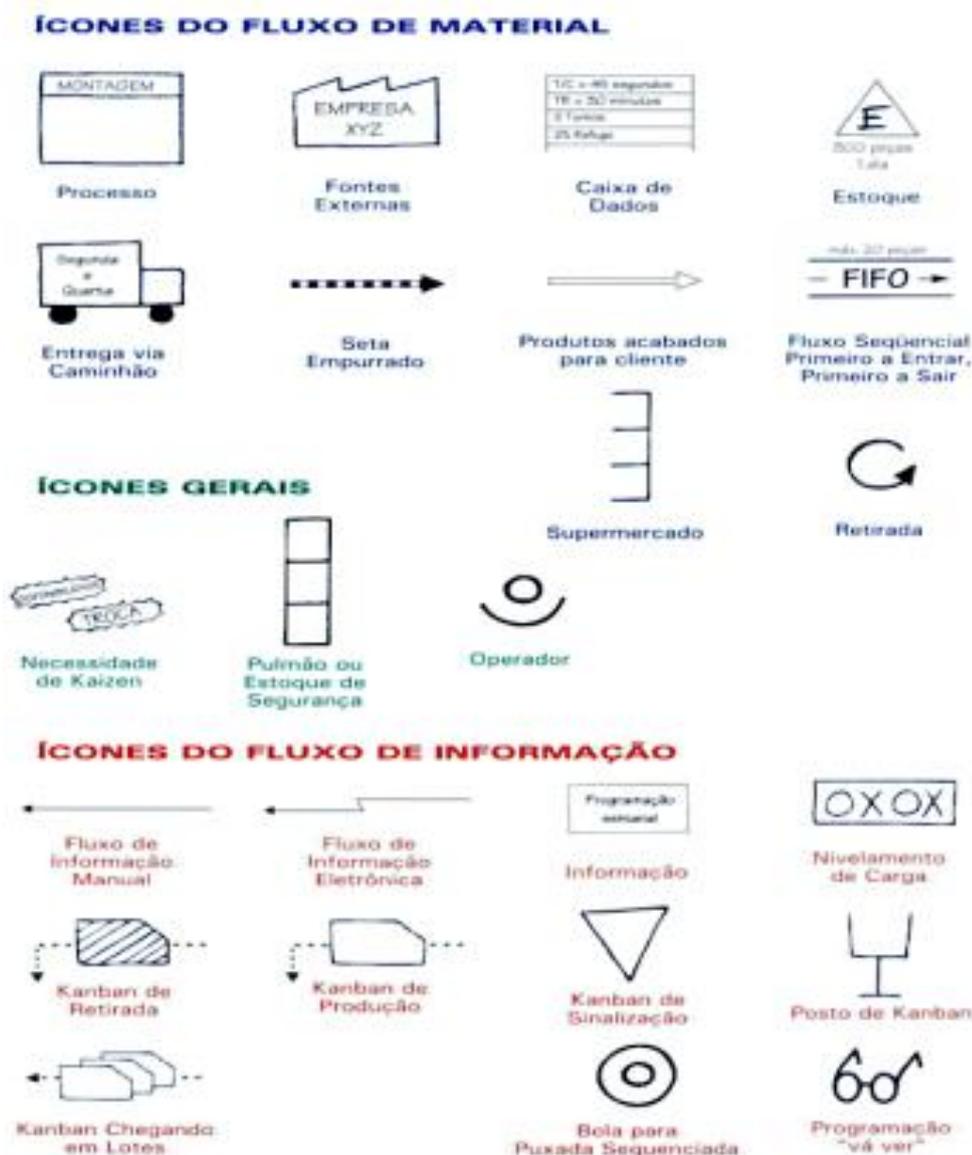
Figura 5 - Exemplo de mapa do estado atual na manufatura



Fonte: Rother e Shook (2003).

A representação gráfica do MFV é elaborada a partir de ícones e símbolos padronizados, para evitar erros de comunicação, e são classificados em três categorias: i) fluxo de material, ii) fluxo de informação e iii) ícones gerais (Kach et al., 2014). Os ícones mais utilizados para a representação do MFV do estado atual e do estado futuro podem ser observados na Figura 6.

Figura 6 - Ícones para a elaboração o do MFV



Fonte: Rother e Shook (2003).

A ferramenta do MFV foi desenvolvida com o objetivo de reduzir o *lead time*, e por consequência, remover desperdícios. Para Ohno (1997), a eliminação desses

desperdícios causa um impacto positivo sobre os objetivos apresentados por Slack *et al.* (1996) – qualidade, flexibilidade, entrega, rapidez e custo.

Lima *et al.* (2016) salienta que o diferencial da ferramenta é capacidade de reduzir de forma significativa a complexidade do sistema produtivo, além de oferecer orientações para analisar as melhorias encontradas.

Para Jeong e Phillips (2011), a premissa do MFV é compreender o fluxo de produto sob a visão do cliente para melhorar o rendimento, reduzir o tempo de ciclo e ajudar a desenhar um sistema de produção. Ademais, Thome, Oliveira e Silva (2017) afirma que ao documentar os fluxos de informação no MFV, informações relevantes como movimentação de materiais, níveis de estoque, uso dos recursos e *lead time* são representados, diferente de outros tipos de mapeamentos que descrevem apenas o fluxo do produto.

Para construir os mapas de estado atual e futuro é necessário um conjunto de dados essenciais que compreendem os processos, a partir dessas informações, tem-se uma visão holística do sistema e os desperdícios são evidenciados. De acordo com Ferro (2003), a coleta e o entendimento dos parâmetros básicos são suficientes para projetar um estado futuro melhorado. Assim, no próximo tópico, serão apresentados os indicadores chaves do MFV.

2.2.1 As informações do Mapeamento do Fluxo de Valor

Dentre os parâmetros fundamentais para a compreensão dos processos na elaboração do MFV, quatro se destacam:

- Tempo de ciclo (T/C): é o período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento, ou seja, o tempo necessário para a execução do trabalho de uma peça em uma estação de trabalho, máquina ou equipamento (Alvarez, Antunes; 2001).
- Tempo de processamento (T/P): Indica quanto tempo as partes individuais permanecem no respectivo processo (Erlach; 2012).
- Tempo de troca (T/R) ou *Setup*: é o tempo necessário para alterar as configurações da máquina para produzir um produto diferente do atual, sendo o intervalo entre a última peça boa de um tipo até a primeira peça boa de outro (Dillon; Shingo, 1985).

- Disponibilidade: é o tempo disponível da máquina para realmente produzir. Para o cálculo de disponibilidade, retira-se o tempo de paradas planejadas e setup, considera-se o tempo real para operar (Hansen, 2006).

Ademais, outras informações processuais podem ser representadas no MFV como o número de operadores e/ou máquinas por processo, o tamanho do lote, o índice de rejeição do processo e a taxa de agregação de valor (Martin; Osterling, 2013).

Dentre os parâmetros de compreensão do sistema, ressalta-se o *Takt Time* e o *Lead Time* (Linck; Cochran, 1999). O *Lead Time* é o tempo total que o produto leva para atravessar o sistema de produção, desde a matéria-prima à expedição do produto acabado para o cliente. Também definido como o tempo que uma peça leva para se mover ao longo de todo um processo ou um fluxo de valor, do início ao fim (Rother, Shook; 2003).

O cálculo do *lead time* é realizado a partir do somatório dos tempos dos processos com os tempos de interrupção, espera e permanência do produto em estoque. A representação do *Lead Time* no MFV é uma linha de tempo na parte inferior do mapa, essa linha apresenta os tempos de processo e estoques separados, o que facilita a interpretação dos gargalos e pontos críticos. Ao final da linha, é desenhada uma caixa com os somatórios dos tempos de processo e *lead time*, e calculado a taxa de eficiência do sistema com esses tempos.

Sabendo da necessidade de entender os processos e coletar um conjunto de informações, Rother e Shook (2003) estruturaram um manual de aplicação da ferramenta para auxiliar a execução do Mapeamento de Fluxo de Valor. A estrutura proposta é descrita no próximo tópico.

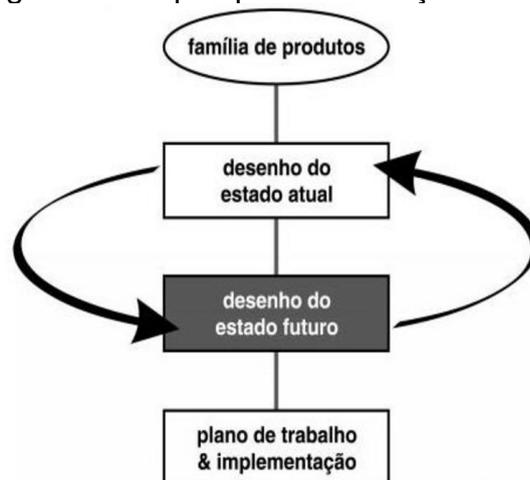
2.2.2 Estrutura do Mapeamento do Fluxo de Valor

O manual de Rother e Shook (2003) é composto por quatro principais etapas que são apresentadas abaixo e representadas na figura 7:

- Definição da família de produtos, agrupamento dos produtos que passam por etapas semelhantes e utilizam equipamentos comuns nos seus processos;

- Elaboração do desenho do estado atual, visão ampla da atual situação da produção;
- Elaboração do desenho do estado futuro, visão geral de como a produção deve aparentar ao eliminar os desperdícios;
- Elaboração do plano de trabalho e Implementação, construção de ações para alcançar o estado futuro a partir da situação atual.

Figura 7 - Etapas para construção do MFV



Fonte: Rother e Shook (2003).

2.2.2.1 Definição da família de produtos

Definir uma família de produtos para construir o MFV é uma etapa necessária quando a empresa fabrica produtos variados, ou seja, os produtos seguem fluxos diferentes no processo. Os produtos são agrupados por similaridade, então, produtos que passam por equipamentos e etapas do processo semelhantes na produção, formam uma família de produtos (Rother; Shook, 2003). A Figura 8 representa matriz sugerida pelos autores para classificar as famílias de produtos.

Figura 8 - Método da matriz para classificação em famílias 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).

De acordo com Erlach (2012), no caso da produção em massa, com poucos produtos diferentes, cada produto pode ser visto individualmente em uma análise de fluxo de valor. No entanto, quando se tem uma variedade maior de produtos, o mapeamento individual não seria a melhor solução pois seria preciso elaborar inúmeros Mapeamentos de Fluxos de Valor com resultados muito parecidos.

Ademais, combinar produtos em uma mesma família de produto torna as empresas mais flexíveis para responder às demandas de clientes. Ao aumentar a demanda de um produto, pode haver a diminuição da demanda de outro, permitindo maior capacidade para responder às mudanças (Duggan, 2018).

Ao mapear produções complexas dos produtos com propriedades diferentes em um único fluxo de valor, pouco seria discernível no mapeamento. O resultado mostraria uma rede de conexões sobrepostas entre processos de produção de relevância diferente. Dessa forma, não seria possível realizar o entendimento sobre o fluxo de valor (Erlach, 2012).

Para selecionar a família de produtos adequada, Rother e Shook (2003) sugerem analisar os desejos do consumidor. O cliente consome produtos específicos da empresa, não todos, dessa forma, a escolha da família de produtos a ser representada no MFV deve conter os produtos mais representativos para a empresa, a fim de atender melhor às necessidades dos clientes.

Embora Rother e Shook (2003) sugerem uma matriz de classificação de família de produtos, a ferramenta não leva em consideração vários fatores que podem afetar na decisão de incluir produtos em famílias de produtos (Araya, 2012). Entre os fatores não considerados, Araya (2012) destaca dois:

- a. Não consideração dos tempos de ciclo que cada produto enfrenta em cada estação;
- b. Não considera as rotas ou ordens das estações pelas quais o produto passa.

Dessa forma, para definir com maior precisão quais produtos devem fazer parte de uma mesma família, Duggan (2018) sugere a abordagem da Matriz 80/30 que leva em consideração os dois fatores citados acima.

O método de abordagem Matriz 80/30 de Duggan (2018) é elaborado em duas etapas descritas abaixo e visualizado nas Figuras 9 e 10:

- a. Elaboração da primeira Matriz com todos os produtos, levando em consideração a sequência de equipamentos e etapas dos processos que o produto percorre. O método exige que os produtos de uma mesma família tenham pelo menos 80% das etapas do processo iguais;
- b. Elaboração da segunda Matriz com todos os produtos, levando em consideração o conteúdo de trabalho (tempo de ciclo) de cada produto por etapa do processo. O método exige que os produtos de uma mesma família tenham uma variação do Lead Time total de no máximo 30%.

Figura 9 - Relação entre produtos e etapas da produção Método 80/30



Nome do Produto	Rebarbadora Manual	Pintura	Soldagem	Linha de Montagem	Montagem de componentes	Teste	Embalagem	Família de Produtos
Alarme ativado por sensor	x	x	x	x	x	x	x	A
Alarme ativado por laser	x	x	x	x	x	x	x	A
Alarme manual	x	x	x	x	x	x	x	A
Sensor ativado por pistão	x	x	x	x	x	x	x	A
Laser ativado por pistão	x	x	x	x	x	x	x	A
Motor de sensor manual		x			x	x	x	B
Motor de sensor manual II		x			x	x	x	B
Motor de sensor automático		x	x		x	x	x	B

Fonte: Adaptado e Traduzido de Duggan (2018).

Figura 10 - Relação elementos de trabalho por etapas da produção

Nome do Produto	Rebarbadora Manual	Pintura	Soldagem	Linha de Montagem	Montagem de componentes	Teste	Embalagem	Total
Alarme ativado por sensor	30	60	45	90	140	110	x	475
Alarme ativado por laser	30	60	35	70	140	110	x	445
Alarme manual	45	60	40	120	110	80	x	455
Sensor ativado por pistão	30	60	40	85	105	100	x	420
Laser ativado por pistão	30	60	40	240	300	80	x	750
Customizados	30	60	30	120	160	110	x	510

Fonte: Adaptado e Traduzido de Duggan (2018).

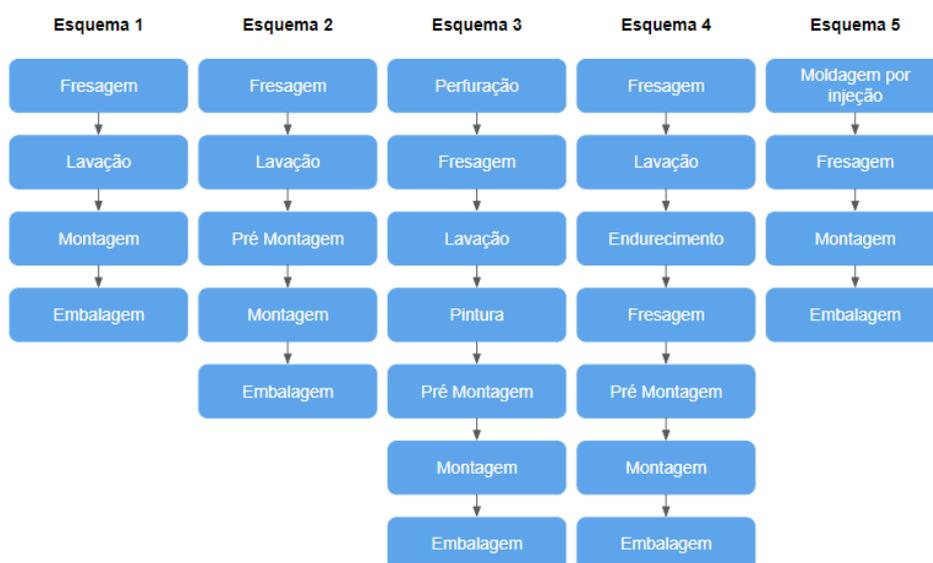
Na Figura 10, é observado que o produto Laser ativado por pistão por mais que tenha similaridade processual com os demais produtos do mesmo grupo, esse não possui similaridade em conteúdo de trabalho. Por fim, o cruzamento das duas matrizes possibilita uma classificação mais precisa da família de produtos.

No entanto, para produtos complexos de serem produzidos, Erlach (2012) afirma que métodos *bottom ups* são bastante trabalhosos, pois, faz o levantamento de todos os produtos até a classificação em famílias. Ademais, o autor reforça que as semelhanças em relação às sequências de processos nem sempre são claras desde o início e a disposição sequencial real das diferentes etapas do processo só pode ser representada de maneira muito limitada.

Dessa forma, Erlach (2012) sugere definir famílias de produtos de forma dedutiva pelo método *Family Likeness*. Esse método classifica a família de produtos por dois vieses:

- a. A rota de processos que passa a maior quantidade de produtos da empresa;
- b. Subdivisão a partir da rota de processos em critérios de produtos relevantes para a produção ou requisitos determinados.

A Figura 11 e o Quadro 1 representam a classificação por rotas de processos e a subdivisão por critérios relevantes dos produtos para a produção, respectivamente.

Figura 11 - Classificação por rotas método *Family Likeness*

Fonte: Traduzido e Adaptado de Erlach (2012).

Quadro 1 - Critérios dos produtos que influenciam na fabricação

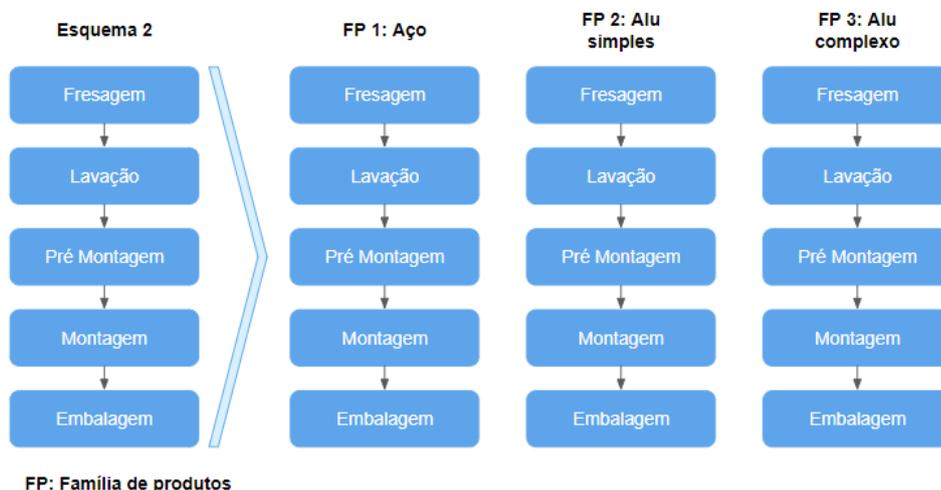
Características Principais	Critérios
Matéria-prima das peças	Requisitos do processo (lubrificante, ferramentas, contaminação, ...)
	Durabilidade
Geometria dos produtos	Peso
	Volume ou maior dimensão
	Grau de personalização (padronizado, parametrizado, forma livre)
Complexidade dos produtos	Número de peças montadas
	Soma do conteúdo de trabalho
	Frequência de mudanças nas peças
Funcionalidade dos produtos	Grau de personalização (padrão, opções, modificação de design)
	Número de variantes possíveis
	Requisitos de teste
Manuseio	Capacidade de gerenciamento de produtos e peças
	Requisitos de proteção de algumas peças (superfície, limpeza, ...)
	Valor das peças (gestão de estoque, proteção contra roubo)

Fonte: Traduzido e Adaptado de Erlach (2012).

Em muitos casos, os esquemas de procedimentos de produção variam muito pouco dentro de uma determinada faixa de produtos, então a diferenciação em famílias de produtos por processos de produção e/ou máquinas é muito difícil, é o caso do método de Matriz (Erlach, 2012). A Figura 12 é uma exemplificação de uma

família de produtos classificada pelo método *Family Likeness*, o critério utilizado foi a matéria-prima.

Figura 12 - Exemplo de aplicação do Método *Family Likeness*



Fonte: Traduzido e Adaptado de Erlach (2012).

Apesar de ser necessária a classificação dos produtos em famílias para construir o MFV de empresas com grande portfólio, Rother e Shook (2003) afirmam que as melhorias desenvolvidas para uma família podem impactar positivamente as demais, sendo assim, é interessante ter uma visão holística do sistema. Por fim, conforme as demais etapas do mapeamento de fluxo de valor evoluem, outras famílias de produtos podem ser mapeadas.

2.2.2.2 *Elaboração do desenho do estado atual*

O mapa de estado atual é construído para obter uma visão holística do fluxo de valor, a partir desse mapa, fontes de desperdícios podem ser identificados e melhorias implementadas (Rother; Shook, 2003).

A concepção do MFV se inicia antes do desenho do mapa, Thome, Oliveira e Silva (2017) destacam que é preciso entender o processo produtivo todo e coletar as informações e dados das etapas do processo para construir o mapa, parâmetros citados no tópico 2.2.1. Para Rother e Shook (2003), a coleta dos dados do MFV não pode ser realizada por terceiros nem ser baseada em tempos padronizados, os dados precisam ser cronometrados, evitando que informações falsas sejam acatadas.

Ademais, Erlach (2012) afirma que o mapeamento é realizado no local da fábrica, ou seja, no chão de fábrica, nas máquinas e nos escritórios de supervisão e planejamento da produção, conversando diretamente com os responsáveis pelos processos, só assim, é possível descrever um mapa mais fiel à realidade.

De acordo com Rother e Shook (2003), existem 6 elementos indispensáveis que compõem o mapa do estado atual:

- a. Cliente: é quem define e recebe o valor. O mapeamento começa pelo cliente e as demandas solicitadas por ele, como, mix de produtos;
- b. Processos: conjunto de atividades para produção de um produto ou serviço;
- c. Fornecedor: responsável pela oferta de matéria-prima para os processos, representado com a quantidade e frequência de entrega;
- d. Fluxo de informação: podem ser informações físicas ou eletrônicas, representa como, o que e quanto deve ser produzido de cada produto;
- e. PCP: o controle de produção é responsável por coletar os pedidos dos clientes, processá-los e enviar as instruções para a produção;
- f. Linha do tempo: demonstra o *lead time* de produção, ou seja, o tempo que um produto leva desde a chegada como insumo até a saída para expedição.

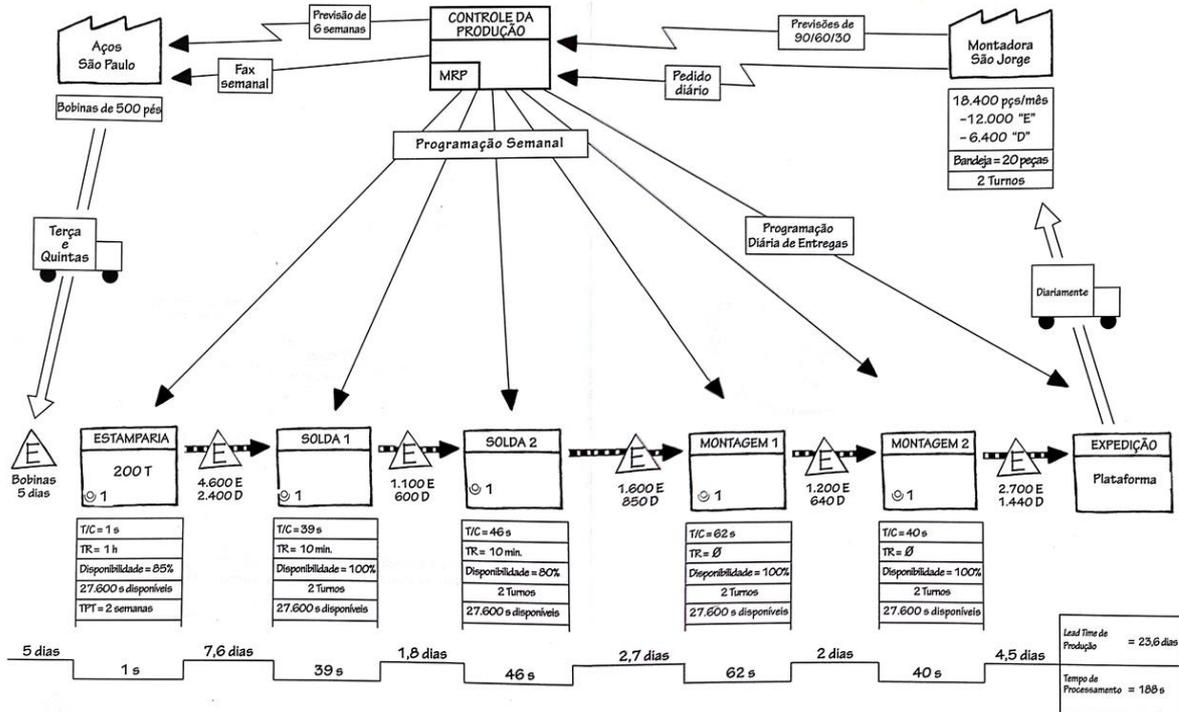
Todos esses elementos são representados no padrão de linguagem da Figura 6, apresentada no tópico 2.2.

Desta forma, conhecendo os processos do sistema, os dados necessários e como representar os elementos do mapa, a elaboração do desenho do estado atual pode ser iniciada.

Para Erlach (2012), a desenho do mapa do estado atual é conduzido por duas macros etapas: i) o mapeamento dos processos produtivos e do fluxo de material que os conecta e; ii) o mapeamento do fluxo de informações. De acordo com esse autor, na etapa de mapeamento dos processos, o desenho é realizado da interface entre o cliente e a produção, geralmente na expedição, para que o fluxo de valor possa ser rastreado do ponto de vista do cliente até sua fonte no recebimento. Já na segunda etapa, elaboração do mapeamento do fluxo de informação, a interface é construída entre o processamento de pedidos e o cliente, geralmente no ponto de aceitação do pedido, de onde todos os locais de trabalho que geram e lidam com documentos de produção estão acessíveis passo a passo (Erlach, 2012). A Figura 13 ilustra um

exemplo de MFV do estado atual finalizado, contendo os elementos e informações descritas nessa seção.

Figura 13 - Exemplo de mapa do estado atual



Fonte: Rother e Shook (2003).

Com o mapa do estado atual finalizado, o segundo princípio do *Lean*, identificar e mapear o fluxo de valor, é atingido. A visão do sistema é integral, as quebras no fluxo são aparentes, os desperdícios e pontos críticos podem ser identificados. O objetivo seguinte, é idealizar melhorias para que o valor flua de forma contínua e ininterrupta, ou pelo menos, puxada pelo cliente.

2.2.2.3 Elaboração do desenho do estado futuro

O mapa do estado futuro é criado ao incorporar as oportunidades de melhoria identificadas no mapeamento do estado atual. Seu objetivo é construir uma cadeia de produção onde os processos individuais e as quebras do fluxo de valor sejam articulados com um fluxo contínuo, ou então puxado, que se aproxima ao máximo da perfeição (Erlach, 2012).

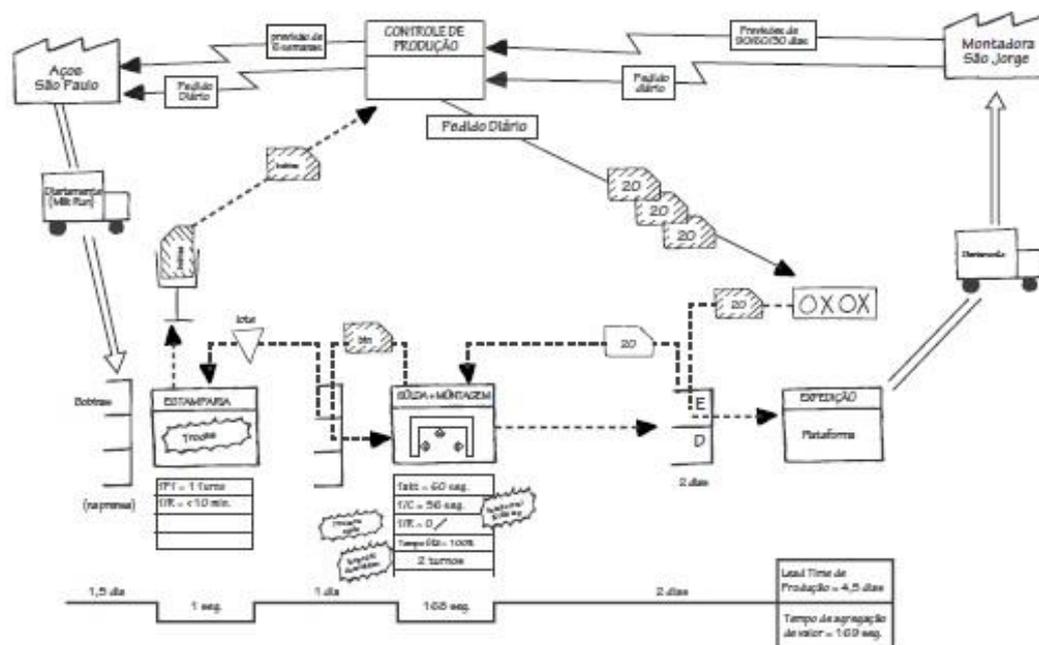
Para atingir um estado futuro *Lean*, Rother e Shook (2003) construíram sete diretrizes essenciais utilizadas pela Toyota na construção de um sistema produtivo enxuto:

- a. Produzir de acordo com o *Takt Time*: Sincronizar o ritmo da produção de acordo com as vendas, assegurando que se produza apenas o que o cliente precisa, no momento desejado;
- b. Decidir se deverá produzir para supermercado ou expedição: Essa decisão depende de características gerais e da estratégia da organização. Produzir diretamente para a expedição exigirá um fluxo do pedido à entrega confiável, e com *lead time* curto ou então mais estoque de segurança. O padrão de compra do consumidor é um fator importante para tomar essa decisão;
- c. Implementar o fluxo contínuo sempre que possível: o fluxo contínuo é implementado quando cada item é transferido imediatamente de um estágio do processo para o outro sem interrupções, eliminando qualquer estoque intermediário;
- d. Implementar o sistema puxado quando o fluxo contínuo não puder ser implementado: nesses casos, a implementação do sistema FIFO ou supermercados são necessários (Coimbra, 2013);
- e. Enviar o pedido do cliente para um processo de produção: o pedido é enviado ao *pacemaker*⁴, quem dita o ritmo dos processos anteriores e os processos posteriores a ele devem estar sequenciados ou em fluxo contínuo (Erlach, 2012);
- f. Nivelar o mix de produtos no processo puxador;
- g. Nivelar o volume de produção;
- h. Levantar as melhorias do processo necessárias para fazer fluir o fluxo de valor conforme as especificações do projeto de seu estado futuro.

Ao seguir as diretrizes propostas por Rother e Shook (2003) é preciso adaptar a construção do mapa futuro de acordo com a realidade da empresa. O mapa futuro pode ser construído de forma mais idealizada para ser implementado a longo prazo ou desenvolvido com a finalidade de eliminar pontos críticos a curto prazo. A Figura 14 é um exemplo de um mapa do estado futuro.

⁴ *Pacemaker* é o processo puxador, quem recebe a demanda do cliente e o nivelamento da produção

Figura 14 - Exemplo de mapa do estado futuro



Fonte: Rother e Shook (1999).

Na Figura 7, apresentada no tópico de Estrutura do MFV, as setas têm direção dupla, o que indica que à medida que as melhorias são implementadas, o estado futuro se transforma no estado atual, tornando necessário criar um novo estado futuro.

2.2.2.4 Elaboração do plano de trabalho e implementação

De acordo com Ferro (2003), o mapeamento do fluxo de valor representa um meio de aprimorar o desempenho das operações, que, em última instância, é o objetivo final. Nesse contexto, é necessário levantar todas as melhorias propostas e quebrar a implementação em etapas para que o estado futuro seja alcançado.

A segmentação do mapa do estado futuro em *loops* de implementação priorizará a aplicação das melhorias mais simples e que trazem um resultado mais rápido para o cliente, ademais, é uma forma de dividir a implementação das melhorias entre os responsáveis (Rother, Shook; 2003).

Para Duggan (2018), um plano de ação precisa ser elaborado, definindo marcos claramente descritos, datas de conclusão e, acima de tudo, responsabilidades. O autor complementa que a implementação de medidas que levam ao estado futuro deve ser conduzida passo a passo durante as operações regulares

da fábrica, pois somente ciclos de *feedback* curtos permitem que as soluções sejam testadas, aprimoradas e direcionadas na direção certa.

No contexto desse trabalho, as melhorias elaboradas para o estado futuro não serão implementadas, como descrito nas delimitações, tópico 1.4.

Para conseguir aplicar a ferramenta do MFV, é preciso compreender as particularidades do sistema de produção da empresa. Nesse contexto, o próximo tópico descreve as características de um sistema de produção sob encomenda, estratégia produtiva adotada pela empresa estudo desse trabalho.

2.3 SISTEMA DE PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA

Segundo Erdmann (2000), os sistemas de produção podem ser definidos como “um conjunto de partes inter-relacionadas, as quais quando ligadas atuam de acordo com padrões estabelecidos sobre inputs (entradas) no sentido de produzir outputs (saídas)”. Tubino (2007) complementa afirmando que a transformação dos insumos (*inputs*) em produtos (*outputs*) é realizada de acordo com as necessidades (bens/serviços) dos clientes.

Os sistemas de produção são classificados de diferentes maneiras com o intuito de facilitar a compreensão das suas características e a relação entre as atividades produtivas (Lustosa et al, 2008). As classificações mais conhecidas descritas por Lustosa *et al.* (2008) são citadas na Figura 15:

Figura 15 - Tipos de classificação e características dos sistemas produtivos

TIPO DE CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Grau de padronização dos produtos	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos padronizados • Produtos sob medida ou personalizados
Tipo de operação	<ul style="list-style-type: none"> • Processos contínuos (larga escala) • Processos discretos • Repetitivos em massa (larga escala) • Repetitivos em lote (<i>flow shop</i>, linha de produção) • Por encomenda (<i>job shop</i>, <i>layout</i> funcional) • Por projeto (unitária, <i>layout</i> posicional fixo)
Ambiente de produção	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Make-to-stock (MTS)</i> • <i>Assemble-to-order (ATO)</i> • <i>Make-to-order (MTO)</i> • <i>Engineer-to-order (ETO)</i>
Fluxo dos processos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Processos em linha.</i> • <i>Processos em lote.</i> • <i>Processos por projetos</i>
Natureza dos produtos	<ul style="list-style-type: none"> • Bens • Serviços

Fonte: Lustosa et al. (2008).

Independente da classificação, alguns sistemas produtivos possuem características que dificultam a implementação da Manufatura Enxuta (Jina; Bhattacharya; Walton, 1997). É o caso dos sistemas produtivos sob encomenda, sob medida ou personalizados, *make to order* e *engineer to order*.

Para Tubino (2007), as principais características desses sistemas são a alta variedade de produtos e o baixo volume de produção. Esses aspectos aumentam a complexidade o fluxo de materiais e informações, além de dificultar o dimensionamento de supermercados.

Nesses sistemas, os itens são produzidos especialmente, segundo as especificações do cliente. O sistema produtivo permanece ocioso na maior parte do tempo, existindo dificuldade na padronização de seus processos e recursos, desta forma o produto possui um alto valor repassado aos clientes (Lustosa *et al.*, 2008).

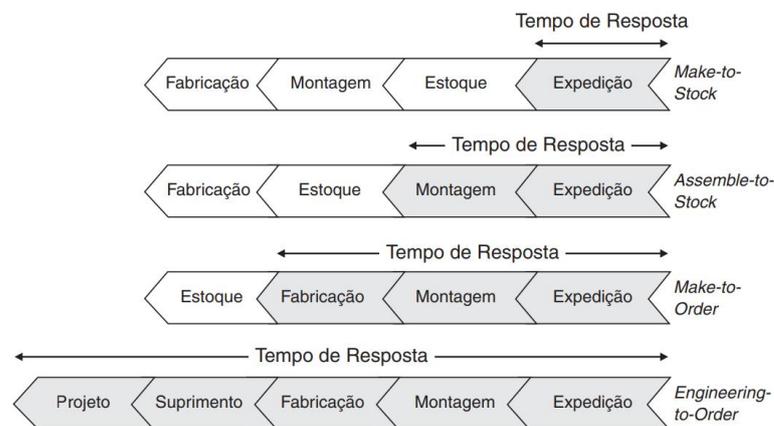
Na busca de atender as necessidades específicas dos clientes, as interações entre empresa e clientes são estreitas, dessa forma, o sistema produtivo necessita ser altamente flexível e sofre alterações a cada novo projeto (Tubino, 2015). De acordo com esse autor, os sistemas sob encomenda são adotados por empresas que atuam com estratégias competitivas de focalização, ou seja, a empresa foca as suas habilidades em determinar um grupo de clientes e com isso, atendê-los melhor que os demais competidores, oferecendo exclusividade no projeto de fabricação. Ademais, esse sistema produtivo possui custos elevados, alta margem de lucro e volumes de vendas baixos (Tubino, 2015).

Conforme Jina, Bhattacharya e Walton (1997), as produções comuns, caracterizadas por alto volume e baixa variedade, conseguem amortecer o impacto da variabilidade de entradas no sistema através do desacoplamento entre a cadeia de suprimentos interna e externa, com um estoque final. Os autores afirmam que organizações de alta variedade e baixo volume não podem adotar essa política, devido à sua natureza de produção sob encomenda precisariam manter um grande estoque de todos os diferentes tipos de produtos. Isso permite concluir que qualquer mudança no planejamento da produção gera um impacto significativamente maior nesses ambientes do que geraria em uma produção de alto volume.

Em produções sob encomenda, MTO, o processo de fabricação só tem início com o pedido do cliente, o prazo de entrega é alto e os estoque estão no começo da cadeia de produção (Lustosa *et al.*, 2008).

Essas características são potencializadas em produtos totalmente desenvolvidos para os clientes, os chamados engenharia sob encomenda, ETO (Lustosa *et al.*, 2008). Isso porque, é difícil dimensionar estoques de matéria-prima pois em muitos casos, a definição da matéria-prima faz parte do projeto. Lustosa *et al.* (2008) afirma que a complexidade do fluxo de materiais é alta porque a variedade de produtos é alta e o volume é baixo, e o *lead time* produtivo consegue ser maior que em sistemas MTO dado o desenvolvimento do produto para o cliente. A Figura 16 representa o *Lead time* e a localização dos estoques quanto a classificação de ambiente de produção.

Figura 16 - Lead time dos clientes e localização dos estoques



Fonte: Lustosa *et al* (2008).

As empresas de alta variedade e baixo volume podem se encaixar em um determinado nível de integração vertical, ou abranger em seu portfólio de produtos os dois extremos: produtos de alto nível de integração vertical para ter maior controle da exclusividade e variedade das opções, e produtos com baixo nível de integração vertical por conta da dificuldade em manter controle de tecnologias complexas e altos investimentos em determinados produtos (Jina; Bhattacharya; Walton, 1997).

Para Jina, Bhattacharya e Walton (1997), outra característica típica desses sistemas de produção é a turbulência, que acontece por mudanças relacionadas ao cronograma de entregas, ao mix de produtos, ao volume de produção ou ao design dos produtos. Essa variabilidade e incerteza dos insumos, resulta na alta imprevisibilidade do sistema ao buscar atingir os resultados esperados.

Buetfering *et al* (2016) comparam características de sistemas de produção sob encomenda com sistemas produtivos onde tradicionalmente é aplicada a

manufatura enxuta, ambientes de baixa variedade e alto volume. Os autores afirmam que a complexidade de sistemas produtivos sob encomenda é maior, bem como, a dificuldade de implementar ferramentas tradicionais do *Lean* nesse ambiente. O Quadro 2 apresenta as diferenças entre os dois sistemas.

Quadro 2 - Comparativo entre sistemas de produção

Características	Ambiente de Produção: Baixa Variedade e Alto Volume	Ambiente de Produção: Alta Variedade e Baixo Volume
Complexidade	Muito baixo – Baixo	Moderado – Extremamente alto
<i>Lead Time</i>	Fixo	Variável
Trabalho do Operador	Repetitivo	Diferente para cada produto
Conhecimento sobre o Trabalho	Estruturado	Subentendido
Especialização de pessoas e equipamentos	Alto	Baixo

Fonte: Traduzido e Adaptado de Buetfering et al (2016).

Por fim, Lane (2020) elenca um conjunto de características que representam efetivamente as diferenças básicas entre plantas de MFV de alto volume e baixo volume. O foco do mapeamento do estado futuro deve estar nessas características:

- Processos compartilhados;
- Desbalanceamento entre processos;
- Processos apenas parcialmente utilizados;
- Pedidos infrequentes;
- Grandes variações no tamanho do pedido;
- A incapacidade de calcular e planejar com base no tempo de takt;
- Grande variação de componentes/parts comprados usados em diversos produtos.

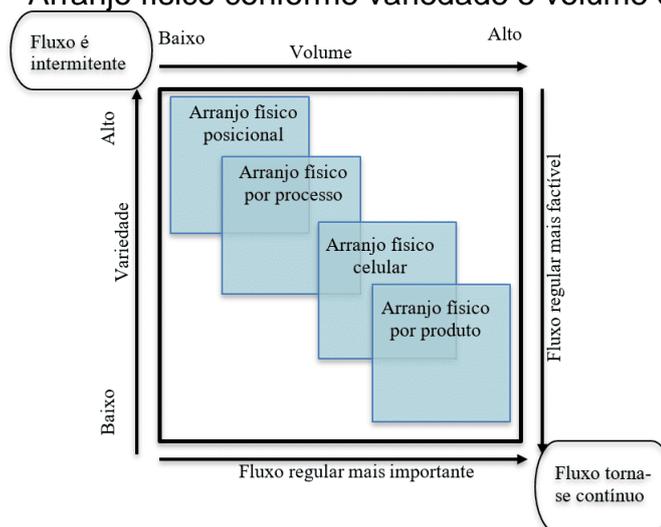
A partir das características desse sistema, é possível adaptar as ferramentas do *Lean* para evidenciar e eliminar os desperdícios. Com o objetivo de diminuir a complexidade, aumentar a entrega de valor e reduzir o *lead time* de entrega ao cliente final.

Para contornar a falta de estoques finais, Lane (2020) sugere acompanhar as etapas do processo produtivo e analisar onde a variedade de produtos é adicionada.

Ao identificar o processo que mais causa variedade, é possível estabelecer um supermercado menor e mais fácil de ser administrado antes do processo, dessa forma, é possível diminuir o *lead time* de entrega ao cliente.

De acordo com Araya (2012), as linhas de produção são excelentes para minimizar desperdícios, no entanto, na fabricação de alto mix e baixo volume os processos raramente são repetíveis e estáveis, então, utilizar linhas de montagem não são eficientes. Para Lane (2020), nesse sistema de produção, o direcionamento é olhar para o processo em vez do produto. Como a gama de produtos é vasta, o processo deve ser adaptado para acomodar essa diversidade e superar os desafios particulares que ela apresenta. A Figura 17 apresenta a relação entre os arranjos físicos, a variedade e o volume de produção.

Figura 17 - Arranjo físico conforme variedade e volume de produtos



Fonte: Góes et al (2020).

Devido à complexidade operacional presente nesse tipo de sistema, não é viável implementar um alto nível de automação e especialização em tarefas específicas (Haider; Mirza, 2015). Ademais, Lane (2020) afirma que desenvolver operadores polivalentes nesse sistema significa ter profissionais capacitados para desempenhar eficientemente diversas tarefas do processo e se adaptar aos diferentes tipos de produto.

Como a demanda varia consideravelmente, definir um valor preciso para o *takt time* não é adequado. Duggan (2018) propõe uma abordagem alternativa, em vez de basear-se na demanda do cliente, a proposta utiliza uma capacidade *takt*, que

reflete a capacidade produtiva da empresa em termos de volume e variedade. Quando as alterações da demanda ocorrerem a ponto de necessitar uma alteração física no fluxo de valor, uma nova capacidade *takt* é estabelecida para esse novo fluxo de valor. A Figura 18 representa o acionamento da capacidade *takt*, mudança na capacidade produtiva da empresa, para se adaptar às variações da demanda representada pela curva na ilustração.

Figura 18 - Capacidade *takt* e a demanda do cliente



Fonte: Duggan (2018).

O estabelecimento da capacidade *takt* permite que a empresa ajuste a sua capacidade produtiva em concordância com as flutuações da demanda, garantindo que a produção esteja alinhada com as necessidades do cliente (Duggan, 2018). Para esse sistema funcionar, Lane (2020) reforça a implementação de células de fabricação flexíveis e mão-de-obra capacitada, apenas com flexibilidade e preparo é possível amortecer as variações desse sistema.

As características desse sistema de produção exigem particularidades na aplicação da manufatura enxuta que complexificam o uso das ferramentas, em especial do Mapeamento de Fluxo de Valor. No entanto, quando executadas corretamente como sugerido, essas técnicas possibilitam que sistemas com diferentes especificidades reduzam as variações nos processos de produção, aumentam a flexibilidade do sistema e agregam maior valor ao cliente final, introduzindo a melhoria contínua na organização.

Os conceitos apresentados neste capítulo servirão de subsídios para a análise que será desenvolvida nos próximos capítulos. Antes, porém, é apresentada a metodologia da pesquisa.

3 METODOLOGIA

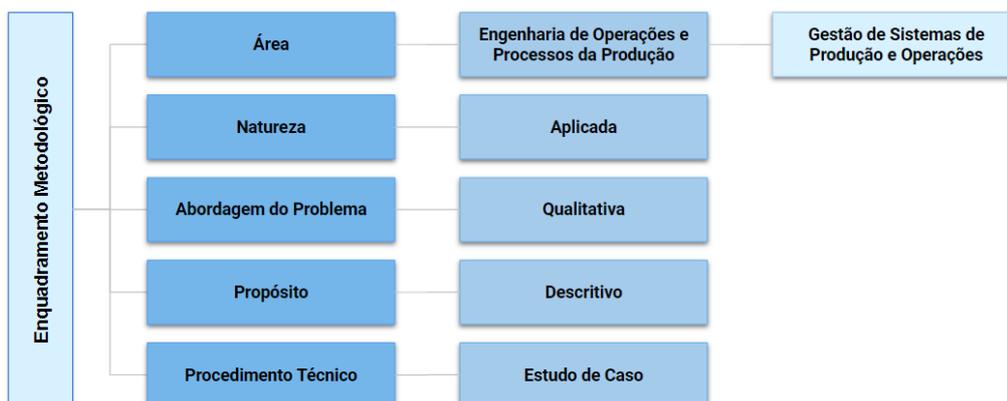
Esta seção é composta por dois tópicos distintos: a caracterização científica do trabalho, que aborda a metodologia utilizada na pesquisa; e os procedimentos de pesquisa, cujo propósito é descrever os passos necessários para alcançar os resultados desejados nesse estudo.

3.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

Existem diversas metodologias que podem ser seguidas para executar uma pesquisa científica. Ao enquadrar a pesquisa em uma metodologia, proporciona-se sustentação ao trabalho, estabelecendo uma conexão entre as etapas e permitindo que os leitores identifiquem a perspectiva sob a qual a pesquisa foi conduzida.

A caracterização científica desse trabalho envolve a classificação do estudo em quatro categorias: do ponto de vista da sua natureza, levando em consideração a forma de abordagem do problema, do ponto de vista dos propósitos e, por fim, dos procedimentos técnicos (Gil, 1994). A Figura 19 apresenta o enquadramento metodológico desta monografia formulado a partir da categorização descrita acima.

Figura 19 - Enquadramento metodológico da pesquisa



Fonte: Elaborada pela Autora (2023).

O presente trabalho tem como tema a utilização do Mapeamento do Fluxo de Valor para o aumento de produtividade de uma linha de produção de blocos hidráulicos sob encomenda. O principal objetivo é analisar as particularidades de um

mapeamento de fluxo de valor desenvolvido para uma linha de produção de produtos de alta variedade e baixo volume, e como o MFV auxilia para o aumento produtivo de linhas sob encomenda.

Sendo um trabalho de conclusão de curso em Engenharia de Produção, a primeira definição enquadrada foi em quais áreas e subáreas da ABEPRO a pesquisa se encaixa. A área definida é a número 1, "Engenharia de operações e processos da produção: Projetos, operações e melhorias dos sistemas que criam e entregam os produtos (bens ou serviços) primários da empresa." Para maior especificidade, a subárea selecionada é 1.1, "Gestão de Sistemas de Produção e Operações".

Em relação à sua natureza, o trabalho em questão é categorizado como de natureza aplicada. Para Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa aplicada se concentra menos na criação de teorias de valor universal, o foco é na aplicação imediata dos resultados em um contexto específico e real. Além disso, ela tem como objetivo gerar conhecimentos práticos, direcionados à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais. Este trabalho se enquadra na categoria de pesquisa aplicada devido aos seus objetivos, que incluem a identificação da capacidade produtiva, o mapeamento do fluxo de valor e a proposição de melhorias em uma linha de produção de blocos hidráulicos sob encomenda.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, esse trabalho é da classe qualitativa. A pesquisa qualitativa se preocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ser quantificado. Ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis (Minayo, Deslandes, Gomes; 2011). Nesse contexto, o projeto em questão envolve a análise de fatores como: tempos de processamento, demanda produtiva, entrevistas com os colaboradores, os fluxos e sequências de operação e informação, e do balanceamento da linha de produção, todos analisados sem necessidade de recursos estatísticos.

Sob a perspectiva de propósito, o estudo é classificado como descritivo, uma vez que tem por objetivo avaliar o uso do mapeamento de fluxo de valor para aumentar a produtividade de uma linha produtiva de produtos sob encomenda. As pesquisas descritivas têm como objetivo descrever fatos e/ou fenômenos de determinada

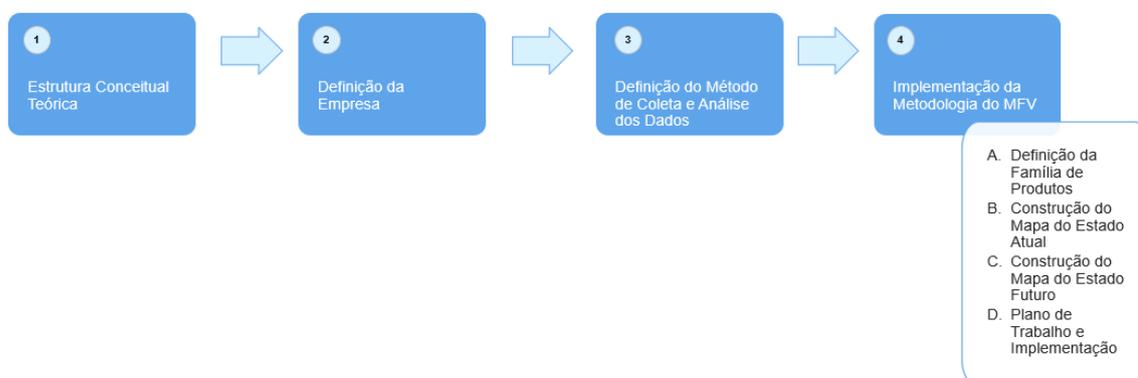
realidade (Fantinato, 2015). Para o desenvolvimento da pesquisa, os dados utilizados foram secundários, com base em documentações, ou seja, os próprios tempos e informações de processos disponibilizados pela empresa de blocos hidráulicos, e primária, através de entrevistas e validações com os próprios colaboradores da empresa para entendimento mais qualitativo do fluxo e das melhorias.

Por fim, do ponto de vista de procedimento teórico, classifica-se esse trabalho como estudo de caso de um único caso. O estudo de caso é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, dentro de um contexto real de vida. Trata-se de uma análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), para que permita o seu amplo e detalhado conhecimento (Gil, 1994; Berto *et al.*, 1999). Dessa forma, o estudo de caso visa aprofundar conhecimentos acerca de um problema, estimulando a compreensão, sugerindo hipóteses ou desenvolvendo uma teoria (Miguel, 2007).

3.2 PROCEDIMENTO DE PESQUISA

Este tópico refere-se a estrutura seguida para a condução do estudo de caso. Utiliza-se como referência a estrutura para aplicação do estudo de caso proposto por Miguel (2007), a partir da proposta de Miguel, foi possível desenvolver uma estrutura aplicável a esse estudo de caso. A Figura 20 representa as etapas diretrizes desse estudo, isso é, os passos necessários para atingir os resultados esperados do trabalho.

Figura 20 - Estrutura para aplicação do estudo de caso



Fonte: Elaborada pela Autora (2023).

3.2.1 Estrutura conceitual teórica

Um estudo de caso necessita de uma estrutura conceitual-teórica bem definida, com o mapeamento da literatura sobre o tema, delineando as proposições e fronteiras do trabalho. Dessa forma, foi utilizado o método *SYSMAP* desenvolvido por Vaz e Maldonado (2017) para filtragem das principais literaturas envolvendo os temas: i) *Lean*, ii) Mapeamento de Fluxo de Valor e; iii) Sistemas de produção sob encomenda, já descritos nesse trabalho.

Sobre a temática de *Lean Manufacturing*, também conhecida como Manufatura Enxuta ou Filosofia *Lean*, são destacados os livros *A Máquina que Mudou o Mundo*, *A Mentalidade Enxuta das Empresas*, *O Sistema Toyota de Produção*, *O Modelo Toyota: Manual de Aplicação* e *O Modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Dentre todas as literaturas foram observados história, definições, princípios, desperdícios e ferramentas do *Lean*.

Para o conceito de Mapeamento do Fluxo de Valor, ou *Value Stream Mapping*, destaca-se os livros *Aprendendo a Enxergar* de Mike Rother e John Shook, *Value Stream Design - The Way Towards a Lean Factory* de Klaus Erlach, *Creating Mixed Model Value Streams* de Kevin J. Duggan, e por último, o artigo *Value Stream Mapping for High-Mix, Low-volume manufacturing* de Araya J. Manuel. As últimas três literaturas são direcionadas à aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor em sistemas de produção de alta variedade e baixo volume, ou seja, o MFV em produções sob encomenda. Sobre MFV, foram observados aspectos como definições, benefícios, resultados já encontrados com o uso da ferramenta, estrutura e simbologia.

Além da aplicação da ferramenta do Mapeamento de Fluxo de Valor, foram exploradas literaturas que definem e caracterizam os sistemas sob encomenda e relacionem com a aplicação da Manufatura Enxuta. Sendo assim, destaca-se os livros *Planejamento e Controle da Produção* de Leonardo Lustosa, *Planejamento e Controle da Produção e Manufatura Enxuta Como Estratégia de Produção*, ambos de Dalvio Tubino, *Made-to-Order Lean: Excelling in a High-Mix, Low-Volume Environment* de Greg Lane e o artigo de Jina, Bhattacharya e Walton, *Applying lean principles for high product variety and low volumes: some issues and propositions*. A compreensão desse

tipo de sistema produtivo é essencial para que a aplicação da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor seja assertiva.

3.2.2 Definição da empresa

A empresa objeto deste estudo é uma fábrica de grande porte (mais de 500 colaboradores) atuante no setor metal mecânico e situada na região do Vale do Itajaí, Santa Catarina. Pertencente a uma multinacional alemã com mais de 130 anos de história, esse grupo se destaca globalmente no campo das tecnologias de acionamento, controle, hidráulica e movimento de equipamentos industriais e móveis, é um dos principais especialistas no setor e se dedica à criação de inovações para clientes no mundo todo.

A unidade fabril catarinense é dividida internamente em áreas industriais e concentra seus esforços em desenvolver produtos para empresas majoritariamente voltadas à produção de máquinas agrícolas, equipamentos de construção civil e operações industriais. Seus produtos se enquadram em diferentes aplicações de engenharia, máquinas e automação, dando destaque para equipamentos de hidráulica industrial, hidráulica mobil, eletrônica mobil e tecnologias de fundição e moldagem.

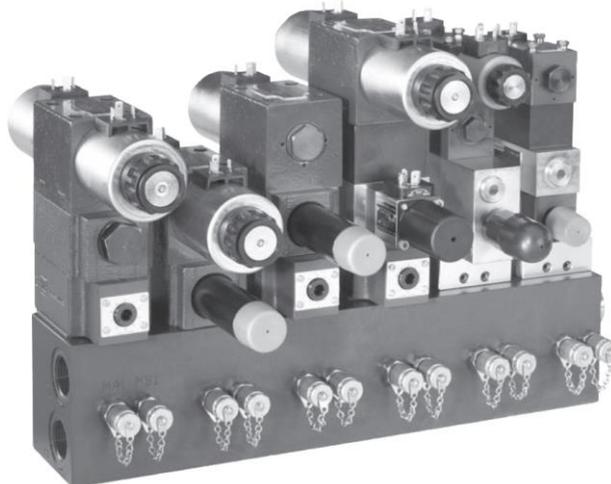
Além disso, os produtos são desenvolvidos e fabricados para atender uma necessidade específica do cliente, podendo ter ou não recorrência de compra daquele produto, dessa forma, dependendo do cliente e da frequência de compra, a planta decide qual será o estilo de operação utilizado entre as quatro modalidades de ambientes produtivos: MTS, ATO, MTO e ETO.

Como o portfólio da empresa é amplo, cada área industrial da planta é responsável pela fabricação de um grupo de produtos de características similares. A área industrial que serviu como estudo de caso desse trabalho é a responsável pela produção de equipamentos de hidráulica industrial e mobil, mais precisamente na fabricação de blocos hidráulicos de *manifold*.

Os blocos hidráulicos de *manifold* são peças que regulam o fluxo de fluídos em máquinas que utilizam sistema hidráulico. Esses blocos são compostos por uma série de válvulas hidráulicas conectadas entre si, permitindo que o operador, piloto da

máquina, controle a quantidade de fluídos que passam entre os componentes do maquinário. A Figura 21 é um exemplo de como é um bloco hidráulico.

Figura 21 - Exemplo de um bloco hidráulico *manifold*



Fonte: Portfólio da empresa (2023).

Atualmente, a linha de produção de blocos possui 175 *part numbers*, isto é, tipos de blocos hidráulicos de *manifold* ativos no portfólio. A produção de um bloco é realizada conforme às necessidades dos clientes. Quando é solicitado pela primeira vez um bloco, o produto passa por uma etapa de design e validação com o cliente, e protótipos do produto são fabricados para o consumidor. Uma vez que o protótipo é aprovado pelo cliente, a peça deixa de seguir o modelo ETO, ela é adicionada ao catálogo e as próximas produções desse bloco seguem o modelo produtivo MTO.

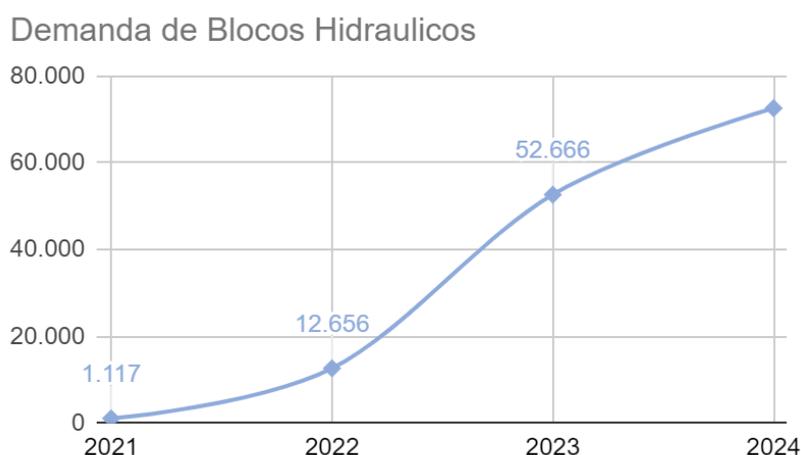
Outros modelos produtivos, como ATO e MTS, não são operacionalizados na fabricação de blocos pois esses blocos possuem alto valor agregado para a empresa. No entanto, é do interesse dos gestores da linha que esse tipo de estratégia seja implementado em blocos de alta demanda e frequência, e em produtos destinados a clientes prioritários na fábrica, conhecidos como *high runners*, para que o *lead time* de entrega dos produtos a esses clientes seja reduzido. Os clientes *high runners*, são consumidores recorrentes, eles solicitam os seus blocos com antecedência e retiram mensalmente a quantidade acordada com a empresa.

Para fazer essa composição de sistemas funcionar, a empresa adere algumas práticas da Manufatura Enxuta como linhas de montagem dos blocos, sistemas *PokaYoke*, manutenção de máquinas com TPM, *kanbans* para abastecimento dos

bordos de linha dos componentes e aplicação do 5S. No entanto, a operacionalização do terceiro e do quarto princípio do *Lean* (fluxo contínuo e o sistema puxado de produção para os blocos) é uma dificuldade atual da linha produtiva de blocos hidráulicos de *manifold*.

Ademais, a demanda de blocos hidráulicos cresceu 1.033% de 2021 para 2022 e promete atingir 72.579 mil unidades de blocos em 2024. A Figura 22 é um gráfico representativo da demanda de blocos dos últimos 2 anos e as previsões de fechamento para 2023 e 2024.

Figura 22 - Demanda de blocos hidráulicos *manifolds*



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Contudo, a produção de blocos hidráulicos não acompanhou o crescimento da demanda, o não cumprimento do prazo de entrega do produto ao cliente é frequente e o principal motivo de insatisfação dos consumidores. Atualmente a linha sofre com um *backlog*⁵ de 468 blocos que deveriam ter sido entregues aos clientes, mas estão atrasados. Desse modo, é necessário entender a situação atual do sistema, bem como, se há desperdícios que podem ser eliminados e se falta capacidade de máquina e colaboradores para cumprir com o planejamento da produção. Ademais, é de interesse da empresa que esse problema seja eliminado logo e não ocorra para os próximos anos.

⁵ Uma lista de tarefas ou demandas que já foram solicitadas, mas estão pendentes, nesse caso, os blocos a serem produzidos.

3.2.3 Definição do método de coleta e análise de dados

Para coletar dados na empresa, elaborou-se um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B), em conformidade com o Código de Ética da pesquisa científica da Universidade, garantindo à empresa a confidencialidade das informações específicas.

Previamente, foram realizadas algumas reuniões e entrevistas para entender a situação na qual a empresa se encontra. Informações gerais sobre os produtos, clientes, fornecedores, estratégias produtivas, histórico de vendas, previsões de demanda e principais dificuldades foram captadas e utilizadas para caracterizar a empresa e definir o estudo de caso.

Para desenvolver o mapeamento de fluxo de valor foi necessário analisar minuciosamente o sistema produtivo presencialmente e conversar com os responsáveis pelo planejamento e controle da produção, o líder da linha, os colaboradores dos diferentes turnos de produção, os engenheiros de processos, o engenheiro de produto e o especialista em *Lean* da fábrica. Ao acompanhar o processo durante três meses, foi possível obter conhecimento e registrar as particularidades do produto, os processos que fazem parte da linha e como o fluxo de materiais e informações fluem no sistema.

Ademais, foi necessário coletar todos os dados citados no tópico 2.2.1, os tempos de ciclo dos produtos fabricados na linha durante o período de coleta foram cronometrados, assim como, os tempos de processamento, os tempos de setup de máquina e a disponibilidade das máquinas e colaboradores para os diferentes turnos de produção foram analisados. Os tempos de ciclo registrados pelas máquinas e pelos processos no histórico de produção também foram consultados e utilizados para construir um mapa que representasse o estado atual do sistema. Para os cálculos de *takt time* foi preciso entender as planilhas de previsões de demanda e os pedidos já solicitados pelo cliente.

As quantidades e os tempos dos estoques de matéria-prima, produtos em processamento e produtos acabados também foram apontados pela pesquisadora.

Além de todo o entendimento do sistema produtivo e da coleta dos dados necessários para construir os mapas, conversas com os operadores da linha foram imprescindíveis para compreender melhor os problemas que aconteciam na produção

de blocos hidráulicos e quais eram as sugestões de melhorias dos colaboradores. Registros da pesquisadora e a experiência de quem vive o processo na prática embasaram os planos de ação e apoiaram a construção do mapa do estado futuro.

Dentre as possibilidades de melhorias, ideias como alteração de layout, realocação de colaboradores, investimentos em maquinários, rebalanceamento de postos e automatização de processos foram verificadas com os responsáveis.

Por fim, o suporte e os direcionamentos da liderança foram determinantes para a construção de um estado futuro condizente e factível com as estratégias da organização.

3.2.4 Implementação da metodologia do MFV

Para a construção do mapeamento de fluxo de valor, foi seguido o manual de aplicação da ferramenta descrito no tópico 2.2.2 e elaborado por Rother e Shook (2003). A estrutura proposta pelos autores é composta por quatro etapas principais: i) Definição da Família de Produtos; ii) Construção do Mapa do Estado Atual; iii) Construção do Mapa do Estado Futuro; iv) Elaboração do Plano de Trabalho e Implementação.

Na etapa de Definição de Família de Produtos foi utilizado o método *Family Likeness* proposto por Erlach (2012) para agrupar os 175 *part numbers* em famílias de produtos. A justificativa de escolha desse método é pelo fato de os blocos hidráulicos possuírem processos e tempos de ciclos muito parecidos, o que dificulta a separação em famílias, no entanto, os produtos finais têm características diferentes. Ademais, há uma inviabilidade de aplicação do método 80/30, a empresa não possui registrado para todos os produtos os tempos de ciclos (elementos de trabalho) por etapas do processo já que um volume considerável de protótipos (produtos que são produzidos pela primeira vez) são fabricados na linha de blocos manifolds.

Após a classificação dos produtos em famílias, foi selecionada para representar no mapeamento de fluxo de valor a família de maior importância para a empresa. Os critérios de escolha foram o volume de vendas/produção do produto e o faturamento, ressalta-se que o grau de relevância daquele cliente para a organização foi considerado ao avaliar qual família seria representada no MFV.

Para construir o Mapa do Estado Atual, foi necessário coletar os dados citados nos tópicos 2.2.1 e 3.2.3, a partir deles, o desenho do mapa foi elaborado seguindo o direcionamento de Erlach (2012). Primeiro, o autor sugere desenhar os processos e o fluxo de material do ponto de vista do cliente até a visão do fornecedor, posteriormente, o mapeamento de fluxo de informações é esboçado do ponto de pedido do cliente para os processos internos da empresa.

As considerações de Lane (2020) sobre destacar as características como processos compartilhados e parcialmente utilizados foram considerados nos registros do mapa. A simbologia de desenho utilizada é a representada na Figura 6 do tópico 2.2.

O desenho do estado futuro foi elaborado com base nos oito direcionamentos de Rother e Shook (2003) para construir um estado futuro enxuto. As estratégias de produção adotadas foram direcionadas pela empresa.

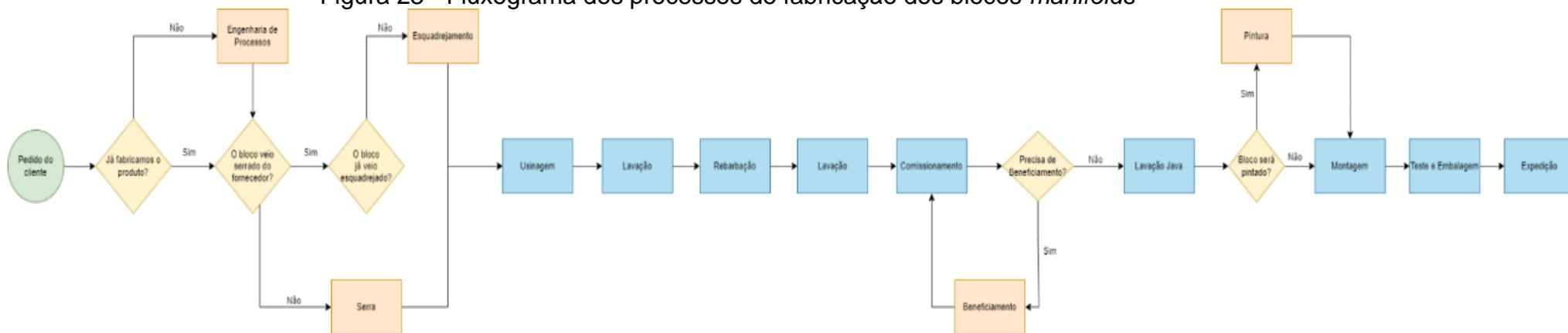
Enfim, a elaboração do plano de trabalho e implementação se deu diante das causas dos desperdícios evidenciados e de práticas para controlar e se adaptar efeitos como turbulência no sistema. As propostas de melhorias foram descritas e direcionadas para a empresa, mas não implementadas pela pesquisadora do estudo como delimitado no tópico 1.4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo deste capítulo é descrever o processo de aplicação do Mapeamento de Fluxo de valor na fabricação de blocos hidráulicos sob encomenda. Esta sessão está dividida em seis partes: i) Definição da Família de Produtos, onde descreve como foi escolhida a família de produtos e qual será a representada no MFV, ii) Elaboração do Mapa do Estado Atual, no qual representa o cenário produtivo atual da empresa e as particularidades do sistema, iii) Análise dos Problemas, onde é identificado os problemas e encontrado as causas raízes; iv) Elaboração do Mapa do Estado Futuro, no qual representa o estado futuro a ser atingido pela empresa; v) Sugestões de Melhorias e Implementação, é feito um levantamento de melhorias para atingir o estado futuro e desenvolvido um plano de trabalho para implementá-las na empresa; vi) Resultados da Aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor, na qual sintetiza os principais benefícios e ganhos de produtividade com o uso da ferramenta no estudo de caso.

4.1 DEFINIÇÃO DA FAMÍLIA DE PRODUTOS

Conforme descrito no capítulo 3.2.4, a empresa possui 175 *part numbers* e o método utilizado para agrupar os produtos em famílias foi o *Family Likeness*. Primeiramente, foi preciso entender quais as possibilidades de rotas processuais que o produto pode passar durante a fabricação, o fluxograma apresentado na Figura 23 descreve o processo com essas variedades. As principais etapas produtivas dos blocos hidráulicos *manifolds* são ilustradas nos quadrantes azuis, e as opções de rotas para o produto são representados pelos quadrantes laranjas. A partir do fluxograma, foi definido seis possibilidades de rotas para os blocos esquematizados na Figura 24.

Figura 23 - Fluxograma dos processos de fabricação dos blocos *manifolds*

Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Figura 24 - As possibilidades de rotas dos blocos hidráulicos

Esquema 1	Esquema 2	Esquema 3	Esquema 4	Esquema 5	Esquema 6
Eng de Processos	Eng de Processos	Eng de Processos	Serra/Esquadrejamento	Serra/Esquadrejamento	Serra/Esquadrejamento
Serra/Esquadrejamento	Serra/Esquadrejamento	Serra/Esquadrejamento	Usinagem	Usinagem	Usinagem
Usinagem	Usinagem	Usinagem	Lavação L55	Lavação L55	Lavação L55
Lavação L55	Lavação L55	Lavação L55	Rebarbação	Rebarbação	Rebarbação
Rebarbação	Rebarbação	Rebarbação	Lavação L55	Lavação L55	Lavação L55
Lavação L55	Lavação L55	Lavação L55	Comissionamento	Comissionamento	Preparação EQP
Comissionamento	Comissionamento	Preparação EQP	Lavação Java	Lavação Java	Beneficiamento externo
Lavação Java	Lavação Java	Beneficiamento externo	Montagem	Montagem	Comissionamento
Montagem	Montagem	Comissionamento	Pintura	Teste	Lavação Java
Pintura	Teste	Lavação Java	Teste	Embalagem	Montagem
Teste	Embalagem	Montagem	Embalagem	Expedição	Teste
Embalagem	Expedição	Teste	Expedição		Embalagem
Expedição		Embalagem			Expedição
		Expedição			

Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Dentre as possibilidades de rotas de processos para os blocos, o esquema 5 é a rota na qual a maioria dos produtos da empresa passam, representando 76,57% do portfólio. Além de determinar quais processos são mais comuns para a maioria dos produtos da empresa, é necessário compreender quais os critérios e as particularidades dos produtos que trazem variações nesses processos. Dessa forma, o Quadro 3 é uma síntese das principais características que diferenciam os blocos.

Quadro 3 - As características dos blocos hidráulicos

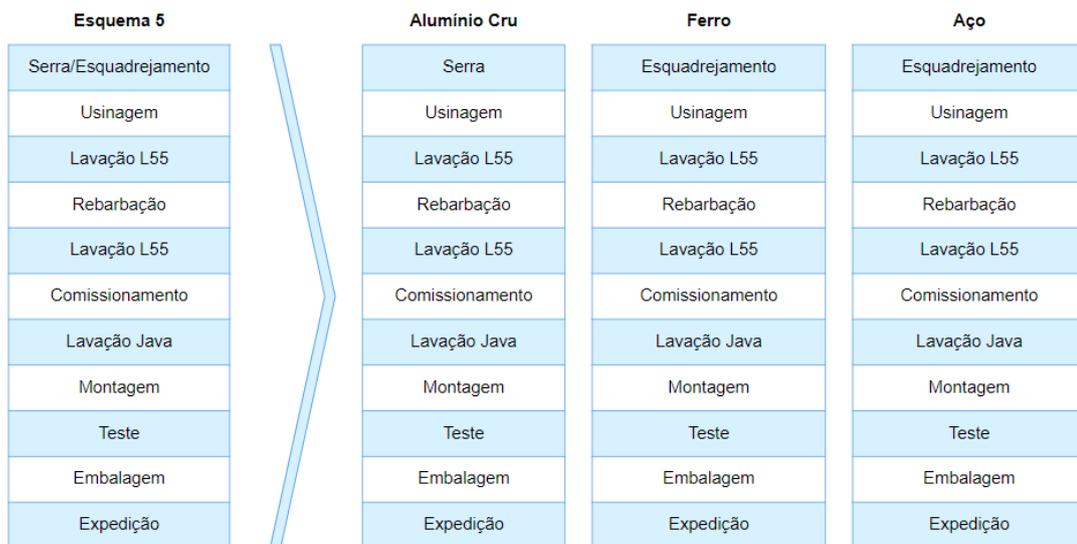
Principais Características	Critérios
Matéria-prima'	Blocos de Alumínio
	Blocos de Ferro
	Blocos de Aço
Peso	Até 1 kg
	1 kg a 10 kg
	maior de 10 kg
Forma geométrica	Cubo
	Paralelepípedo
Número de furos	1
	1 a 10
	mais de 10
Pintura	Pintado
	Não pintado
Número de Componentes (válvulas, pinos...)	0
	0 a 10
	mais de 10

Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Dentre as características, a matéria-prima é a particularidade do produto que causa as maiores variações nos processos. A escolha da matéria-prima implica em mudanças processuais e necessidade de recursos dedicados, outras características acabam sendo impactadas por conta da matéria-prima do bloco, como é o caso do peso dos produtos, onde apenas os produtos de aço e ferro possuem peso maior de 10kg. Ademais, dentro das características levantadas há sempre um critério que se sobressai aos demais, como o alto volume de produtos não pintados, apenas 0,57% dos blocos são pintados.

Sendo assim, a família de produtos a ser representada no Mapeamento de Fluxo de Valor é a dos blocos hidráulicos de alumínio cru, que representam aproximadamente 80,86% do volume de produção anuais e incluindo 9 dentre os 12 maiores clientes. A Figura 25 representa a seleção dessa família.

Figura 25 - A seleção da família de produtos dos blocos



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

4.2 CONSTRUÇÃO DO MAPA DO ESTADO ATUAL

Para elaborar o desenho do Estado Atual, é necessário conhecer todos os processos por onde o valor passa partindo da visão mais próxima do cliente, neste caso é o setor de vendas. Por ser um produto exclusivo para cada cliente, os pedidos chegam direto ao departamento comercial, que em seguida, envia as solicitações dos clientes para o departamento de planejamento e controle da produção (PCP) junto com as previsões de vendas mensais e anuais atualizadas. O PCP repassa ao

departamento de compras a demanda de matéria-prima e componentes que serão necessários para fabricação dos blocos, assim, o departamento de compras é responsável por adquirir os insumos junto ao fornecedor. O departamento do PCP também alinha com o setor de logística as demandas de matéria-prima, insumos e produtos acabados que devem chegar e sair da fábrica. Por fim, o planejamento e controle da produção é responsável por elaborar as ordens e o sequenciamento de produção e enviar ao líder da produção, qualquer problema na linha que cause atrasos na fabricação dos blocos é reportado ao PCP para uma possível renegociação dos prazos de entrega do produto junto ao cliente.

A empresa conta com um almoxarifado localizado na mesma planta que produz os blocos para armazenar a matéria-prima e os produtos acabados. Esse almoxarifado é coordenado pelo departamento logístico que recebe as mercadorias dos fornecedores e envia os produtos acabados para os clientes. O departamento logístico também tem a responsabilidade de realizar os abastecimentos internos da fábrica, tanto de matéria-prima quanto de componentes, e recolher os produtos acabados das áreas industriais levando até o almoxarifado, e por fim, expedir ao cliente.

A matéria-prima usada na produção dos blocos são as barras maciças de alumínio, existem dois fornecedores responsáveis por abastecer a empresa com esse tipo de barra, um dos fornecedores entrega as barras já cortadas em um tamanho fixo utilizado pela maioria dos blocos, a quantidade entregue é de 1000 blocos por semana, e o outro fornecedor entrega as barras de alumínio no tamanho padronizado de 5m que podem ser cortadas em tamanhos variados de blocos. O setor logístico recebe os dois tamanhos de barras e avalia as ordens de produção, as barras cortadas são enviadas para a área industrial que fabrica os blocos hidráulicos, as barras de 5m são serradas em outra área industrial pois a área de blocos não possui uma máquina de Serra. Assim que as barras são serradas nos tamanhos dos blocos maciços, esses são enviados à área industrial de blocos para dar sequência ao processo de fabricação. A Figura 26 é uma representação do layout da planta da empresa.

Figura 26 - Layout da planta da empresa



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Dado a relevância da matéria-prima na fabricação dos blocos hidráulicos, essa área industrial é dividida em dois setores: fabricação dos blocos hidráulicos de alumínio (em sua maioria) e fabricação dos blocos de ferro e aço. Na área industrial de blocos hidráulicos são realizados os processos de usinagem, rebarbagem, lavagem, comissionamento, montagem, teste e embalagem dos blocos. A transformação dos blocos se inicia com o processo de usinagem, nessa etapa, os blocos maciços de alumínio são inseridos em máquinas de usinagem que fresam e furam os blocos transformando em peças que podem conter entalhes, contornos e furos de diferentes angulações e tamanhos, personalizados de acordo com a necessidade do cliente, dessa forma, a diferenciação dos produtos se inicia nessa etapa. Cada modelo de bloco requer um conjunto único de ferramentas que configuram e alimentam a máquina de usinagem para a transformação da peça, os operadores das máquinas recebem um croqui técnico da peça, ou seja, um desenho do bloco usinado, com a lista de ferramentas necessárias e as instruções para ajustar as máquinas.

Os blocos usinados saem das máquinas com óleo e rebarbas de alumínio, esse último são pequenas protuberâncias ou arestas ásperas que se formam nas bordas das peças usinadas. A rebarba quando não removida por completo do bloco hidráulico pode impossibilitar a colocação de válvulas ou o funcionamento do bloco *manifold*. Dessa forma, o bloco usinado é lavado de forma superficial para remover o excesso de óleo e possibilitar a rebarbação. O processo de rebarbação é a retirada

das rebarbas dos blocos, no caso da empresa, essa etapa é realizada manualmente com o auxílio de ferramentas como lixas, limas e facas. Após a rebarbagem, a peça é novamente lavada para retirar os resquícios de cavaco, as lascas de alumínio, e segue para o processo seguinte.

Após a rebarbação, o bloco segue para a etapa de comissionamento. O comissionador é responsável por garantir que o sistema opere de acordo com os requisitos, ele é quem confere as especificações do produto, recebe os componentes dos blocos na área industrial, realiza o processo de lavação especial dos blocos usinados e agrupa os blocos limpos com a ordem de produção e os seus respectivos componentes, conduzindo para as bancadas de montagem. Diferentes componentes fazem parte da montagem dos blocos hidráulicos, além dos blocos, outras áreas industriais como bombas consomem esses componentes. Dessa forma, a gestão desse grande bordo de linha (supermercado) é de responsabilidade do setor logístico, quem separa os componentes e envia em kits para as respectivas áreas industriais conforme as ordens de pedidos. O fluxo dos componentes não será representado no MFV pois ele não representa o valor principal a ser mapeado.

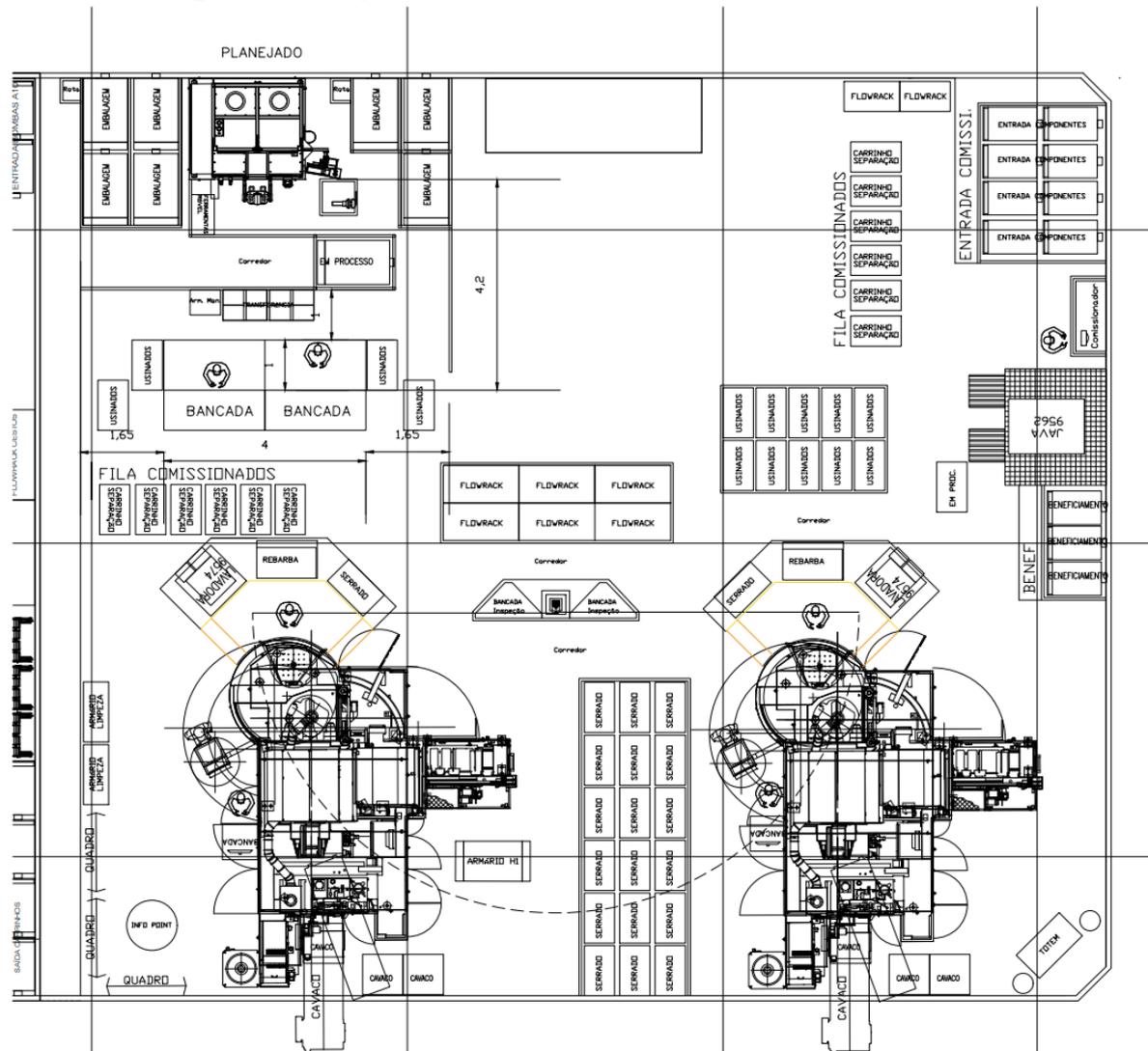
Os blocos hidráulicos de *manifolds* são montados manualmente seguindo o desenho técnico do bloco e a lista com os componentes e as quantidades necessárias, como válvulas direcionais, válvulas de alívio de pressão, válvulas de controle de vazão, diferentes bojões, discos, êmbolos, placas e outros itens que compõem o bloco hidráulico *manifold*. Após o processo de montagem é realizado a testagem do bloco pronto, a etapa de teste consiste em verificar se o bloco *manifold* cumpre com o seu objetivo que é regular a passagem de fluido nos sistemas integrados, o teste é realizado em uma máquina específica de teste para esse produto.

Por fim, cada bloco testado é embalado em um saco plástico e fechado com lacre, os blocos são agrupados por ordem de produção dos clientes e inseridos em caixas para expedição. O fluxo é finalizado quando o valor é entregue ao cliente, dessa forma, o departamento logístico é responsável por coletar os produtos acabados das áreas industriais, enviar para os blocos para o cliente e garantir que a entrega seja concretizada.

Para que os processos ocorram, a área industrial de blocos hidráulicos de alumínio conta com duas máquinas para usinagem dos blocos, duas bancadas de rebarbação com uma lavadora simples nas laterais de cada bancada, uma área de comissionamento para o recebimento dos componentes e lavação dos blocos pré-

montagem, duas bancadas para montagem dos blocos hidráulicos de *manifold* e uma máquina de teste com espaço para embalar o produto acabado. Na figura 27 é possível visualizar o layout dessa área industrial dos blocos e a distribuição das máquinas e equipamentos no espaço.

Figura 27 - Layout da área industrial dos blocos de alumínio



Fonte: Disponibilizado pela Empresa (2023).

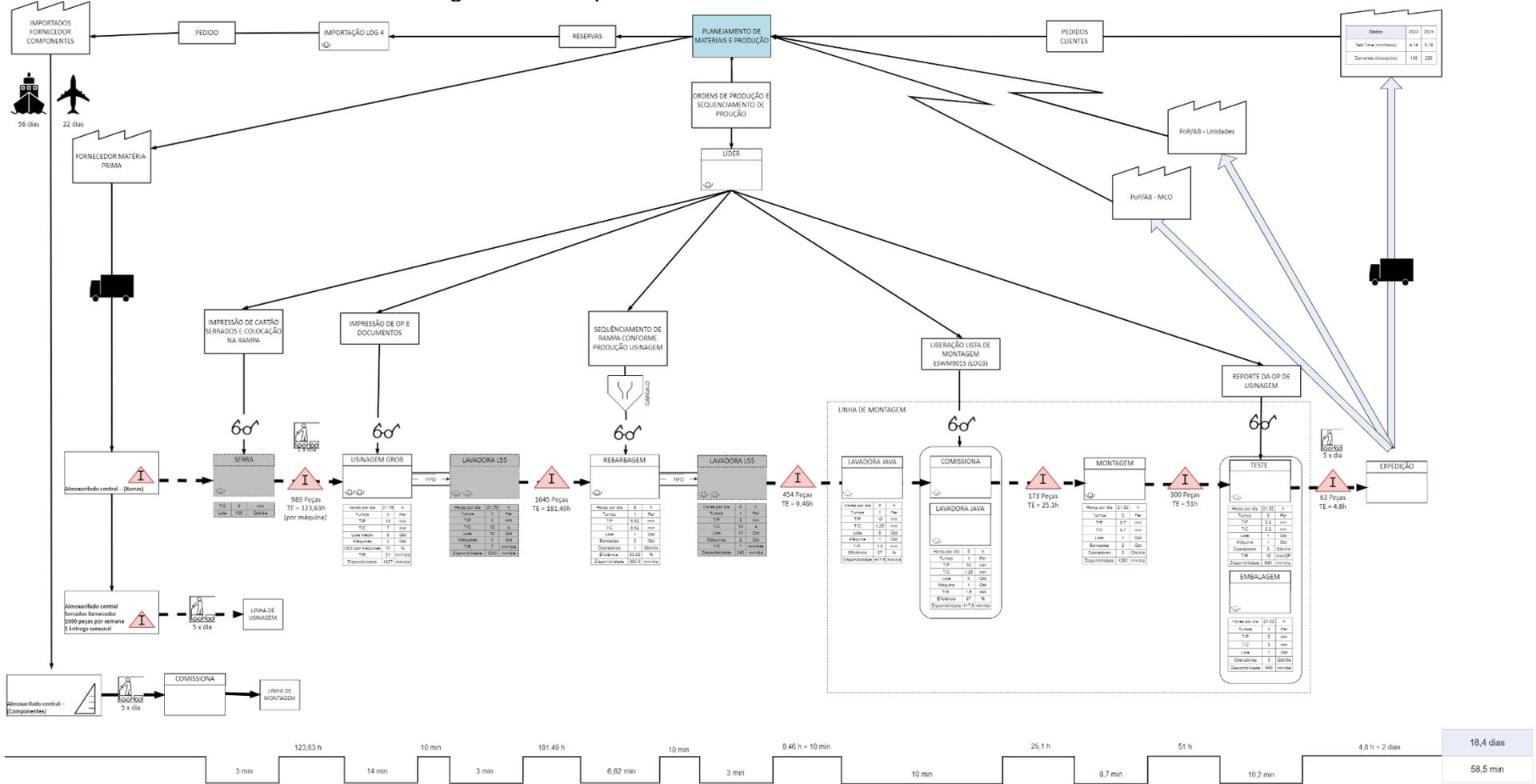
O layout dessa área se caracteriza como funcional dado o agrupamento das 3 funções principais de transformação dos blocos: i) processos de usinagem dos blocos, onde ocorre a transformação da peça maciça em um bloco com as características definidas pelo cliente; ii) processos pré montagem, essa etapa tem como finalidade a preparar o bloco para a montagem enviando apenas os componentes necessário para a sua confecção; iii) processos de montagem, onde

ocorre a elaboração dos blocos dos clientes e a testagem final do produto para expedição.

Como as famílias de produtos dos blocos de aço e ferro não foram priorizadas para o mapeamento, não será apresentado a parte do layout da área industrial de blocos que absorve os recursos para a fabricação desses tipos de blocos.

Por fim, após percorrer o sistema de fabricação, observar os processos da linha, examinar as máquinas e equipamentos, cronometrar as operações e levantar os dados utilizando como referência os conceitos e recomendações dos capítulos 2.2.1 e 2.2.2.2, tornou-se possível elaborar um mapa que representasse o fluxo de valor da linha de produção dos blocos hidráulicos. A Figura 28 é o MFV do sistema de produção dos blocos hidráulicos de alumínios e representa o atual cenário da empresa.

Figura 28 - Mapa do estado atual de blocos de alumínio



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O tempo definido para funcionamento da fábrica é o primeiro entendimento necessário para compreender o estado atual em que a linha se encontra. Os padrões produtivos definidos pela empresa são de 250 dias ao ano, representando em torno de 21 dias de produção por mês. Cada dia de trabalho é dividido em 3 turnos sendo 8h de trabalho por turno, no entanto, a disponibilidade de trabalho real, descontando as pausas de trabalho dos colaboradores, é de 21,75h por dia. Para atingir os 250 dias de produção, a empresa opera com 16 turnos de 8h por semana, quando a demanda de uma área industrial aumenta, pode ser necessário trabalhar com turnos extras, chegando até 18 turnos semanais e atingindo 304 dias de produção ao ano. No entanto, o custo de operação em turnos extras é três vezes maior que operar em turnos normais, o que aumenta significativamente o custo da produção e compromete a margem de lucro do bloco ou o preço final para o cliente. A Tabela 1 é uma representação mês a mês dos dias de produtivos disponíveis na área industrial de blocos.

Tabela 1 - Calendário de turnos da empresa

Meses do ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov*	dez	Total
Calendário 16 Turnos - Padronizado 250 dias	20,3	20,5	23,5	19,3	21,7	21,5	22,7	22,5	20,5	20,7	19,3	17,4	250
Calendário 18 Turno - Padronizado 304 dias	24	24	27	25	24	26	27	26	26	26	23,8	25	303,8

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Nem todos os processos envolvidos na fabricação dos blocos hidráulicos trabalham com 3 turnos diários, o setor de planejamento e controle da produção opera em horário comercial com 1 turno diário e possui um colaborador responsável pelo PCP dos blocos hidráulicos. O líder de produção também só opera em um turno pois não há mão-de-obra para os demais turnos do dia, nesse caso, os 2 turnos posteriores são liderados por operadores das máquinas de usinagem. Processos como serragem, rebarbagem e comissionamento também operam com disponibilidade inferior a 21,75h diárias.

A família definida no MFV apresenta uma demanda anual de aproximadamente 35.683 blocos por ano para 2023 e 56.419 blocos hidráulicos para 2024, o que significa uma necessidade de entrega de 143 blocos por dia produtivo para 2023 e 226 blocos por dia para 2024 trabalhando com 16 turnos e 186 blocos

por dia trabalhando 18 turnos. A partir da disponibilidade da fábrica e da demanda do cliente é possível calcular o *takt time* esperado da linha conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - *Takt time* dos blocos hidráulicos 2023 e 2024

Takt Time 2023 - 16 turnos	9,14	min/bloco
Takt Time 2024 - 16 turnos	5,78	min/bloco
Takt Time 2024 - 18 turnos	7,03	min/bloco

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para satisfazer a demanda dos clientes, é necessário que os processos produtivos operem de acordo com o *takt time*. Dado o aumento da demanda de 2023 para 2024, nota-se que a área industrial de blocos necessitará aumentar a disponibilidade de produção para atingir a demanda do cliente. A disponibilidade de produção pode ser aumentada reduzindo os desperdícios ao longo do fluxo e aumentando a capacidade de recursos e máquinas para produzir mais.

A compreensão do Mapa do fluxo de valor parte do pedido dos clientes. O departamento comercial é responsável por repassar ao PCP os pedidos confirmados e uma estimativa da demanda mensal bem como as possíveis variações, e seguida, com essas informações o PCP deve avaliar o volume em estoque de matéria-prima e com base na quantidade de insumos e solicitações, deve elaborar o plano de produção.

Como a linha não possui estoque final de blocos a pronta entrega, o PCP prioriza a fabricação dos blocos destinados aos clientes *high runners* e dos pedidos confirmados pelos clientes, elaborando a sequência dos demais pedidos de acordo com a disponibilidade da linha.

O PCP passa o plano de produção para o líder da linha que é responsável por disparar todas as informações para os processos de fabricação, o primeiro disparo de informação é para a máquina de serra da outra área industrial. O líder do turno deve conferir se a serra cortou os blocos maciços para a usinagem, atualmente a máquina de serra da outra área industrial entrega no máximo 100 blocos maciços de alumínio, ferro e aço dos mais variados tamanhos por dia, mais que 100 blocos a máquina não produz pois compromete a produção da outra área industrial. Esse é o primeiro problema evidenciado na fabricação de blocos hidráulicos, o fornecedor externo entrega 1000 blocos de alumínio de tamanho padrão por semana que atende a demanda da maioria dos modelos de bloco e ainda se cria um estoque de blocos

maciços de alumínio, no entanto, para blocos de outros tamanhos a serra da outra área industrial não consegue atender as necessidades da linha.

O processo de usinagem se inicia quando os blocos serrados chegam na linha e o líder libera as ordens de produção com os documentos para elaboração do trabalho.

Esse processo conta com 2 máquinas de usinagem exclusivas para a fabricação de blocos de alumínio, as máquinas operam nos 3 turnos de produção, totalizando 21,75h de produção diária. Cada turno possui 2 operadores, um por máquina, em um dia de trabalho são 6 operadores que passam pelo processo de usinagem. O tempo de operação médio, retirando os *outliers*, para usinar um bloco de alumínio é aproximadamente 14 min, mas como as máquinas operam em lotes médios de 8 blocos, o tempo de processamento do lote em cada máquina é 112 min. O tempo de ciclo desse processo é 7 min, a cada 7 minutos o processo libera um bloco usinado.

O tamanho dos blocos é um parâmetro variável que pouco interfere no processamento total do lote nas máquinas de usinagem. Isso acontece porque quando há uma produção de blocos de usinagem grandes, esses blocos possuem um tempo de operação maior para usinarem, mas o lote de produção acaba diminuindo por capacidade física da máquina, o mesmo acontece para blocos pequenos onde o tamanho do lote acaba sendo superior a 8.

Nota-se que o OEE das máquinas é 70%, uma produtividade inferior ao esperado pelas máquinas, esse fato se dá pelo alto tempo de setup para as trocas de lotes e ordens de produção. Ao acompanhar o processo percebe-se que os operadores da máquina de usinagem frequentemente não seguem as instruções de atividades que devem ser executadas enquanto a máquina está em operação, essas atividades acabam sendo realizadas durante as trocas de lote do produto ou troca de ordem de produção, conseqüentemente, o tempo de setup das máquinas aumenta e a produtividade do processo diminui. Dentre essas atividades estão a solicitação de montagem do ferramental para a área de ferramentas e a verificação da existência de programas e dispositivos para a produção do próximo bloco.

Com o alto tempo de setup, as máquinas conseguem produzir até 131 peças de usinagem por dia, não atendendo a demanda atual, mas podem atingir 158 entregas de produtos se os tempos de setup forem reduzidos e os OEE aumentados para 85%.

Desta forma, é de responsabilidade dos operadores da usinagem que os blocos usinados sejam lavados, para a retirada do excesso de óleo, antes da rebarbagem. As Lavadoras L55 são compartilhadas entre os processos de usinagem e rebarbagem (por isso possuem cores cinzas), elas operam em lotes de até 12 blocos e tempo de processamento total da máquina, independentemente do número de blocos, é de 3 min. São raros os momentos em que um bloco usinado precisa esperar para lavar antes do processo de rebarbação pois o tempo de processamento da usinagem é muito superior ao da lavação, porém, podem ocorrer quando a máquina está sendo utilizada após processo de rebarbação. Dessa forma, a espera é de até 10min, considerando o tempo de secagem dos blocos, para que o processo de lavação após rebarbagem seja finalizado.

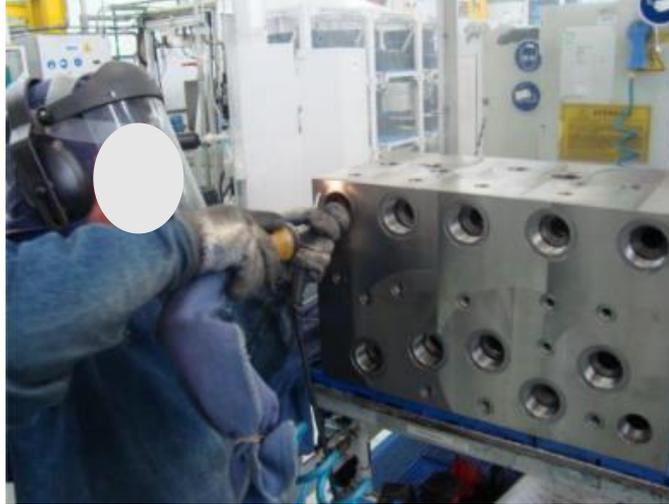
Como o processo de usinagem é realizado por máquinas, os operadores da usinagem passam grande parte do processo ociosos. Sendo assim, está englobado dentro do plano de trabalho dos operadores de usinagem a rebarbação dos blocos.

Ao seguir o fluxo após usinagem e lavação, nota-se inconsistências no processo de rebarbagem e que causam o maior impacto na produção dos blocos hidráulicos. O processo conta com 2 bancadas de rebarbagem, cada uma próxima à lavadora e a máquina de usinagem, e deveria ter uma disponibilidade para execução de pelo menos 50% de um dia de trabalho (21,75h) dos 6 operadores da usinagem. No entanto, esse trabalho não é realizado. O processo conta com 1 bancada ocupada por 1 rebarbador dedicado durante 1 turno de trabalho (8h), esse colaborador opera numa jornada de 63,83% de eficiência dada as dificuldades manuais do processo e necessidades de pausa. O tempo de processamento de um bloco rebarbado é em torno de 6,62min.

Ao acompanhar os dias de trabalho desses colaboradores, é identificado o motivo desse processo ser evitado pela maioria dos operadores. A rebarbagem de um bloco de alumínio é uma atividade que necessita de cuidado, isso porque, o material é mais frágil que o ferro ou o aço, ficando mais suscetível a ranhuras. Os operadores de usinagem contestam que não possuem prática para executarem um processo tão delicado e operacional. Ademais, o processo de rebarbagem realizado na fábrica é manual e pouco ergonômico, colaboradores responsáveis pelo processo de rebarbação frequentemente são afastados por desgaste muscular nos ombros e braços. De acordo com a ergonômica, o processo de rebarbação deve ser realizado por no máximo 4h de trabalho de um colaborador que possui uma jornada de 8h

diárias, realizando pausas de 10 min por hora. A Figura 29 representa o processo de rebarbagem realizado na área industrial de blocos.

Figura 29 - Execução do processo de rebarbagem na empresa



Fonte: Disponibilizado pela empresa (2023).

Dado esse contexto, é evidente o tamanho do estoque que se forma entre os processos de usinagem e rebarbagem, a baixa disponibilidade da rebarbação torna esse processo o gargalo do fluxo, causando um estoque de aproximadamente 1645 blocos usinados, com tempo de espera de 181,49h. O rebarbador dedicado ao processo não entrega a demanda diária da produção, e em muitos casos, os blocos rebarbados são enviados ao processo de comissionamento com a segunda lavação para a retirada das rebarbas feita às pressas.

No processo de comissionamento, uma lista com os blocos que serão direcionados para o processo de montagem é liberada pelo líder da produção. O comissionamento é responsável por lavar os blocos e entregar eles limpos junto com os seus componentes para a linha de montagem. O comissionamento é 100% dedicado aos blocos de alumínio, os blocos de ferro e aço que são montados nessa área industrial são lavados em outra máquina e comissionados por outro colaborador. A lavadora Java é uma máquina de lavação mais eficaz que as lavadoras L55 e essencial para uma última limpeza dos blocos antes de enviar ao cliente, a máquina tem 87% de eficiência, porém só é utilizada durante 1 turno, 8h de trabalho por dia por conta da alocação dos colaboradores. Ela opera em lotes médio de 8 blocos e o tempo de processamento padrão é 10min independentemente do tamanho do bloco.

Analisando o processo, foi reparado que os blocos estavam sendo lavados na lavadora Java 2x, a colaboradora do processo afirmou que os blocos estão chegando muito sujos para o comissionamento, a máquina Java não consegue extrair toda a sujeira com apenas uma lavação e enviar os blocos sujos para as linhas de montagem pode causar problemas de qualidade por causa das rebarbas dentro dos blocos. Ao necessitar de uma segunda lavação, o tempo de ciclo do processo de comissionamento e lavação dobra e há um gasto maior do sistema por necessidade de repetir o processo de lavação sendo o tempo de processamento da Java superior ao tempo de processamento da L55.

Seguindo o fluxo, na linha de montagem é encontrado 2 bancadas, tendo capacidade de atender 6 colaboradores por dia, porém apenas 3 colaboradores operam por dia no processo. As bancadas de montagem de blocos de alumínio dividem 2% da sua disponibilidade diária com a montagem de pequenos blocos de ferro, os demais blocos de ferro e aço são montados em uma bancada separa por conta do alto peso. Em vez de 21,75h diária para a produção, a montagem tem disponível 21,32h por dias disponíveis. O tempo de operação para montar um bloco é em média 8,7min, como apenas uma bancada é utilizada por dia, o tempo de ciclo do processo também é 8,7min, se as bancadas fossem totalmente preenchidas, os tempos de ciclo seriam reduzidos para 4,35min por bloco. Os tempos de setup das linhas de montagem são irrelevantes pois os componentes já são separados pelo comissionador, que é responsável por essa atividade que não agrega valor ao bloco: separar os produtos e componentes para a linha de montagem. Por conta do gargalo na rebarbagem, frequentemente os montadores ficam ociosos ou são direcionados para a montagem de blocos de ferro e aço.

Por fim, o bloco montado segue para a etapa de teste e embalagem. O processo de teste e embalagem é realizado por um único colaborador por turno, esse tem como responsabilidade parametrizar a máquina para realizar os testes dos blocos a cada nova ordem de compra (tempo de *setup* de 15min) e testar os blocos na máquina, esse processo é interativo, então é necessário que o colaborador esteja presente durante a operação. Finalizado o teste, o operário embala o bloco, fecha com um laço e coloca nas caixas de expedição. Ao acompanhar o processo, é notado que o colaborador de teste realiza muitas movimentações para buscar os materiais de embalagem do produto na linha de blocos de ferro e aço, a cada caixa a ser embalada o colaborador se desloca para buscar as embalagens, lacres e caixas o que aumenta

o tempo de execução do processo. Os processos de teste e embalagem não agregam valor ao bloco hidráulico, mas necessários para garantir a qualidade do produto e reputação da empresa. Por mais que sejam processos que separadamente possuem tempos de ciclo inferiores à montagem (processo anterior), eles são executados por um único colaborador e é identificado desperdícios na forma de trabalho, o que acarreta o aumento do tempo de ciclo dessa etapa, justificando o acúmulo de estoque intermediário entre a montagem e o teste.

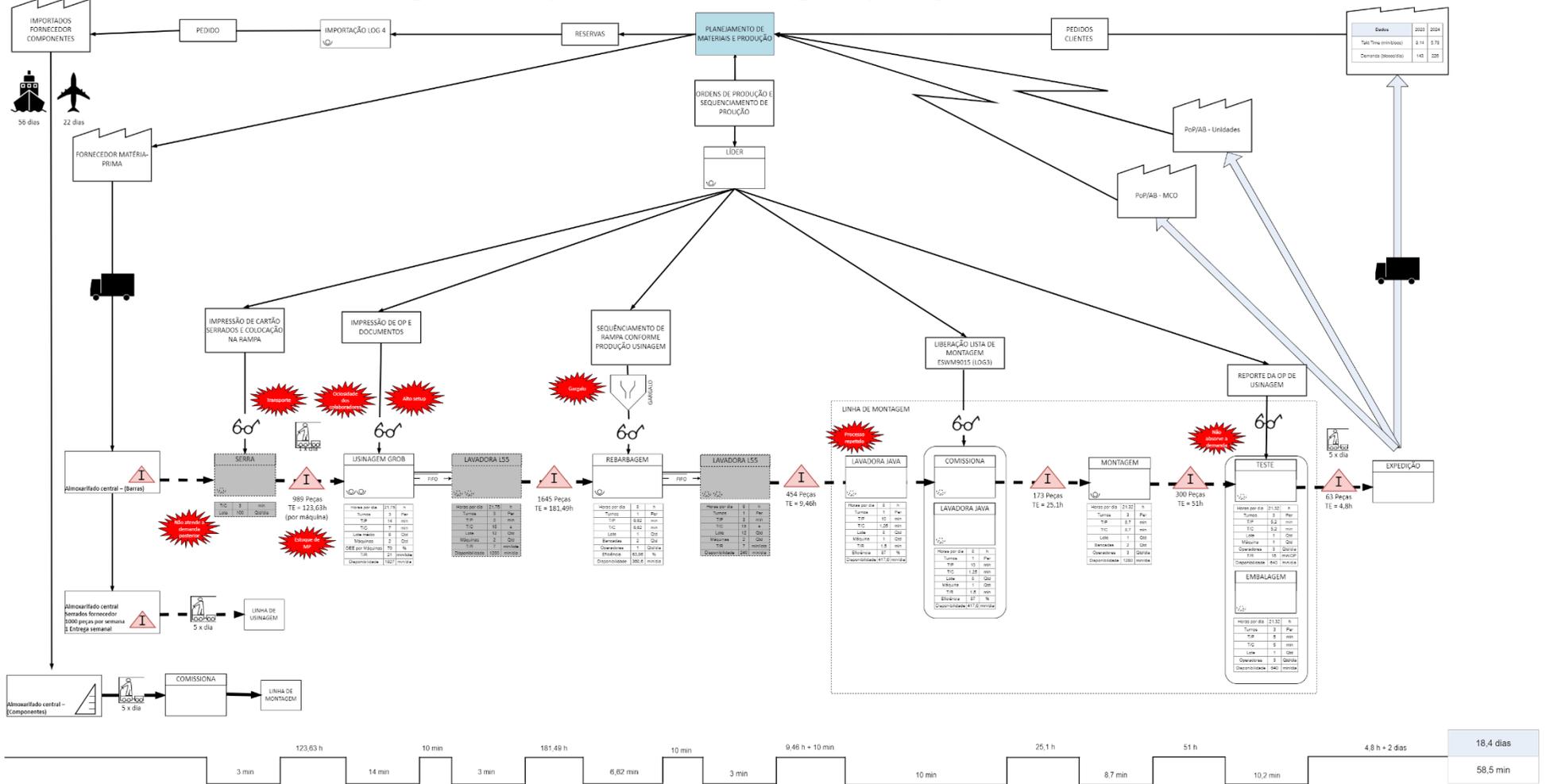
O produto final pode esperar até 4,8h para ser recolhido da área industrial de blocos hidráulicos de manifold, esse tempo de espera é justificado pela rota de tempo fixo do *mizusumashi*. O departamento Logístico tem até 2 dias para enviar os pedidos para os clientes finais, alguns clientes são internos, áreas industriais da própria fábrica como o AB/COM e o AB/Unidades, e tem também os clientes que retiram o produto na empresa.

A partir do somatório dos tempos de ciclo dos processos e dos tempos de espera entre um processo e outro do fluxo, pode-se calcular o *lead time* para produzir um bloco manifold na linha. O *Lead time* atual para fabricação dos blocos hidráulicos é de 18,5 dias de produção e 18,45 dias desse *lead time* representa tempo de espera do bloco ao longo do fluxo. Ou seja, os processos que agregam valor ao bloco somam 58,5min de produção e geram uma taxa de agregação de valor atual do sistema de 0,22%.

4.3 ANÁLISE DOS PROBLEMAS

Como visto no tópico 2.1, para produzir mais no menor tempo possível, tudo o que está envolvido no processo de fabricação, mas não agregam valor para o cliente devem ser eliminados (desperdícios) ou reduzidos (processos que não agregam valor, mas são necessários para a fabricação). Dessa forma, foi levantado os principais desperdícios do sistema e onde eles se encontram no fluxo. A Figura 30 é uma representação do MFV com os principais pontos de melhoria do sistema e o Quadro 4 representa os problemas encontrados por tipos de desperdícios.

Figura 30 - Explosões Kaizen ao longo da produção de blocos



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Quadro 4 - Os desperdícios na produção de blocos de alumínio

Desperdícios	Etapas
Espera	Tempo de espera das máquinas de usinagem quando os blocos não foram serrados, geralmente, o PCP replaneja a produção para usinar os blocos que já foram serrados
	Espera nos processos de usinagem enquanto os operadores buscam as ferramentas
	Alto tempo de ociosidade dos colaboradores das máquinas de usinagem
	Ociosidade dos colaboradores dos processos de montagem e teste dado o contexto de gargalo no processo de rebarbação
Processamento desnecessário	Processo de lavagem de peças repetitivo.
Estoques	Estoque de matéria-prima (bloco maciço no tamanho padrão)
	Gargalo de blocos usinados para rebarbagem
	Estoques intermediários ao longo do fluxo, entre os processos de rebarbação, comissionamento, montagem e teste
Transporte	Transporte dos blocos serrados da área industrial da serra até a área industrial dos blocos hidráulicos
Movimentação	Movimentação dos operadores de usinagem até a área de ferramentas para buscar os instrumentos das máquinas a cada troca de produto
	Movimentação do testador para buscar materiais de embalagem a cada empacotamento
Defeito	Para evitar que produtos cheguem com defeitos ao cliente, são realizadas verificações de qualidade, é o caso da testagem final do bloco, processo que não agrega valor para o cliente, porém são necessários para que blocos com defeito não cheguem ao cliente final.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

As causas dos desperdícios elevam o tempo de espera dos blocos ao longo do fluxo de produção, o que causa um impacto negativo no *lead time* de fabricação e entrega ao cliente. Dentre as principais causas dos desperdícios encontradas através da ferramenta dos 5 Porquês e representada na árvore de problemas no Apêndice A estão: i) mal dimensionamento dos processos, desbalanceamento entre as atividades ao longo do fluxo, ii) falta de conhecimento e seguimento dos padrões de operação dos processos, iii) padrões de trabalhos pouco ergonômicos, iv) falta de cobrança dos padrões de trabalho.

Além dos desperdícios evidentes, existem atividades ao longo do fluxo que não agregam valor para o cliente final, mas são necessárias para garantir a qualidade e preservar a imagem da empresa. No caso da linha de blocos hidráulicos, os processos de teste e embalagem dos produtos evitam que um bloco danificado chegue ao cliente final.

Até mesmo os processos de transformação do produto, que agregam valor, podem ser melhorados. O processo de usinagem dos blocos libera fluidos e rebarbas que necessitam de lavagem e rebarbagem das peças para garantir a boa aparência e

qualidade dos blocos, dependendo das necessidades dos clientes e do investimento da empresa, esses são processos que poderiam ser melhores executados se fossem encontradas formas mais vantajosas para a empresa de realizar.

Posto isso, é importante compreender todo o fluxo de valor, analisando etapa por etapa com um olhar de melhoria, e priorizando a implementação das mudanças mais positivas para os clientes e mais viáveis para o contexto da organização.

Mesmo eliminando todos os desperdícios ao longo do fluxo, o atendimento da demanda do cliente não é possível para 2024, isso porque, a capacidade produtiva instalada hoje não atende a demanda média prevista para o próximo ano. É evidente que não há disponibilidade de recursos como máquinas e colaboradores para atender essa demanda e que sem investimentos para aumento da capacidade ou disponibilidade de produção, as entregas de todos os blocos não serão cumpridas (Apêndice A). Dessa forma, ao estruturar um cenário futuro deve-se levar em consideração a decisão da empresa quanto atender ou não a demanda de todos os clientes sabendo da necessidade de investimento em expansão de disponibilidade.

Além dos pontos construtivos analisados ao longo do fluxo de valor que servem como ponto de partida para construir o Mapa do Estado Futuro, pode-se também encontrar aspectos positivos quanto ao estado atual da empresa:

- a) Mesma planta industrial: todo o processo de fabricação do bloco é realizado na mesma planta, evitando mais desperdícios com transporte. Ademais, facilita a integração dos processos, a comunicação e se tem uma resposta mais rápida aos problemas e às mudanças;
- b) Layout funcional: sabendo da complexidade de se produzir uma alta variedade dos produtos dado o contexto de compartilhamento de recursos produtivos, a área industrial de blocos é organizada para aproximar os recursos que executam funções parecidas a fim de facilitar a comunicação e aumentar a produtividade dos processos, é o caso do agrupamento das máquinas de usinagem de blocos de alumínio que usinam blocos de diferentes modelos e a proximidade das bancadas de montagem dos diferentes blocos hidráulicos *manifolds*. Ademais, o layout dessa área industrial promove menos perdas com transportes de blocos ao longo do fluxo;
- c) Processo de comissionamento: esse processo tem como objetivo a redução dos desperdícios nas linhas de montagem dos blocos. Ao separar os blocos com seus respectivos componentes de montagem e entregar os kits prontos

- aos colaboradores da linha as chances de erros na montagem dos blocos diminui. Isso porque, além de não ter peças na linha de montagem de outros blocos, a chance de vir peças erradas para a linha são baixas dada a função do comissionador. A taxa de agregação de valor no processo de montagem aumenta, o tempo de ciclo da montagem é reduzido e a probabilidade de erros ou paradas na linha por falta de peças diminui. Além disso, o custo de mão-de-obra dos montadores é mais caro que a dos comissionadores por serem mais especializados, dessa forma, há um maior aproveitamento desse colaborador;
- d) Fluxo de informação: é necessário emitir as ordens de produção e uma série de documentos que auxiliam a confecção dos blocos, esses documentos são impressos pelo líder e entregues na linha. Por mais que o líder ou um responsável externo tenha essa responsabilidade, as informações fluem na linha compassados com a produção dos blocos. Mesmo que o fluxo de informações não seja um problema para o sistema, ele ainda pode ser mais independente;
- e) Colaboradores polivalentes: com exceção dos colaboradores das máquinas de usinagem de blocos de alumínio, que até conhecem o processo de rebarbagem, mas não possuem tanta prática ou não gostam de realizar tal atividade, os demais colaboradores das linhas de blocos podem ser alocados em diferentes partes dos processos e detém conhecimento de muitas atividades. Os montadores das linhas além de saber montar os 175 tipos de blocos de alumínio, conseguem montar os blocos de ferro que passam nesses postos, estão hábeis para operar nas máquinas de teste e embalar os blocos. Já os usinadores das linhas de bloco de ferro e aço conseguem operar as máquinas para usinar os inúmeros blocos, lavar as peças, rebarbar e comissionar. Em contextos de produção sob encomenda, se torna ainda mais essencial que as empresas promovam o desenvolvimento dos seus colaboradores para se tornarem profissionais capazes de desempenhar diferentes atividades e se adaptem aos diversos produtos, dessa forma, pode-se garantir uma maior flexibilidade na realocação em casos de variação da demanda;
- f) Processos com procedimentos operacionais padrões (POPs): todos os processos ao longo do fluxo possuem uma lista de instruções para a execução correta de cada etapa. Com esses padrões, as etapas são realizadas com

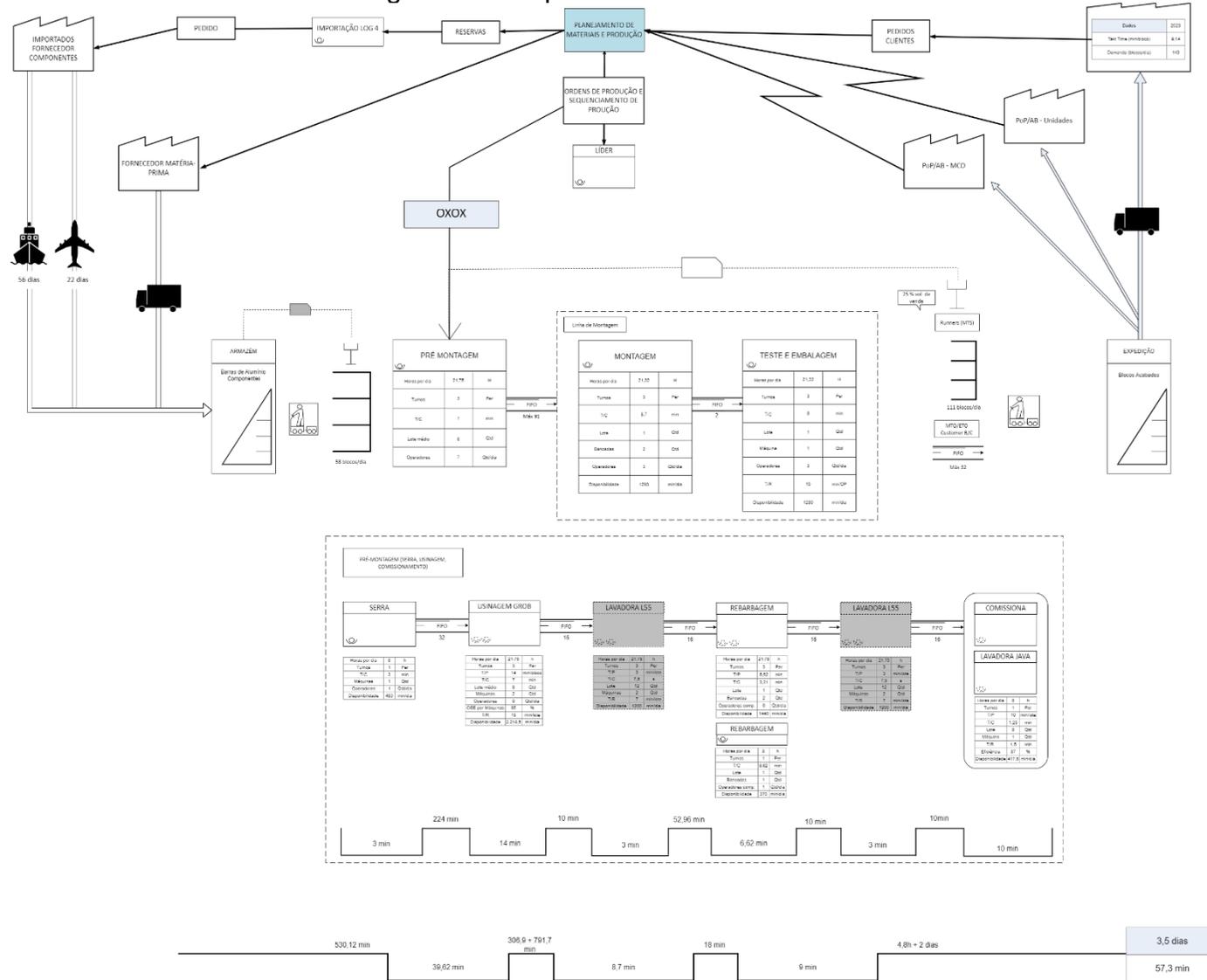
maior qualidade e menor variabilidade quando praticadas por colaboradores diferentes. Isso não quer dizer que todos os padrões são seguidos ou não podem ser melhorados, como foi visto no MFV atual, é necessário reforçar e treinar os colaboradores da usinagem na execução do processo de rebarbagem além de deixar o processo mais ergonômico.

4.4 CONSTRUÇÃO DO MAPA DO ESTADO FUTURO

A construção do mapa do Estado Futuro teve como foco a implantação de uma estratégia de produção alinhada com os objetivos da empresa, o desenvolvimento de um sistema capaz de atender as demandas de 2023 e 2024 e a eliminação dos desperdícios citados no tópico 4.3.

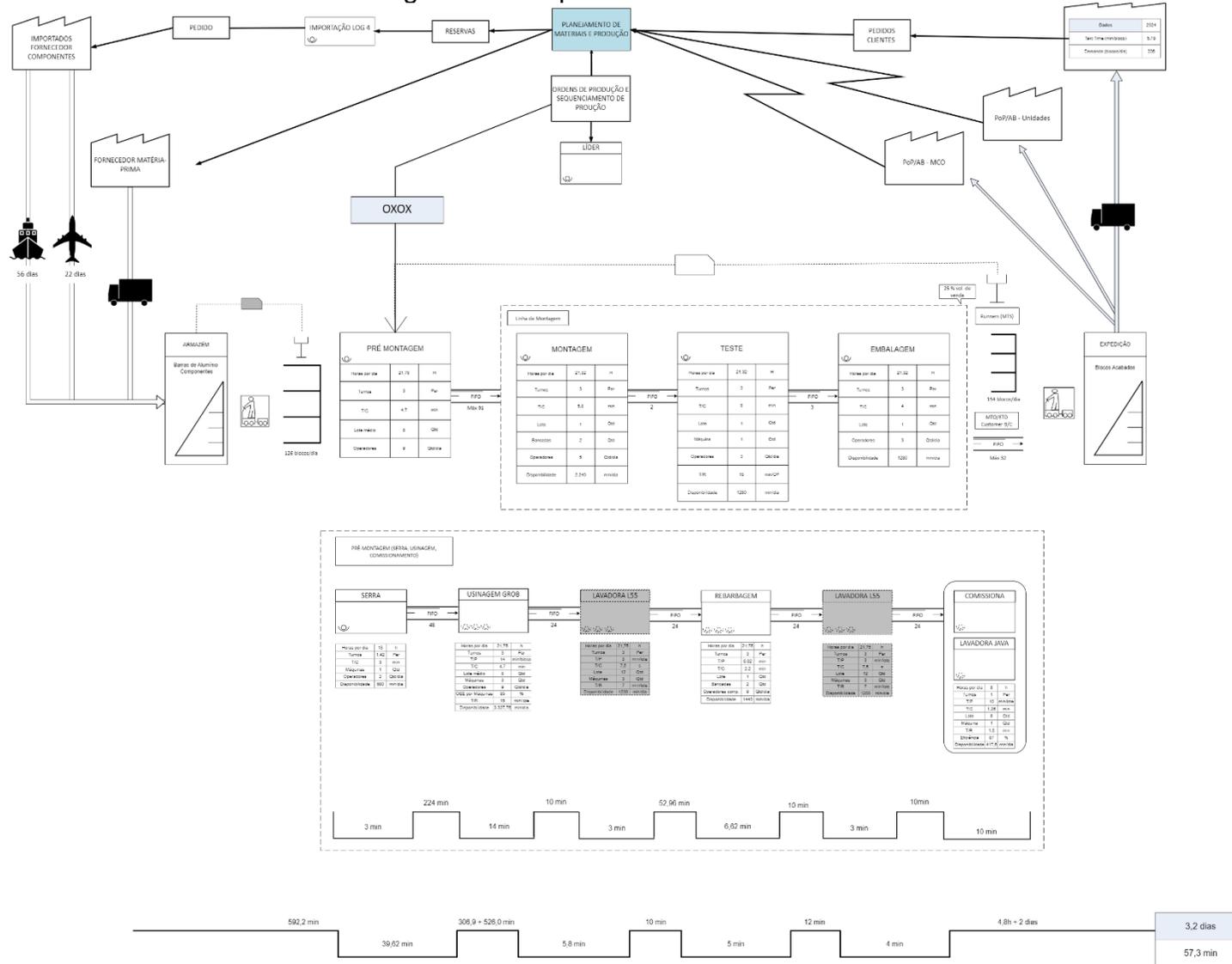
As Figuras 31, 32 e 33 representam os Mapas do estado Futuro para os anos de 2023, 2024 e longo prazo, respectivamente.

Figura 31 - Mapa do estado futuro 2023



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 32 - Mapa do estado futuro 2024



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Atualmente a linha de blocos hidráulicos de alumínios não produz de acordo com o *takt time* do cliente, isso porque, não há disponibilidade produtiva para atender a demanda de todos os clientes e a capacidade existente opera com desperdícios, não cumprindo os prazos acordados na venda. A empresa precisa selecionar quais clientes deseja atender dado o estado atual da operação. Desse modo, o indicador *takt time* foi direcionador para ajustar o ritmo da produção de acordo com as vendas. O *takt time* para 2023 é 9,14 min por bloco e para 2024 é de 5,78 min por bloco.

Com o objetivo de atender o *takt time* estabelecido, os mapas possuem diferenças nos números de recursos necessários para produzir de acordo com a demanda.

Para atender a demanda dos clientes no menor tempo possível, foi adotada uma estratégia de produção puxada com supermercado de blocos acabados para alguns clientes *high runners*. Inicialmente, foram escolhidos 3 dentre os 9 clientes *high runners* que possuem o maior volume de compra, 25% das vendas, e com uma alta recorrência de retirada para a implementação desse sistema puxado. Se essa estratégia fosse adotada para os 9 clientes, seria necessário um supermercado final que absorvesse 46% do volume médio de vendas.

Essa seleção foi feita a pedidos da empresa para testar o modelo de puxada e avaliar as vantagens de se operar com estoques de produtos acabados como estratégia para a promoção de uma entrega do produto mais rápida para os clientes, reduzindo o *lead time*. Ademais, a utilização de supermercados é essencial para controlar melhor a variabilidade e reduzir os efeitos de turbulência na produção, assim, o ritmo produtivo se torna mais constante e a utilização da capacidade *takt* passa a ser reduzida.

As desvantagens desse sistema é o custo de estoques para a empresa, seja por ocupação de espaço, dinheiro parado ou perda com material. Desse modo, a empresa irá avaliar essa escolha conforme o sistema for sendo implementado. Para o dimensionamento dos supermercados foi utilizado o software desenvolvido pela empresa, imputando os valores de demanda e *lead time* de ressuprimento, esse cálculo já é adotado pela empresa em outras linhas. Os supermercados acabam sendo maiores quando há um aumento de demanda e um aumento de variabilidade da produção, essa diferença é notada no aumento de tamanho do supermercado de 2023 para 2024.

Caso o modelo dê certo, a empresa irá avaliar a expansão do supermercado final para outros clientes estratégicos e de recorrência, mas ainda assim, o modelo de produção ETO e MTO será o mais utilizado nas linhas dado o contexto de produtos sob encomenda. A ideia é que cada vez mais a empresa consiga eliminar desperdícios ao longo do fluxo, produzindo de maneira mais rápida e negociando os prazos de entrega com clientes, que entende o contexto de produção personalizada, para evitar a implementação de grandes estoques.

Para que essas estratégias produtivas funcionem em um mesmo sistema, é necessário que o fluxo de informação seja eficiente. O PCP nivelada o mix e volume de produção de acordo com os disparos *kanbans* do supermercado acabado e com os pedidos dos clientes, a informação é recebida no *pacemaker* (linha de usinagem). A partir do nivelamento, o fluxo segue FIFO até o final do processo produtivo. O *pacemaker* consome as barras de alumínio e componentes do supermercado localizado no almoxarifado, esses são enviados para a linha apenas na quantidade puxada pela pré-montagem.

Com o objetivo de estabelecer o fluxo contínuo na área industrial de blocos hidráulicos, os FIFOS foram implementados para amortecer problemas excepcionais de descompasse entre processos. Todos os FIFOS foram dimensionados com uma quantidade máxima aceitável entre processos, respeitando as limitações de espaço, caso aquela quantidade seja ultrapassada, a linha deve ser parada para que o problema seja resolvido.

Ademais, a construção de um sistema *Lean* se inicia na eliminação dos desperdícios ao longo da produção, balanceando os processos e redimensionando a capacidade produtiva da área industrial. Dessa forma, foi elaborado um plano de trabalho com sugestões de melhorias a serem implementadas pela empresa, essas ações serão apresentadas e descritas no próximo tópico.

4.5 SUGESTÕES DE MELHORIAS E IMPLEMENTAÇÃO

Os planos de ação foram construídos utilizando a ferramenta 5W2H. Os objetivos das ações foram definidos, assim como, os motivos da implementação dessa ação e como ela será feita. Os prazos, as responsabilidades, os custos e os locais de aplicação dessas propostas foram estabelecidos de acordo com o objetivo do plano.

Como sugestão para implementação, os planos de trabalho foram agrupados em 3 grupos principais: i) Melhorias que devem ser priorizadas na implementação dado o baixo custo da ação para a empresa e/ou a necessidade de para eliminar os principais desperdícios (gargalo), garantindo que as entregas de 2023 sejam atendidas; ii) Melhorias que devem ser implementadas para garantir o atendimento da demanda para 2024, essas melhorias possuem alto custo e/ou são essenciais para promover a melhoria contínua da área industrial e se preparar para possíveis variações da demanda; iii) Melhorias inovativas para atingir um estado futuro a longo prazo, após 2024.

Foram elaboradas 6 melhorias que sugerem ser priorizadas nesse primeiro loop de implementação. O Quadro 5 descreve essas ações.

Quadro 5 - Ações de melhorias para o primeiro loop

O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
Negociar com o fornecedor o envio de blocos já serrados no tamanho solicitado pelo cliente e com maior frequência de envio.	Para não precisar comprar uma máquina de serra ou atrasar as entregas dos produtos por falta de blocos serrados.	Fornecedor - serra	Setor de Compras	Até 15/nov/23	Realizando uma visita no fornecedor ou uma reunião para evidenciar o problema atual que a empresa está tendo e negociar uma abordagem diferente.	Sem investimento
Acompanhar e cobrar a execução do trabalho no setor de usinagem e rebarbagem	Para garantir que os operadores da usinagem estejam realizando as funções dessa posição (rebarbagem) e seguindo as instruções de trabalho da operação (buscar as ferramentas da máquina de usinagem quando essa estiver parada).	Usinagem - Rebarbagem	Líder da Linha	Imediatamente	Verificando ao final de cada turno o OEE das máquinas de Usinagem e inspecionando o output de blocos rebarbados no período.	Sem investimento
Implementação de melhorias na ergonomia do posto de rebarbagem.	Para diminuir os acidentes no posto, melhorar a qualidade de trabalho dos colaboradores, e por consequência, aumentar a eficiência da operação e o output desse processo.	Rebarbagem	Operadores do processo e o Especialista em Lean	Imediatamente	Promoção de um <i>Workshop</i> para levantamento de melhorias. Investindo em banquetas e tapetes ergonômicos, e diminuindo a altura das mesas de rebarbagem. É necessário reavaliar o padrão atual de execução desse processo e as ferramentas utilizadas para rebarbagem.	Baixo custo
Capacitar os operadores	Para capacitar os operadores de usinagem na execução dessa função,	Usinagem -	Líder da Linha e Especialista em Lean	Imediatamente	Promovendo treinamentos de rebarbagem periodicamente e atualizando as instruções de trabalho	Sem investimento

usinagem no processo de rebarbação.	cumprindo com as entregas de blocos rebarbados.	Rebarbag em				
Alocar o rebarbador dedicado em um terceiro posto de rebarbação	Para auxiliar na diminuição do backlog de blocos a serem rebarbados até que o gargalo não exista mais. Depois o rebarbador pode ser realocado para outro posto (teste) ou linha	Usinagem - Rebarbag em	Especialista em Lean	Imediatamente	Transformando a bancada de inspeção em um terceiro posto de rebarbagem.	Baixo Custo
Reduzir a movimentação do colaborador de embalagem	Para diminuir o desperdício de movimentação do colaborador do posto de teste com a finalidade de reduzir o tempo de ciclo da operação teste + embalagem e aumentar a agregação de valor na execução do processo	Teste - Embalagem - Comissionamento	Especialista em Lean	Até 15/nov/23	Adicionando nas instruções de trabalho do colaborador do comissionamento o abastecimento de caixas de papelão, sacos e lacres no posto de embalagem. O abastecimento será realizado a cada ciclo de inserção dos blocos limpos e seus componentes na linha de montagem.	Sem investimento

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Dentre os planos de ação citados no Quadro 5, o acompanhamento da execução de trabalho por parte dos operadores de usinagem pode ser realizado através de *check lists* de inspeção por parte do líder de turno e incentivos nas avaliações individuais dos colaboradores com destaque do mês para o operador que tiver melhor desempenho. Já na ação de promoção de um posto de rebarbagem mais ergonômico, além de investimentos de baixo custo, existem algumas melhorias que podem ser implementadas como fixar as peças no dispositivo “tipo morsa”, para um melhor apoio na hora da rebarbação, a Figura 34 representa essa sugestão de melhoria implementada em outra área industrial da planta.

Figura 34 - Melhoria no posto de rebarbagem



Fonte: disponibilizado pela empresa (2023).

No MFV do estado futuro para 2023 foi desenhado um posto de rebarbação extra, a ideia de implementação desse posto é a diminuição do *backlog* de blocos a serem rebarbados. A bancada a ser transformada em posto de rebarbagem é a representada entre os centros de usinagem na Figura 27, e essa, é uma ação apenas para diminuição atual do backlog, após a resolução desse problema, o rebarbador dedicado será realocado em outro setor. Por fim, para fechar as ações estruturadas

nesse primeiro *loop*, sugere-se adicionar uma nova atividade ao comissionador. O abastecimento do posto de embalagem será feito junto com a inserção dos blocos e componentes na linha de montagem, assim, o tempo gasto do colaborador de embalagem com movimentações desnecessárias durante a operação será reduzido.

Para a implementação no *loop* 2 foram pensadas em 8 melhorias. O Quadro 6 descreve essas ações.

Quadro 6 - Ações de melhorias para o segundo loop

O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
Aumentar a disponibilidade do processo de serragem.	Para atender a demanda da linha de blocos hidráulicos e não depender de outra área industrial, ação necessária caso não dê para negociar com o fornecedor.	Serragem	Gerência	Até 30/dez/23	Comprando uma máquina de serra exclusiva para a linha de blocos e avaliando com outras áreas industriais o compartilhamento dessa máquina visto que a área de blocos não utilizará 100% da disponibilidade desse processo.	R\$ 150.000,00 + contratação
Avaliar o aumento da capacidade produtiva de usinagem com uso de recursos internos da empresa.	Para não precisar realizar um grande investimento na compra de maquinário para 2024	Usinagem - demais áreas industriais	Líder da linha	Até 20/nov/23	Conversando com as outras áreas industriais da fábrica se há um centro de usinagem disponível para produção da demanda de 2024, negociar o uso do centro e da mão-de-obra. Treinar os novos colaboradores	Sem investimento
Viabilizar um novo centro de Usinagem com mão-de-obra	Para atender a demanda de blocos hidráulicos de 2024, caso o uso de recursos de outra área não seja possível.	Usinagem	Gerência	Até jan/24	Comprando um conjunto de máquina de usinagem, lavadora e posto de rebarbagem. Contratando e treinando a mão-de-obra	R\$ 4.000.000,00 + contratação
Estabelecer uma rotina de capacitação dos colaboradores da linha de blocos.	Para capacitar os colaboradores na execução de diferentes funções do sistema e saberem produzir as variações dos blocos da linha, garantindo a flexibilidade do sistema em casos de realocação de mão-de-obra.	Área industrial de blocos hidráulicos	Especialista em Lean, Líder da Linha e Engenheiro de Processos	Até 01/fev/24	Elaborando um programa de treinamentos e certificações para as diferentes funções. Bonificações para os colaboradores que tiverem o melhor desempenho na operação. Deixar visual e acessível as instruções de trabalho e os procedimentos operacionais padrões da empresa.	Baixo custo

Instalar uma matriz de polivalência na linha de blocos	Para acompanhar o nível de habilidade de cada colaborador da linha e aprimorar a polivalência do sistema. quais colaboradores precisam se especializar nas operações do trabalho e ter conhecimento de quais colaboradores estão capacitados para realocação em casos de necessidade	Área industrial de blocos hidráulicos	Especialista em Lean	Até 01/fev/24	Construir um quadro com a matriz de polivalência dos colaboradores e atualizar a cada rodagem de treinamentos (líder da linha)	Baixo custo
Elaborar os planos de capacidade <i>takt</i>	Para garantir alta flexibilidade do sistema de produção, aproveitando melhor os recursos e conseguindo se adaptar as variações da demanda.	Área industrial de blocos hidráulicos	Especialista em Lean, Líder do turno e PCP	Até 15/jan/24	Estruturar um plano de operação da linha para cada intervalo de demanda (<i>takt time</i> a ser atendido). Cada demanda necessária no período terá um dimensionamento de recursos já estabelecidos para acionar em cada cenário.	Sem investimento
Replanejamento do Layout da linha	Para instalar a máquina de serra e mais um centro de usinagem	Área industrial de blocos hidráulicos	Especialista em Lean	Até 10/dez/2023	Desenhando no <i>AutoCad</i> e solicitando maior espaço para a área de blocos	Sem investimento
Reduzir o tempo de ciclo do processo embalagem e teste	Para promover o fluxo contínuo e atender a demanda no <i>takt time</i> de 2024	Teste e Embalagem	Especialista em Lean e colaboradores do processo	Até 5/jan/2024	Além de reduzir as movimentações do embalador, é necessário rebalancear a linha, redistribuindo os elementos de trabalho do teste e embalagem e investindo em mão de obra para o posto de embalagem	Investimento em contratação

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Dentre as ações sugeridas, a compra de uma máquina de serra torna-se necessária para a área industrial de blocos se ela pretender aceitar todas as encomendas previstas para 2024. Atualmente, esse processo gera uma falta de capacidade produtiva na produção de blocos, mas a utilização dessa máquina para 2024 será baixa, inferior a 2 turnos produtivos, dessa forma, vale avaliar se outras áreas industriais possuem interesse em compartilhar a disponibilidade dessa máquina.

A expansão da capacidade produtiva na linha de usinagem é necessária para atender a demanda de 2024, dessa forma, foram sugeridas algumas ações para que a empresa consiga atender todos os clientes e não ter perda de *market share* por falta de capacidade de produção.

Rotinas de treinamentos, capacitações, aprimoramento de multifunções são necessários para desenvolver a polivalência dos colaboradores. Em sistema de produção sob encomenda a polivalência é essencial devido aos diferentes produtos produzidos no mesmo sistema ou em casos de realocação dos colaboradores em diferentes postos e funções, dada as variações da demanda. Dessa forma, sugere-se qualificações constantes para os colaboradores de blocos, com planos de treinamentos e *Work Shops*, e rotinas de reciclagem do conhecimento. Ademais, a implementação da matriz de polivalência é indispensável na promoção de incentivos e acompanhamento por parte dos gestores da linha o desenvolvimento da operação. A Figura 35 é um exemplo de matriz de polivalência implementada nas empresas.

Figura 35 - Exemplo de matriz de polivalência

LOGO		MATRIZ DE POLIVALÊNCIA																		PN 0001					
DATA		LEGENDA																		ÚLTIMA VERSÃO					
SETOR		0		1		2		3		C								26/06/2021							
Nº ATIVIDADES		POLIVALÊNCIA																		PONTUAÇÃO POR COLABORADOR					
Nº COLABORADORES ATIVO		SEGURANÇA																		IDEAL		ATUAL		OBJETIVO ALCANÇADO - "OK"	
LÍDER																				0		0		0	
MÁTRIC																				0		0		0	
CARGO																				0		0		0	
ADMISSÃO																				0		0		0	
AFAST.																				0		0		0	
NOME																				0		0		0	
1	COZINHEIRA	09/09/2020	B	LUIZA	2	3	2	0	3												8	5	NOK		
2	COZINHEIRA	02/09/2020		SHEILA			2		2												5	7	OK		
3	APPLICAÇÃO	03/09/2020		REBECCA			2														4	2	NOK		
4	MANUTENÇÃO	04/09/2020		CARLOS			2														1	1	OK		
IDEAL		3																		3		1		0	
ATUAL		2																		1		1		0	
OBJETIVO ALCANÇADO - "OK"		NOK																		OK		OK		OK	

Fonte: Lean World (2023).

Os planos de capacidade takt são elaborados a partir da previsão de encomendas da empresa. Nos meses de alta demanda, o takt time da linha de blocos de alumínio será menor que o takt time médio, isso também se aplica para os meses de baixa demanda. Com a implementação de um supermercado final que absorve 25% do volume de demanda da empresa, parte dos efeitos de turbulência vivenciados pela empresa são absorvidos, isso porque, o supermercado absorve parte dessa variação e produção com mais constância. No entanto, ainda é necessário utilizar a capacidade *takt* para planejamentos da capacidade produtiva.

Em meses de alta demanda, a necessidade de aumentar os recursos e disponibilidade produtiva passa a ser necessária para atendimento dos pedidos dos clientes, o mesmo ocorre em períodos de baixa demanda. Dessa forma, a empresa precisa entender quais são as faixas de *takt time* ao longo do ano para redimensionar corretamente a necessidade de recursos. No caso da empresa desse estudo, as capacidades *takt para 2024* são: julho e de setembro a dezembro, 6,2 min/bloco, variando de 5,9 a 7min/bloco a faixa de takt time. Já de janeiro a abril, a capacidade takt é menor, de 4,9 min a 5,8min/bloco. Dessa forma, a empresa precisa de mais capacidade produtiva para início do ano, aumentando a disponibilidade de recursos nos meses iniciais e produzindo abaixo do *takt time* médio nos meses de final do ano.

Por fim, para o *loop 3*, melhorias mais inovativas foram elaboradas. O Quadro 7 representa as 3 melhorias.

Quadro 7 - Ações de melhorias para o terceiro *loop*

O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
Diminuir a necessidade de blocos rebarbados manualmente.	Mesmo com a aplicação de melhorias no posto de rebarbagem, o processo atual gera um aumento do <i>lead time</i> do cliente e pode ser eliminado	Usinagem - Rebarbagem	Engenheiro de Processos	Até dez/2024	Realizando um estudo de mercado para entender como esse processo pode ser eliminado ou transformado. Existem máquinas de usinagem que fabricam blocos com menos rebarbas e a rebarbação por explosão não é um processo manual.	Não definido
Diminuir a necessidade de lavagens de blocos.	Para reduzir atividades que aumentam <i>lead time</i> de entrega para o cliente.	Lavação-Comissionamento	Gerência e Engenheiro de Processos	Até nov/2024	Viabilizar o investimento em uma lavadora mais potente que a Java, substituindo o processo de lavagem após a rebarbagem na L55 e na Java por uma lavadora mais eficaz e eficiente.	Não definido
Diminuir o tamanho do FIFO entre a pré-montagem e montagem	Para diminuir o tempo de espera entre os blocos que saem da usinagem e entram na linha de montagem	Teste	Gerência e Engenheiro de Processos	Até dez/2024	Implementado um sistema automatizado onde os blocos são inseridos numa linha pelo comissionador junto com os kits de componentes para cada bloco enviados da logística.	Não definido

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para promover o fluxo contínuo entre os processos de pré-montagem e montagem, foi estruturada a implantação de esteiras de transportes. As esteiras garantem que os blocos enviados da lavação sejam logo inseridos na esteira que transporta para as bancadas de montagem, durante o transporte dos blocos, o comissionador é responsável por agrupar os blocos junto com seus respectivos componentes, enviados em kits do setor logístico.

O investimento em melhorias disruptivas para as linhas de blocos hidráulicos de alumínio garantem a redução de *lead time* de entrega para o cliente, aumentando a eficiência da operação e a taxa de agregação de valor para o consumidor. No entanto, a adoção de processos mais eficientes e ergonômicos necessitam de investimento, bem como, a implementação de sistemas mais automatizados e independentes. Dessa forma, as melhorias são elaboradas com o objetivo de aumentar a produtividade do sistema atual, mas cabe a empresa estudada avaliar as condições atuais de capital e o retorno financeiro estimado na implantação desses processos.

4.6 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MFV

A utilização da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor na fabricação de blocos hidráulicos sob encomenda auxiliou na identificação dos desperdícios ao longo do fluxo facilitando a elaboração de melhorias para o sistema. Foram encontrados 12 desperdícios além de possibilidades de transformações e aperfeiçoamentos na linha de produção que geraram o desenvolvimento de 17 ações. A implementação desses planos de ação promove um aumento de produtividade na fabricação de blocos, uma redução do *lead time*, um aumento na taxa de agregação de valor para os clientes, o desenvolvimento de um sistema capaz de absorver todos os pedidos e uma redução de estoques intermediários e não controlados ao longo do fluxo.

O cenário atual da empresa possui um *lead time* produtivo 18,5 dias, porém, apenas 58,5min representam os tempos de processamento que agregam valor para o produto, dessa forma, o TAV atual do sistema é de 0,22%. Considerando a aplicação das melhorias em *loops* de implementação, as melhorias propostas no *loop* 1 podem promover um estado futuro para 2023 com *lead time* de 3,5 dias e uma TAV de 1,13%, simulando uma diminuição de 81,08% de *lead time* do sistema e um aumento de

413.64% na taxa de agregação de valor atual a serem atingidos. O cenário futuro desenvolvido para 2024 considera um *lead time* de 3,2 dias e uma TAV de 1,24%, nesse contexto, as melhorias do *loop 2* podem reduzir em 82.70% do *lead time* atual e fomentar um aumento da taxa de agregação de valor em 460.91%.

Por fim, considerando as melhorias sugeridas para o *loop 3*, em um possível atingimento de um cenário idealizado, tem-se como objetivo alcançar *um lead time* de 2,44 dias com uma TAV de 1,19%. Nesse contexto, as ações gerariam uma diminuição de mais de 86.8% de *lead time* atual.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral do trabalho consiste na análise da aplicação da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor para aumentar a produtividade em uma linha de produção de blocos hidráulicos sob encomenda. Para tal, foi executada a implementação do MFV nesse sistema produtivo e obtido cenários onde simulam a redução de mais de 86,6% no *lead time* de produção e entrega ao cliente, além de promover um sistema onde a taxa de agregação de valor pode chegar a 440.91%.

Ademais, os objetivos específicos do trabalho também foram cumpridos. A monografia identificou as famílias de produtos da linha de blocos hidráulicos, mapeou o fluxo de valor na produção, descreveu as particularidades desse sistema identificando os desperdícios, promoveu o mapeamento do fluxo de valor futuro para os blocos hidráulicos sob encomenda e por fim, elaborou melhorias e planos de ação para essa produção.

Além de resultados para aumento de produtividade, a aplicação do MFV possibilitou a evidenciação dos desperdícios no contexto atual da empresa estudada, a descoberta de um problema de falta de capacidade produtiva na empresa, a elaboração de uma estratégia de produção alinhada com os objetivos da companhia e o desenvolvimento de planos de ação com o intuito de promover um sistema mais ergonômico, eficiente e capaz de se adaptar melhor ao contexto de alta variedade de produtos. Dessa forma, o trabalho teve uma contribuição significativa para a empresa estudo desse caso na fomentação de um sistema *Lean*.

Em termos de contribuição acadêmica e para o mercado, o trabalho proposto difundiu ideias, conhecimento, sugestões e exemplos de aplicação e adaptação da ferramenta do MFV para empresas do sistema de produção sob encomenda, caracterizados com alta variedade e baixo volume de produtos, incentivando a busca por maior produtividade e melhora dos resultados.

Por fim, é recomendado para trabalhos futuros a implementação de planos mestres de produção e sequenciamento produtivo em sistemas de produção sob encomenda pois nota-se uma dificuldade das organizações em nivelar a produção de acordo com a demanda do cliente. Ainda, sugere-se a implementação de outras ferramentas para além do MFV que forneçam uma análise mais micro do fluxo de valor em sistemas complexos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, João Pedro Henriques de et al. **Aplicação de ferramentas associadas à filosofia Lean**. 2011. Tese de Doutorado.

ARAYA, Juan Manuel. Mapeamento do fluxo de valor adaptado a ambientes de produção de alto mix e baixo volume. 2012.

Associação Brasileira de Manufatura Enxuta (ABMEEn). Muda, Mura, Muri - Tipos de Atividades que Geram Desperdícios. Disponível em: <https://www.lean.org.br/conceitos/78/muda-mura-muri---tipos-atividades-que-geram-desperdicios.aspx>. Acesso em: 12 set. 2023.

BELEKOUKIAS, Ioannis; GARZA-REYES, José Arturo; KUMAR, Vikas. O impacto dos métodos e ferramentas Lean no desempenho operacional das organizações de manufatura. **Revista Internacional de Pesquisa de Produção**, v. 52, n. 18, pág. 5346-5366, 2014.

BERTO, Rosa Maria Villares et al. A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. **Production**, v. 9, p. 65-75, 1999.

BUETFERING, Benjamin et al. Lean em ambientes de produção de alta variedade e baixo volume - Uma Revisão de Literatura e Modelo de Maturidade. **EuroMA 2016, junho**, v.

CARACCHI, Serena et al. Capability maturity model integrated for ship design and construction. In: **Advances in Production Management Systems. Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2014, Ajaccio, France, September 20-24, 2014, Proceedings, Part III**. Springer Berlin Heidelberg, 2014. p. 296-303.

CAVALIERI, Gustavo. **BALANCEAMENTO DE LINHA E REDUÇÃO DOS DESPERDÍCIOS PARA A MELHORIA DE PRODUTIVIDADE EM UMA INDÚSTRIA DE MOTORES ELÉTRICOS**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

CHEN, Lixia; MENG, Bo. A aplicação do sistema de produção enxuta baseado no mapeamento do fluxo de valor. **Revista Internacional de Negócios e Gestão**, v. 6, pág. 203, 2010.

CHRISTENSEN, Clayton M. **O Dilema da Inovação**: Quando as Novas Tecnologias Levam Empresas ao Fracasso. São Paulo: M.Books do Brasil, 2012.

COIMBRA, Euclides A. Kaizen in logistics and supply chains. **(No Title)**, 2013.

DHANDAPANI, Vijay; POTTER, André; NAIM, Mohamed. Aplicando o pensamento enxuto: um estudo de caso de uma siderúrgica indiana. **Revista Internacional de Pesquisa e Aplicações Logísticas**, v. 3, pág. 239-250, 2004.

DILLON, Andrew P.; SHINGO, Shigeo. **Uma revolução na produção: o sistema SMED**. Imprensa CRC, 1985.

DUGGAN, Kevin J. **Creating mixed model value streams: practical lean techniques for building to demand**. CRC Press, 2018.

ERDMANN, Rolf Hermann. **Administração da produção: planejamento, programação e controle**. Papa Livro, 2000.

ERLACH, Klaus. Value Stream Design: the way towards a Lean factory. **Springer**, 2012.

FANTINATO, Marcelo. Métodos de Pesquisa. São Paulo: USP, 2015. 50 slides.

Disponível em:

<https://docplayer.com.br/29758608-Metodos-de-pesquisa-prof-dr-marcelo-fantinato-ppgsi-each-usp-2015.html>. Acesso em: 15 jun. 2023.

FERRO, José Roberto. A essência da ferramenta "Mapeamento do Fluxo de Valor". **São Paulo: Lean Institute Brasil**, 2003.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social (p. 113). **São Paulo: Atlas**, 1994.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção: Mais do que simples Just-in-Time—Autonomia e Zero Defeitos. **Caxias do Sul: EDUCS**, 1996.

GODKE, Ana Luísa Mota. **Estudo de caso para avaliação da aplicabilidade de práticas da manufatura enxuta em fábrica do setor alimentício de produção contínua**. p.1-14. 2016.

GÓES, Élda dos Santos et al. LEIAUTE (LAYOUT) E SUAS INTER-RELAÇÕES NOS SISTEMAS PRODUTIVOS.

HAMEL, Gary; PRAHALAD, Coimbatore K. **Competindo pelo futuro**. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

HAMMER, Michael; CHAMPY, James; KORYTOWSKI, Ivo. **Reengenharia: revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência**. 1994.

HAIDER, A.; MIRZA, J. An implementation of lean scheduling in a job shop environment. **Advances in Production Engineering & Management**, v. 10, n. 1, p. 5, 2015.

HANSEN, Robert C. Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. **Porto Bookman, Alegre**, 2006.

HARARI, Yuval Noah. **Sapiens: A brief history of humankind**. Random House, 2014.

HUNT, V. Daniel. **Mapeamento de processos: como reestruturar seus processos de negócios**. John Wiley & Filhos, 1996.

JIMMERSON, Cindy. **Value stream mapping for healthcare made easy**. Crc Press, 2017.

JINA, Jay; BHATTACHARYA, Arindam K.; WALTON, Andrew D. Applying lean principles for high product variety and low volumes: some issues and propositions. **Logistics Information Management**, v. 10, n. 1, p. 5-13, 1997.

JEONG, Ki-Young; PHILLIPS, Don T. Aplicação de um processo de desenvolvimento de conceito para avaliar projetos de layout de processos usando mapeamento e simulação de fluxo de valor. **Revista de Engenharia e Gestão Industrial**, v. 2, pág. 206-230, 2011.

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

KACH, Sirnei César et al. Mapeamento do Fluxo de Valor: Otimização do Processo Produtivo sob a ótica da Engenharia da Produção. **SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA**, v. 11, 2014.

KLIPPEL, Marcelo; ANTUNES, José Antonio Valle; PAIVA, Ely Laureano. Estratégia de produção em empresas com linhas de produtos diferenciadas: um estudo de caso em uma empresa rododiferroviária. **Gestão & Produção**, v. 12, n. 3, p.417-428, Vale do Rio dos Sinos, 2005.

LANE, Greg. **Lean feito sob encomenda: Excelência em um ambiente de alta mistura e baixo volume**. Imprensa CRC, 2020.

LIKER, Jeffrey K.; MEIER, David. **O modelo Toyota-manual de aplicação**: um guia prático para a implementação dos 4Ps da Toyota. Bookman Editora, 2007.

LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Bookman Editora, 2005.

LIMA, Danilo Felipe Silva de et al. Mapeamento do fluxo de valor e simulação para implementação de práticas lean em uma empresa calçadista. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 1, p. 366-392, 2016.

LINCK, Joaquim; COCHRAN, David S. **A importância do takt time no projeto de sistemas de manufatura**. Artigo Técnico SAE, 1999.

LUSTOSA, Leonardo et al. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MARODIN, Giuliano Almeida; SAURIN, Tarcisio Abreu. Implementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 22, p. 6663-6680, 2013.

MARTIN, Karen; OSTERLING, Mike. **Value Stream Mapping: How to Visualize Work and Align Leadership for Organizational Transformation**. McGraw Hill Professional, 2013.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, v. 17, p. 216-229, 2007.

MINAYO, Maria Cecília de Souza; DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Editora Vozes Limitada, 2011.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção além da produção**. Bookman, 1997.

PINHO, B. Joseph; GILMORE, James H. **Autenticidade: O que os consumidores realmente desejam**. Boston: Harvard Business School Press, 2007.

RAMALINGAM, Maheshwaran. **Standardization of Work Cells for High Variety, Low Volume Manufacturing**. 2008. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engineering Science, Lamar University, Beaumont, 2008.

ROTHER, Mike; HARRIS, Rick. **Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

ROTHER, Mike; SHOK, João. **Aprendendo a ver: mapeamento do fluxo de valor para agregar valor e eliminar muda**. Instituto de empresa enxuta, 2003.

SANTOS, Javier; WYSK, Richard A.; TORRES, José M. **Melhorando a produção com pensamento enxuto**. John Wiley e Filhos, 2014.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção**. Bookman Editora, 1996.

SINGH, Bhim; GARG, Suresh K.; SHARMA, Surrender K. Mapeamento do fluxo de valor: revisão da literatura e implicações para a indústria indiana. **O Jornal Internacional de Tecnologia de Fabricação Avançada**, v. 799-809, 2011.

SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996

SMALLEY, Art. **Criando o sistema puxado nivelado: um guia para aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia.** Lean Enterprise Institute, 2005.

THOMÉ, Antonio Marcio Tavares; OLIVEIRA, Fernando Luiz Cyrino; SILVA, Denise Loyola. Framework de value stream mapping a partir de uma revisão sistemática da literatura. **Produto & Produção**, v. 18, n. 1, 2017.

TUBINO, Dalvio Ferrari et al. **Manufatura enxuta como estratégia de produção.** Editora Atlas SA, 2015.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática.** Editora Atlas SA, 2007.

VAMSI KRISHNA JASTI, Naga; SHARMA, Aditya. Implementação de manufatura enxuta usando mapeamento de fluxo de valor como ferramenta: um estudo de caso da indústria de componentes automotivos. **Revista Internacional de Lean Six Sigma**, v. 1, pág. 89-116, 2014.

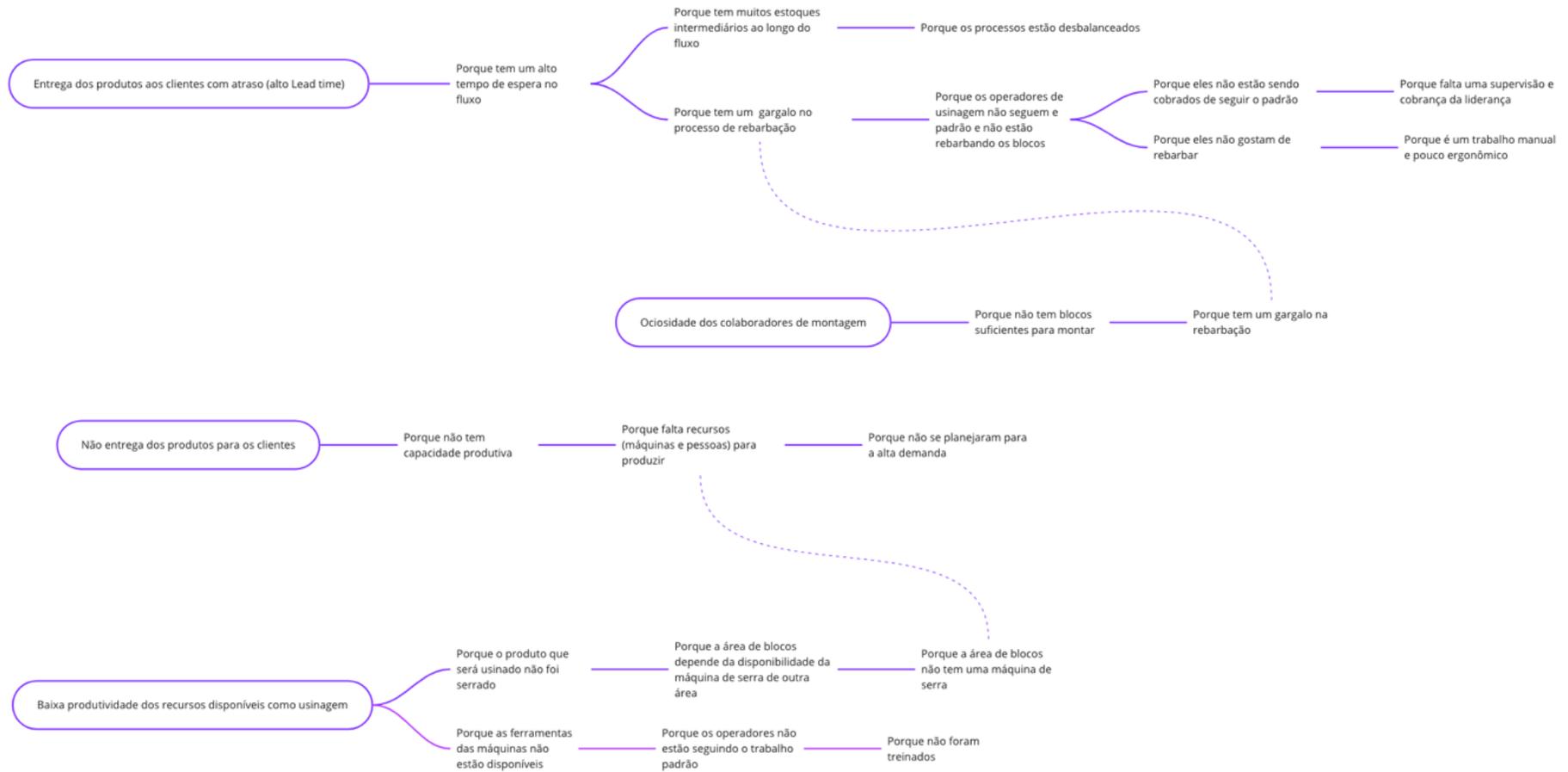
VAZ, Caroline Rodrigues; URIONA MALDONADO, Mauricio. Revisão de literatura estruturada: proposta do modelo SYSMAP (Scientometric and Systematic Yielding Mapping Process). **Aplicações de Bibliometria e Análise de Conteúdo em casos da Engenharia de Produção**, v. 1, p. 21-42, 2017.

Voitto. Pensamento Enxuto. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/pensamento-enxuto>. Acesso em: 10 ago. 2023.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Lean Thinking.** Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. 6. ed. Herefordshire: Campus/Elsevier, 2003.

APÊNDICE A – ÁRVORE DE PROBLEMAS

Figura 36 - Árvore de Problemas



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Florianópolis, 01 de julho de 2023.

À

At.: Gerência/Administração da Empresa

Ref.: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Sou Aline Cristina Schmitt, aluna de Graduação em Engenharia de Produção Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis. Estou realizando meu Trabalho de Conclusão de Curso e como ex-estagiária da empresa, gostaria de realizar a minha pesquisa acadêmica na área industrial de blocos onde realizei o meu estágio pois acredito que o processo produtivo se encaixa com o objetivo da minha monografia.

O objetivo do meu trabalho é “*A aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor para aumentar a produtividade em uma linha de produção de blocos hidráulicos sob encomenda*”. Este trabalho verificará o processo produtivo atual empresa e com base na literatura científica realizará um mapeamento do fluxo de valor atual do sistema produtivo, bem como, irá propor melhorias na fabricação dos blocos hidráulicos a fim de aumentar a produtividade do sistema e reduzir o *lead time* de entrega ao cliente.

Desta forma, venho através deste documento, pedir se poderia realizar minha pesquisa em vossa empresa, realizando coleta de dados com vossa senhoria e visita *in loco* se possível ao processo da empresa.

Cabe ressaltar que esta pesquisa será objeto de estudos exclusivamente acadêmico, tendo como resultado sua divulgação no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e publicação de um artigo científico com a professora orientadora.

Sendo assim, atendendo o Código de Ética da pesquisa científica da Universidade, asseguramos que não serão revelados os nomes das pessoas e nem o nome da empresa, uma vez que a pesquisa será utilizada para publicação do Trabalho de Conclusão de Curso e em forma de artigo científico das informações coletadas.

Informamos que vossa contribuição é de fundamental importância para o estudo e desenvolvimento dos alunos envolvidos, por alcançarem seus objetivos de entenderem como funciona a área de *lean manufacturing* e mapeamento do fluxo de valor dentro de uma empresa. Antecipadamente agradecemos vossa colaboração.

Fico à disposição para maiores esclarecimentos.

Atenciosamente,

Ciente do sigilo das informações

Responsável pelo TCC

Aluna do Curso de Engenharia de Produção Civil

Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Florianópolis

De acordo:

Professora Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Florianópolis

De acordo:

Responsável pela Empresa