



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**SIMULAÇÃO DE PROCESSO DE MANUFATURA DE CAIXAS
PLÁSTICAS SOB A ÓTICA DO FLUXO DE VALOR**

Jórdan Pedretti

Lajeado/RS, junho de 2021

Jórdan Pedretti

SIMULAÇÃO DE PROCESSO DE MANUFATURA DE CAIXAS PLÁSTICAS SOB A ÓTICA DO FLUXO DE VALOR

Projeto de monografia apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia de Produção, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. William Jacobs

Lajeado/RS, junho de 2021

RESUMO

Muitas empresas aplicam métodos da produção enxuta visando a redução de perdas no processo produtivo, fator considerado essencial para que elas possam se manter competitivas no mercado, reduzir custos internos e agregar valor aos seus produtos. No entanto, para que seja possível diminuir as perdas, faz-se necessário identificar e analisar o fluxo do processo de manufatura utilizado. Esta monografia teve como objetivo analisar as perdas no processo de manufatura de caixas plásticas, e utilizou, para isso, o método de pesquisa dedutivo; a abordagem quali-quantitativa; metodologias de pesquisa descritiva e exploratória; procedimentos de investigação classificados como estudo de caso, pesquisa bibliográfica e pesquisa documental. Sua metodologia teve como base o mapeamento de fluxo de valor com o apoio da simulação, através da qual se apresentou o cenário atual do processo de manufatura, identificaram-se as perdas e, a partir disso, desenhou-se um mapa do estado futuro com o propósito de avaliar as possíveis melhorias no processo produtivo. Com a análise do estado atual, evidenciou-se que o produto percorre uma distância de 192,8 metros, o que corresponde a um *lead time* de 365.243,74 segundos desde o estoque de componentes até o armazenamento do produto acabado para posterior envio ao centro logístico, apresentando diversas perdas no processo produtivo, como: estoque, superprodução, espera, movimentação, transporte, produção de produtos defeituosos e processamento. Com a aplicação dos princípios e técnicas da produção enxuta, no estado futuro a distância percorrida pelo produto seria reduzida para 33 metros, resultando em uma redução de 28,12% no *lead time*, aumentando o tempo de valor agregado em 2,78% e, além disso, ocasionando a redução de dois colaboradores no processo produtivo. Com o desenvolvimento do estudo, concluiu-se que as perdas encontradas no processo produtivo impactam diretamente no tempo de *lead time* do produto. Essas perdas, por sua vez, estão diretamente interligadas a atividades que o recurso exerce dentro do modelo de produção utilizado pela empresa, uma vez que, no ambiente produtivo, o material está sujeito a situações dificilmente dimensionadas e que não agregam valor ao produto, como: viagem vazia, viagem carregada, ociosidade, coleta do material, bloqueio do recurso, espera pelo operador e pelo transporte. Além disso, essas perdas são potencializadas quando há a necessidade de formação de estoques intermediários. Uma alternativa proposta pelo presente estudo para reduzir essas perdas e diminuir o *lead time* foi a implantação do modelo produtivo baseado no fluxo contínuo.

Palavras-chave: Sistema Toyota de Produção. Produção enxuta. Modelo computacional.

ABSTRACT

Several companies adopt lean production methods aiming to reduce losses in the production process, which is considered essential for them to remain competitive in the market, reduce internal costs and add value to their products. However, in order to reduce losses, it is necessary to identify and analyze the flow of the manufacturing process used. This undergraduate thesis aimed to analyze the losses in the manufacturing process of plastic containers, and to this end it used a deductive research method; quali-quantitative approach; descriptive and exploratory research methodologies; and investigation procedures classified as case study, bibliographic research, and document research. Its methodology considered the value stream mapping reinforced by a simulation, through which the current scenario of the manufacturing process was presented, losses were identified, and based on that a map of the future state was prepared, with the objective of assessing possible improvements in the production process. Based on the analysis of the current state, it was observed that the product travels a distance of 192.8 meters, corresponding to a lead time of 365,243.74 seconds from the storage of the components to the storage of the finished product for subsequent transportation to the logistics center, and that there are various losses in the production process, such as: inventory, overproduction, waiting, motion, transportation, production of defective products and processing. With the implementation of lean production principles and techniques, in the future state the distance traveled by the product would be reduced to 33 meters, thus resulting in a reduction of 28.12% in lead time, an increase in value-added time by 2.78%, and a reduction of two employees in the production process. From this study, it was concluded that the losses identified in the production process directly impact the product lead time. These losses, in turn, are directly related to activities that the resource performs in the production model used by the company, since the material is subject to situations which are difficult to dimension and do not add value to the product in the production environment, such as: empty travel, loaded travel, idleness, material pick-up, resource block, wait for an operator and for transport. In addition, these losses are maximized when intermediate stocks are necessary. An alternative proposed by this study to reduce both losses and lead time was the adoption of a production model based on continuous flow.

Keywords: Toyota Production System. Lean production. Computational model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A base de sustentação da produção enxuta	20
Figura 2 – Processo de fluxo contínuo	23
Figura 3 – Integração da informação e dos materiais ao fluxo de produção	30
Figura 4 – Identificando a família de produtos.....	30
Figura 5 – <i>Kaizen</i> de fluxo e de processo	31
Figura 6 – Símbolos e ícones utilizados na construção do VSM	32
Figura 7 – Desenho dos ícones de caixa de processo	36
Figura 8 – Linha do tempo	37
Figura 9 – Ordem dos processos envolvidos na simulação	43
Figura 10 – Fluxograma das etapas de execução da metodologia científica.....	49
Figura 11 – Mapa do estado atual.....	56
Figura 12 – Planta baixa dos pavilhões	58
Figura 13 – Ambiente produtivo	58
Figura 14 – Cenário do pavilhão 1	59
Figura 15 – Elevador	60
Figura 16 – Célula produtiva no pavilhão 2	60
Figura 17 – Estrechamento	61
Figura 18 – Comparação entre o sistema real e o simulado	62
Figura 19 – Média real de produção diária da caixa plástica para ferramentas 17'	62
Figura 20 – Performance do sistema produtivo virtual	63
Figura 21 – Ordem de fabricação	64
Figura 22 – Tempo de <i>takt time</i> do estado atual e do estado futuro	72
Figura 23 – Mapa do estado futuro.....	79
Figura 24 – Modelo computacional do estado futuro.....	81
Figura 25 – Capacidade produtiva do estado futuro obtida através da simulação	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual de tempo gasto pelo recurso em diferentes atividades	65
Gráfico 2 – Balanceamento das operações no estado atual	73
Gráfico 3 – Balanceamento das operações no estado futuro	74
Gráfico 4 – Balanceamento das operações para integração do fluxo contínuo	76
Gráfico 5 – Percentual de tempo gasto pelo recurso em diferentes atividades futuras	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ícones gerais e o que representam	34
Quadro 2 – Ícones do fluxo de informação e o que representam	34
Quadro 3 – Etapas de fabricação das caixas plásticas para ferramentas no setor de injetoras.	52
Quadro 4 – Etapas de fabricação das caixas plásticas para ferramentas no estado futuro	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre as médias obtidas antes e após o tratamento de dados	54
Tabela 2 – Percentual de perdas encontradas no sistema produtivo atual.....	66
Tabela 3 – Porcentagem de esperas.....	68
Tabela 4 – Percentual de perdas por movimentação e transporte.....	70
Tabela 5 – Percentual de perdas encontradas no sistema produtivo futuro	84
Tabela 6 – Perdas reduzidas pela integração de ideias da produção enxuta.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

VSM *Value Stream Mapping* – Mapeamento de Fluxo de Valor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Tema	13
1.1.1 Delimitação do tema	14
1.2 Questão da pesquisa	14
1.3 Objetivo geral.....	14
1.3.1 Objetivos específicos.....	14
1.4 Justificativa	15
1.5 Estrutura do trabalho	15
 2 REFERENCIAL TEÓRICO	 17
2.1 Contextualização da manufatura enxuta	17
2.2 Princípios da produção enxuta	21
2.2.1 Valor	21
2.2.2 Fluxo de valor.....	22
2.2.3 Fluxo contínuo.....	22
2.2.4 Produção puxada	23
2.2.5 Perfeição	23
2.3 As sete perdas.....	24
2.3.1 Perdas por superprodução.....	24
2.3.2 Perdas por transporte	25
2.3.3 Perdas por processamento	26
2.3.4 Perdas por produção de produtos defeituosos	26
2.3.5 Perdas por estoque.....	27
2.3.6 Perdas por movimentos.....	27
2.3.7 Perda por espera.....	28
2.4 Mapeamento do fluxo de valor	28
2.4.1 Mapa do estado atual	31
2.4.1.1 Ícones de fluxo de materiais.....	33
2.4.1.2 Ícones gerais	34
2.4.1.3 Ícones do fluxo de informação.....	34
2.4.1.4 Etapas para construção do mapa atual	35
2.4.2 Fluxo de valor enxuto	37
2.4.2.1 Estabelecendo um fluxo de produção enxuto.....	38
2.4.3 Construção do mapa do estado futuro.....	38

2.4.3.1 Balanceamento de operações	41
2.4.4 Aplicação do mapa do estado futuro.....	41
2.5 Simulação de eventos discretos para apoio ao mapeamento do fluxo de valor.....	42
2.5.1 Análise de resultados a partir da simulação	43
 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	46
3.1 Métodos de pesquisa	46
3.2 Modo de abordagem da pesquisa	46
3.3 Objetivos da pesquisa	47
3.4 Procedimentos técnicos usados na pesquisa	48
 4 ESTUDO DE ANÁLISE DE PERDAS.....	50
4.1 Apresentação da empresa	50
4.2 Definição da família do produto.....	51
4.3 Mapeamento do fluxo de valor atual	52
4.3.1 Simulação do mapeamento do fluxo de valor atual.....	57
4.3.1.1 Construção do modelo computacional.....	57
4.3.1.2 Verificação do modelo computacional	61
4.3.1.3 Validação do modelo operacional	62
4.3.1.4 Análise dos resultados da simulação do estado atual	64
4.4 Identificação das perdas.....	67
4.4.1 Superprodução.....	67
4.4.2 Espera	67
4.4.3 Movimentação e transporte	69
4.4.4 Estoque	70
4.4.5 Produção de produtos defeituosos.....	70
4.4.6 Processamento.....	71
4.5 Mapeamento de fluxo de valor futuro	71
4.5.1 <i>Takt time</i>	72
4.5.2 Fluxo contínuo e melhoramento de processo	73
4.5.3 Ponto único de programação e sistema puxado	76
4.5.4 Mapa do estado futuro	77
4.5.5 Simulação do mapeamento do fluxo de valor futuro.....	80
4.6 Análise dos sistemas produtivos: atual e futuro	85
 5 CONCLUSÃO.....	87
 REFERÊNCIAS.....	89
 APÊNDICE A – ROTEIRO DO FLUXO DO MATERIAL.....	93
 APÊNDICE B – DADOS COLETADOS NOS PROCESSOS DAS CAIXAS PLÁSTICAS	98
 APÊNDICE C – FERRAMENTA BOXPLOT NA IDENTIFICAÇÃO DE <i>OUTLIERS</i> (PONTOS VERMELHOS).....	103
 APÊNDICE D – HISTOGRAMAS DA DISTRIBUIÇÃO DAS PROBABILIDADES DOS PROCESSOS	108

APÊNDICE E – MODELO DE REPRESENTAÇÃO DOS DADOS TRATADOS NO SOFTWARE FLEXSIM	113
--	------------

1 INTRODUÇÃO

Este estudo origina-se a partir de uma família de produtos que possuem um considerável potencial de desenvolvimento nos últimos anos: as caixas plásticas para ferramentas. Trata-se de um produto que vem adquirindo maior importância especialmente com as transformações socioeconômicas e demográficas. A tendência é que cada vez mais as pessoas passem a executar pequenos reparos em suas residências por conta própria, e, além disso, as atividades artesanais também apresentam uma tendência de crescimento, ocasionando um aumento na demanda desse tipo de caixas.

No entanto, a extrema competitividade nesse grande mercado faz com que diversos varejistas e distribuidores decidam importar esse produto, na maioria das vezes, de fornecedores do leste asiático (ABIPLAST, 2014). Esse tipo de caixa costuma ser elaborado a partir de matéria-prima de baixa qualidade, geralmente reciclada e mal formulada, apresentando como vantagem um custo de produção relativamente baixo, que, conseqüentemente, permite uma porcentagem maior na dominação do mercado final.

A empresa abordada nesta monografia, contudo, opta pela produção nacional de caixas robustas para ferramentas, injetadas com polímeros de qualidade superior e formulações adequadas para essa aplicação. Devido a isso, a dificuldade enfrentada pela empresa no mercado vem sendo o alto custo de produção, fator que impacta no custo para o cliente final. Embora a qualidade superior do produto seja notada, há a dificuldade de competir com os produtos importados, uma vez que estes apresentam um valor inferior de venda.

Foi justamente essa competitividade encontrada pela empresa na venda desse produto que serviu de inspiração para a elaboração das principais propostas desenvolvidas no presente estudo, no qual se introduz o conceito de análise de perdas dentro do processo produtivo a fim de agregar valor ao cliente final.

Para isso, esta monografia aborda a origem da análise de perdas na concepção da produção enxuta, que teve início em 1890, quando Sakichii iniciou o desenvolvimento de ideias buscando a redução de perdas. Posteriormente, Toyota, Ohno e Shingo adaptaram a redução de perdas e a tornaram um dos principais conceitos utilizados no Sistema Toyota de Produção (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007; DENNIS, 2008; SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011; WOMACK; JONES, 2004; WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

A produção enxuta constitui-se de diversas ferramentas que estão contidas nos pilares do Sistema Toyota de Produção. O pilar *just-in-time* engloba a eliminação de desperdícios, o fluxo contínuo e o esforço contínuo na resolução de problemas. Uma das ferramentas utilizadas para a aplicação dos princípios do *just-in-time* é o Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007; MCDONALD; AKEN; RENTES, 2002; ROTHER; HARRIS, 2002; ROTHER; SHOOK, 2003). O VSM é estabelecido a partir da construção do mapa atual, no qual se desenha o atual processo de produção para, a partir disso, visualizar e estabelecer as melhorias necessárias, que, por sua vez, serão apresentadas no desenho do mapa futuro, almejando a implementação de ferramentas enxutas para sanear as possíveis fontes de desperdícios. Na construção do VSM, as fontes de desperdícios são identificadas em seu fluxo de material e de informação, utilizando ícones comuns a essa ferramenta (ROTHER; HARRIS, 2002; ROTHER; SHOOK, 2003).

A potencialização do VSM pode ser realizada mediante o uso da simulação, um software que possibilita a visualização de melhorias no processo produtivo atual e a simulação das melhorias estabelecidas para o mapa futuro, fornecendo dados como resultado para avaliar a viabilidade de aplicação. Por meio da simulação, podem-se estabelecer os resultados que se almeja e avaliar resultados que dificilmente são visualizados na prática, como a quantificação das perdas dentro do processo produtivo (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007; CHWIF; MEDINA, 2010; DETTY; YINGLING, 2000; LAW; KELTON, 2000; MCDONALD; AKEN; RENTES, 2002).

1.1 Tema

O mapeamento do fluxo de valor e a simulação de eventos discretos na identificação e na análise de perdas em um processo de manufatura de caixas plásticas para ferramentas.

1.1.1 Delimitação do tema

O presente trabalho delimita-se ao estudo da metodologia do mapeamento do fluxo de valor de modo integrado a um modelo computacional, arquitetado no software Flexsim, a fim de analisar indicadores de perdas no processo de manufatura de caixas plásticas para ferramentas em uma empresa localizada na cidade de Garibaldi-RS.

1.2 Questão da pesquisa

A manufatura de produtos plásticos vem crescendo e se desenvolvendo ao redor do mundo. As indústrias que optam por promover seu desenvolvimento no setor de plástico estão interligadas a grandes mercados emergentes e competitivos (ABIPLAST, 2014). Em função dessa competitividade em escala global, muitas empresas buscam a implementação dos conceitos de produção enxuta, que visam desenvolver ideias para a redução das perdas que estão vinculadas ao processo produtivo, como: perdas com movimentação, espera, transporte, estoques, superprodução, processamento e produção de produtos defeituosos (WOMACK; JONES, 2004).

Estudar o fluxo de valor é, justamente, uma forma de visualizar e eliminar esses desperdícios no processo de manufatura. As perdas estão constantemente presentes no “chão de fábrica”, mas é possível desenvolver procedimentos de análise para tentar inibir as incertezas e enxergar os possíveis problemas que as estejam ocasionando (ROTHER; SHOOK, 2003). Em virtude desses fatos, apresenta-se a seguinte questão de pesquisa: Como analisar as perdas inseridas no fluxo de valor do processo de manufatura de caixas plásticas?

1.3 Objetivo geral

Analisar as perdas que estão inseridas no processo de manufatura de caixas plásticas para ferramentas utilizando o mapeamento de fluxo de valor com o suporte da simulação de eventos discretos.

1.3.1 Objetivos específicos

São designados como objetivos específicos deste estudo:

- a) mapear o fluxo de valor atual do processo de manufatura;

- b) identificar as perdas;
- c) construir o mapeamento do fluxo de valor futuro do processo de manufatura;
- d) quantificar as perdas mediante a aplicação da simulação de eventos discretos;
- e) analisar os indicadores de perdas.

1.4 Justificativa

Agregar valor ao produto não é uma tarefa fácil para as empresas (WOMACK; JONES, 2006), uma vez que os processos industriais obtêm a maior porcentagem de perdas das corporações em seus sistemas de fabricação. Essas perdas são dificilmente notadas, havendo, constantemente, um intenso trabalho para minimizá-las (SHINGO, 2007).

Uma questão relevante na geração de valor é estabelecer o fluxo de produção visando a eliminação dos desperdícios. Para isso, este estudo optou pelo mapeamento de fluxo de valor, ferramenta que possibilita uma análise do estado atual e a definição de um estado futuro do sistema de manufatura, demonstrando as possíveis melhorias a serem feitas (ROTHER; SHOOK, 2003).

Porém, para mensurar as perdas que compõem o processo produtivo, existem três dificuldades principais: identificação das perdas, análise quantitativa e métodos de redução que visam sanear as fontes de desperdícios prevendo todas as variáveis do processo (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007). Uma das formas de avaliar esses problemas com maior precisão é por meio da utilização da simulação de eventos discretos, método que possibilita envolver as variáveis e as restrições do processo estudado (CHWIF; MEDINA, 2010).

A preferência por estudar um processo produtivo mais enxuto que permita a redução dos desperdícios e a criação de um fluxo de valor com melhorias no desempenho produtivo ocorre pela busca de um melhor posicionamento estratégico dentro do mercado competitivo no setor de manufatura de produtos derivados do polipropileno, a matéria-prima do plástico. Assim, comprova-se a importância do estudo do fluxo de valor como uma alternativa de redução das perdas no sistema produtivo.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho constitui-se de cinco capítulos. O primeiro, apresenta a introdução do estudo, contextualizando a necessidade da implementação de ferramentas da produção enxuta para que seja possível manter a competitividade no mercado nacional. Para analisar e identificar

as perdas, utiliza-se o mapeamento do fluxo de valor, que terá como suporte a simulação de eventos discretos. Este primeiro capítulo apresenta, ainda, o problema, a hipótese, os objetivos e a justificativa deste estudo.

O segundo capítulo, por sua vez, apresenta a história do surgimento e do desenvolvimento da produção enxuta por meio de uma revisão bibliográfica, indicando os seus princípios, as sete perdas, o mapeamento de fluxo de valor e a simulação de eventos discretos.

O terceiro capítulo descreve a metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa, assim como os métodos, o modo de abordagem, o objetivo e os procedimentos técnicos utilizados.

O quarto capítulo traz os resultados obtidos no desenvolvimento do trabalho a partir da aplicação das teorias abordadas, e o quinto, por sua vez, apresenta a conclusão obtida mediante a aplicação dos métodos abordados no trabalho, seguido pelas referências bibliográficas utilizadas como base na construção desta monografia e dos apêndices.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica dos seguintes assuntos: a contextualização da manufatura enxuta, os princípios da produção enxuta, as sete perdas, o mapeamento do fluxo de valor e a simulação de eventos discretos para apoio ao mapeamento do fluxo de valor.

2.1 Contextualização da manufatura enxuta

A automação inteligente, atualmente denominada como *jidoka*, foi desenvolvida por Sakichi Toyoda, o criador do grupo Toyota. Sakichi Toyoda iniciou o pensamento de automação com a diminuição de perdas enquanto observava sua mãe na tecelagem manual que demandava extensa mão de obra e tempo de trabalho (WOMACK; JONES; ROOS, 1992). Em 1890, ele desenvolveu um tear manual de madeira de fácil operação, que apresentava maior eficiência em comparação com os teares anteriores, diminuindo, com isso, o tempo de processo. Seis anos depois, em 1896, ele mesmo inventou o primeiro equipamento mecânico de tear do Japão, trabalhando no aperfeiçoamento desse tear até 1914 (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Sakichi e seu filho Kiichiro desenvolveram o primeiro equipamento mecânico de tear de alta velocidade do mundo. Criado em 1924 e considerado um fato histórico, o tear era seguro e evitava o desperdício, pois realizava a parada automática mediante sensores instalados no equipamento (WOMACK; JONES, 2004). Além disso, com a criação desse tear mecânico de alta velocidade, que se destacou nos Estados Unidos e na Europa, foi possível diminuir o número de colaboradores. Enquanto que com as máquinas anteriores era necessário um operador por máquina, com esse novo modelo, conhecido como modelo G, um único operador

poderia ser o responsável pela observação de até 30 máquinas ao mesmo tempo (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Em 1926, o modelo G passou a ser produzido em linhas de produção em série, fundamentado nos exemplos americanos. Kiichiro, buscando licenciar a tecnologia que desenvolvera para o tear automático, foi aos Estados Unidos e à Europa em 1929. Durante essa viagem, ele se deparou com muitos veículos nas ruas e, a partir disso, decidiu produzir automóveis (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Inicialmente, a ideia de Kiichiro foi pouco aceita, pois alegavam que o Japão não teria tecnologia suficiente para trabalhar com a manufatura de automóveis, afirmando que essa ideia não seria viável para ser desenvolvida no país. No entanto, Kiichiro assumiu o risco de investir em equipamentos de precisão com alto custo e passou a desenvolver pequenos motores na sua fábrica de tear (WOMACK; JONES, 2004). Em 1935, a equipe de Kiichiro criou seu primeiro protótipo de automóvel de passageiros e, em 1936, aperfeiçoando o primeiro protótipo, desenvolveu o segundo carro de passageiros. Apenas um ano depois, em 1937, foi implantada a primeira fábrica de automóveis do grupo Toyota no Japão (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Foi na fábrica automobilística de Kiichiro, aperfeiçoando as técnicas americanas de fabricação em série utilizadas pela Ford em sua manufatura e que representavam a produção em massa, que teve início o processo de elaboração da ferramenta *just-in-time*, com o conceito de extinguir as perdas e produzir apenas o indispensável (WOMACK; JONES, 2004).

Em 1941, com o começo da Segunda Guerra Mundial, Kiichiro necessitou limitar o desenvolvimento da fábrica e suas ideias foram repassadas para Eiji Toyoda, seu primo. Eiji foi instruído por Kiichiro a colocar a fábrica nos padrões americanos, já que a produção de automóveis nos Estados Unidos era muito maior do que a do Japão (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011).

Em 1945, após a guerra, uma grande crise econômica avançou sobre as empresas japonesas em função dos escassos recursos para um potencial desenvolvimento e crescimento econômico (WOMACK; JONES; ROOS, 1992). Eiji Toyoda, buscando um processo produtivo mais eficiente, contratou Taiichi Ohno como engenheiro de produção (OHNO, 1997). Em consequência da carência de recursos, os líderes do mercado industrial japonês – Toyoda, Ohno e Shingo – resolveram iniciar a adaptação de seus processos com o objetivo de reduzir o número de perdas (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007). Os três buscavam, por meio dos conceitos *jidoka*, maneiras de aumentar o valor de produtividade de cada operário. Os recursos, até então

limitados, precisavam ser expandidos, e, para isso, utilizaram a teoria *just-in-time*, que havia sido desenvolvida por Kiichiro (DENNIS, 2008).

Taiichi Ohno, por sua vez, foi o responsável pela criação do *kanban* e pelo desenvolvimento da produção em fluxo. O *kanban* era inicialmente utilizado como ordem de produção e retirada de materiais, sendo uma ferramenta para conseguir o *just-in-time* (OHNO, 1997).

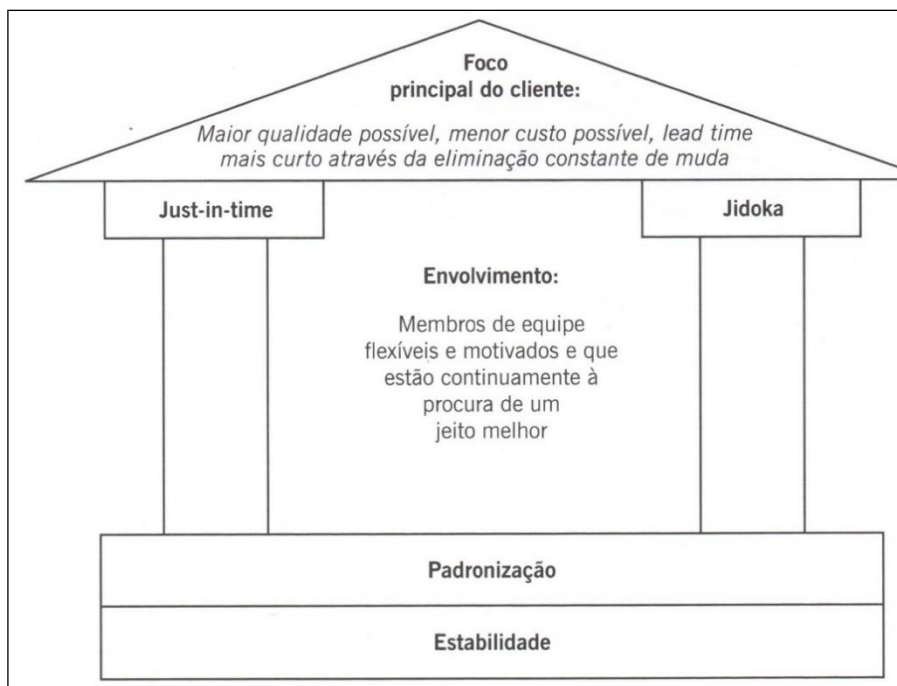
A organização dos equipamentos produtivos da Toyota foi alterada, passando a ser organizada em sequência de processos e não mais em grupos de máquinas com a mesma finalidade. Essa integração das linhas é, justamente, um dos métodos utilizados para a aplicação do sistema puxado (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011). A partir de 1966, a Toyota passou a integrar o sistema puxado em suas linhas de montagem nos processos envolvidos, e, inclusive, nos fornecedores de peças que disponibilizam os insumos para essas linhas (WOMACK; JONES, 2004).

Aos poucos, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda elaboraram um novo sistema de produção conhecido como *Lean Manufacturing*, baseado na estrutura de produção *just-in-time* e na automação inteligente *jidoka*. A partir disso, o Sistema Toyota de Produção passou a ser considerado um padrão para as demais indústrias produtivas (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011).

Em 1973, a crise global do petróleo afetou a economia do mundo, inclusive a do Japão. No entanto, passado o momento de crise, a Toyota ficou conhecida como a empresa mais lucrativa daquele país, e isso chamou a atenção das demais corporações do mundo. O Sistema Toyota de Produção, conhecido também como produção *lean* ou produção enxuta, simultaneamente com o *kanban*, foram considerados os responsáveis pela lucratividade da Toyota (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011).

De acordo com Dennis (2008), os pilares da produção enxuta são o *just-in-time* e o *jidoka*. A Figura 1 demonstra a utilização desses conceitos como base de sustentação da produção enxuta.

Figura 1 – A base de sustentação da produção enxuta



Fonte: Dennis (2008, p. 37).

O *just-in-time* fabrica apenas o necessário, no instante e na quantidade certa. Nesse tipo de processo, não deve ocorrer a produção em massa, mas sim uma produção que atenda a demanda existente para o determinado produto (DENNIS, 2008). Segundo Shimokawa e Fujimoto (2011), as principais regras seguidas pelo *just-in-time* são:

- a) o item apenas deve ser produzido quando existir um pedido;
- b) a demanda deve ser projetada para que o trabalho ocorra de maneira tranquila;
- c) o *kanban* deve ser utilizado para associar os processos às demandas dos clientes;
- d) a flexibilidade das pessoas e das máquinas envolvidas no processo de produção deve ser potencializada.

O termo *jidoka* originou-se da palavra japonesa *ji-do-ka*, sendo que o “ji” se refere ao trabalhador, que é o responsável por identificar os problemas na linha de produção antes que eles causem algum problema de total parada das máquinas envolvidas no processo; o “do” se refere ao movimento; e o “ka” refere-se à ação (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011). A aplicação do *jidoka* trata de criar processos que não apresentem defeitos e que sejam constantemente fortalecidos. A máquina de tecer desenvolvida por Sakichi e seu filho Kiichiro foi o início do desenvolvimento desse conceito, pois ela era segura e evitava perdas. Mediante a identificação de problemas, ela realizava a parada de forma automática, alertando o operador de que algum desvio na produção havia sido detectado (DENNIS, 2008). Esses novos modelos de pensamento resultaram no surgimento de um conceito que se baseia em uma grande mudança

relacionada ao exercício clássico da produção, conhecido, na atualidade, como manufatura enxuta (SLACK; BRANDON-JONES; JOHSTON, 2018).

A manufatura enxuta é uma ideologia de coordenação da produção que visa o aumento dos lucros e a redução dos custos, priorizando, assim, melhorias no processo por meio da eliminação contínua de perdas na produção e, também, do aumento da densidade do produto, agregando valor e diminuindo atividades que não lhe acrescentam valor físico (MONDEN, 2015). Segundo Shingo (1996), antigamente, o preço de um produto era estabelecido pela empresa de acordo com o seguinte princípio:

$$\text{Custo de produção} + \text{Margem de lucratividade} = \text{Preço final} \quad (1)$$

Segundo Dennis (2008), na produção *lean*, o valor final do produto é determinado pelo cliente, pois o preço geralmente é fixo. A empresa almeja lucratividade por meio da redução de custos de produção, e a principal maneira de consegui-la é minimizando as perdas e os desperdícios. A Toyota modificou o conceito de determinação de valor do produto, pois passou a fazer uso do princípio do “não custo”, através do qual:

$$\text{Preço final} - \text{Custo de produção} = \text{Margem de Lucratividade} \quad (2)$$

Este termo “não custo”, inclusive, originou-se a partir dos conceitos do Sistema Toyota de Produção (SHINGO, 1996).

2.2 Princípios da produção enxuta

A produção enxuta possui cinco principais conceitos que visam à diminuição das perdas no processo produtivo. Conforme Womack e Jones (2006), são elas: perfeição, produção puxada, fluxo contínuo, fluxo de valor e valor.

2.2.1 Valor

Conforme o pensamento enxuto, a determinação de valor dos produtos é estabelecida pelo cliente final, ou seja, o cliente visualiza apenas o que ele usufrui do produto adquirido, sendo que o valor apenas é notado na transformação do produto (WOMACK; JONES, 2004).

Segundo Ohno (1997), a agregação de valor se refere à toda operação que gera um processamento de material, contrariando a ideia de trabalho sem valor agregado, que são aquelas operações que acontecem nos bastidores do processo de produção, mas que podem influenciar na cadeia produtiva. Cabe, então, à empresa encontrar e estabelecer um valor ideal

ao produto ou serviço que satisfaça o cliente pela sua utilização, para que a corporação possa se sustentar no mercado de modo competitivo e, assim, buscar maior lucratividade por meio da melhoria contínua e da minimização das perdas no processo de manufatura (WOMACK; JONES, 2006).

2.2.2 Fluxo de valor

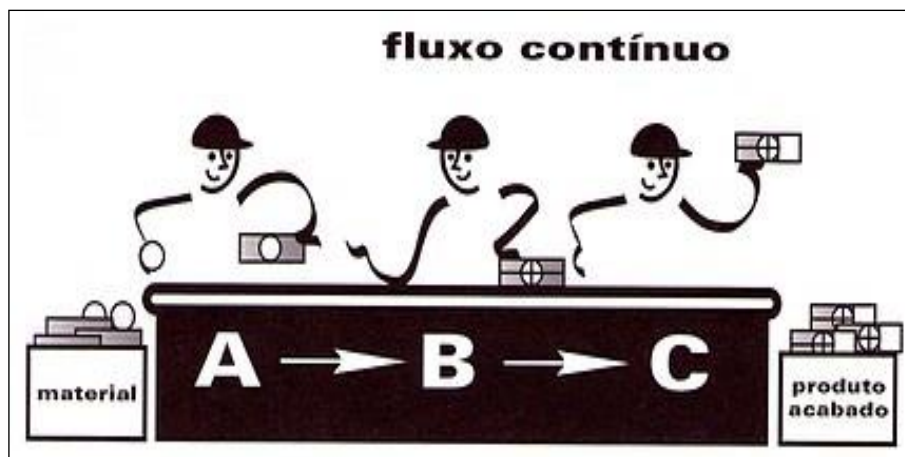
Conforme Rother e Shook (2003), o fluxo de valor é entendido como todo o percurso que o produto sofre dentro do processo de manufatura, desde os fornecedores de matéria-prima até o cliente final, agregando ou não valor ao produto. Cada processo possui diferentes características de processamento, cabendo ao gerente da manufatura arquitetar o mapeamento do fluxo de valor para encontrar as fontes de desperdícios e as ferramentas enxutas que serão empregadas para reduzir as perdas e, assim, construir um novo layout do sistema produtivo (WOMACK; JONES, 2006).

2.2.3 Fluxo contínuo

De acordo com Rother e Shook (2003), o modo mais conveniente de se produzir um produto é por meio do fluxo contínuo. Assim, o objetivo principal da fabricação enxuta é estabelecer um fluxo contínuo dentro do processo de manufatura (ROTHER; HARRIS, 2002), pois ele tem um papel fundamental na minimização do ciclo de produção. No fluxo contínuo, os processos devem ser realizados sem interrupção e com o mínimo de estoque intermediário possível (SHINGO, 1996). Além disso, o período de fabricação, também conhecido como *lead time*, deve ser reduzido ao máximo, encontrando as fontes que geram os desperdícios dentro do sistema de manufatura (ROTHER; SHOOK, 2003).

A Figura 2 representa o fluxo contínuo, no qual os processos envolvidos na produção de um determinado produto devem acontecer em uma linha contínua de operação, que resulta no produto acabado com uma diminuição do tempo de *lead time* (ROTHER; SHOOK, 2003).

Figura 2 – Processo de fluxo contínuo



Fonte: Rother e Shook (2003, p. 45).

2.2.4 Produção puxada

A produção puxada, de acordo com Dennis (2008), tem como princípio reprimir a superprodução de modo que se consiga controlar os estoques em processo. Ela é coordenada pelo cliente, pois considera-se que o produto apenas deve ser produzido quando houver demanda. No entanto, para que a produção puxada ocorra, deve existir flexibilidade e agilidade (WOMACK; JONES, 2004).

Para isso, Taiichi Ohno desenvolveu a ferramenta *kanban*, que coordena a produção puxada. Nela, adota-se o sistema de supermercado com o propósito de atender a demanda das operações anteriores e posteriores (OHNO, 1997).

2.2.5 Perfeição

A integração destes quatro princípios: fluxo contínuo, fluxo de valor, valor e produção puxada constituem a busca pela perfeição. Nela, todos os envolvidos na cadeia produtiva precisam desenvolver uma melhoria contínua com o propósito de agregar valor ao produto e atender as necessidades dos clientes (WOMACK; JONES, 2006).

A melhoria contínua é pertinente a pequenos melhoramentos no sistema de manufatura já existentes, baseando-se nos conceitos de melhoramento da produtividade. O conceito *kaizen*, termo que designa a melhoria contínua, está diretamente interligado à melhoria das práticas japonesas. Ele é abordado pelo autor como um conceito guarda-chuva, pois as teorias

englobadas em sua aplicação devem ser exploradas para que haja uma melhoria contínua (IMAI, 1994).

2.3 As sete perdas

Os processos industriais apresentam as maiores porcentagens de perdas na corporação em seus sistemas de fabricação. Essas perdas são dificilmente notadas e há um trabalho intenso para minimizá-las (SHINGO, 2007). Esses desperdícios, inclusive, estão ligados aos custos diretos da produção, diminuindo, consequentemente, a lucratividade sobre os produtos vendidos (HINES; RICH, 1997).

O Sistema Toyota de Produção incorpora em sua indústria a observação e a aplicação de metodologias que buscam identificar as fontes de perdas dentro do processo produtivo e, posteriormente, a realização de trabalhos para eliminá-las (OHNO, 1997). A falta de conhecimento com relação ao fluxo do processo é o principal empecilho para a não identificação das perdas dentro sistema produtivo e para o não estabelecimento de uma visão do processo como um todo, bloqueando a redução dos desperdícios. Ao estabelecer uma visão sistemática do sistema produtivo, estabiliza-se o fluxo e aumenta-se a produtividade (ROTHER; SHOOK, 2003).

Shingo (1996) divide as perdas em sete grupos:

- a) perdas por superprodução;
- b) perdas por transporte;
- c) perdas por processamento;
- d) perdas por produção de produtos defeituosos;
- e) perdas por estoque;
- f) perdas por desperdício de movimentos;
- g) perdas por espera.

2.3.1 Perdas por superprodução

Conhecida como produção em grandes quantidades sem necessidade ou planejamento de venda, esse tipo de prejuízo é o mais comum dentro das indústrias mundiais (MONDEN, 2015). Essa perda é classificada como crítica dentro das empresas, pois esconde outros problemas, como a produção de produtos defeituosos, a espera entre lotes, as paradas de equipamentos por defeito e a ausência de matérias (OHNO, 1997). De acordo com Dennis

(2008), o excesso de produção pode ser pertinente à maioria dos desperdícios dentro do processo de manufatura, sendo responsável por gerar erros administrativos e produzir algo que é desnecessário naquele momento.

O Sistema Toyota de Produção tem como objetivo principal reduzir as perdas por superprodução. A redução desses desperdícios geralmente é estabelecida na incorporação de melhorias no processo produtivo, sendo classificadas de duas formas: quantitativa e por antecipação (SHINGO, 1996).

Os prejuízos quantitativos são pertinentes à produção acima da quantidade prescindível e ocorrem devido à inclusão de peças defeituosas no processo. Geralmente são produzidas mais peças para almejar um valor 'x' de peças, mas a superprodução ocorre quando não há peças defeituosas (SHINGO, 1996). Já a superprodução por antecipação, segundo Dennis (2008), acontece quando a finalização da produção é realizada antes do prazo de entrega ao cliente, gerando estoque do produto acabado na empresa e provocando perdas desnecessárias no sistema produtivo, como: transporte, espera, movimentos e a dificuldade de identificação e correção de possíveis defeitos.

A superprodução é um fator que causa principalmente perdas em qualidade e em produtividade. Além disso, gera estoques intermediários e resulta em movimentações, principalmente no deslocamento físico entre as etapas de operações, que, por sua vez, geram novos fluxos indesejados no processo produtivo. Foi exatamente isso que levou a Toyota a implementar os sistemas puxados ou *kanban* para minimizar esse tipo de problemas (HINES; RICH, 1997).

2.3.2 Perdas por transporte

As perdas por transporte são fatores que não acrescentam valor ao produto, pois geralmente estão associadas ao arranjo físico do processo. Os desperdícios gerados pelo deslocamento só podem ser reduzidos a partir da melhoria de layout. Os conceitos da mecanização do transporte estabelecem a agregação de empilhadeiras e paletes como a última opção no processo produtivo (SHINGO, 1996).

O transporte desnecessário é estabelecido como uma perda, pois, nesse tempo, o produto não está sendo processado. Esse tipo de movimentação dentro das empresas geralmente é inevitável e possível de ser percebido desde o fluxo produtivo até a expedição, podendo, ainda, ser caracterizado de curto ou longo tempo (OHNO, 1997). Sua principal causa ocorre quando essa perda exerce uma movimentação desnecessária e não planejada pelo engenheiro chefe, que

não determina o tipo de transporte necessário para a produção (SHINGO, 1996). Além disso, o transporte de produtos entre os processos também deve ser reduzido ao máximo, principalmente o manuseio duplo e o excesso de movimentação, que, por consequência, podem provocar a deterioração e a diminuição da qualidade do produto (HINES; RICH, 1997).

Dentro do fluxo de valor, o transporte pode ser minimizado por meio da construção de um arranjo físico adequado. Entretanto, deve-se ter extrema cautela, pois a construção de um arranjo físico inadequado pode comprometer a logística do material dentro da empresa, tendo como consequência a diminuição da eficiência do sistema produtivo em função do grande deslocamento de peças (DENNIS, 2008).

2.3.3 Perdas por processamento

Esse tipo de prejuízo se caracteriza por processos de transformação desnecessários a fim de que o produto atinja suas especificações técnicas. Os processos que são agregados além da criação do produto são considerados perdas que geralmente estão associadas à má qualidade de fabricação e ao surgimento de peças defeituosas, que precisam ser passadas por um retrabalho (MONDEN, 2015). Nessa etapa, os processos são questionados no que diz respeito à geração de valor ao produto, tendo como objetivo a simplificação das etapas de fabricação (SHINGO, 1996).

Além disso, a máquina envolvida no processo de fabricação do produto deve ser adequada para aquela função e flexível, utilizando dispositivos que contemplem os conceitos *poka-yoke* ou *jidoka*. Também é importante que as operações estejam próximas das atividades anteriores e posteriores (HINES; RICH, 1997). Segundo Dennis (2008), produzir além do que o comprador necessita é caracterizado como excesso de processamento.

2.3.4 Perdas por produção de produtos defeituosos

Esse tipo de perdas acontece pelo processamento de produtos fora das especificações técnicas e de qualidade. O que está perdido não se recupera, apenas agrega custo. Geralmente, esses desperdícios estão associados ao custo da perda do transporte, da movimentação, da espera e do estoque de matérias, devido ao fato de o produto já ter passado por alguma etapa de fabricação (MONDEN, 2015).

Outros fatores estão englobados nessa perda, como o desperdício de materiais, a armazenagem de produtos com não conformidade, o tempo de máquinas não produtivas, a baixa

qualidade dos produtos e o tempo de mão de obra na fabricação (SHINGO, 1996). Segundo Dennis (2008), além da perda que ocorre na fabricação de produtos não conformes, a necessidade de correção do erro gera mais um tipo de perda na eficiência do processo.

2.3.5 Perdas por estoque

A perda por geração de estoque está relacionada ao investimento para se manter a estrutura física de armazenamento, geralmente vinculada à manutenção e ao custo por tornar o produto obsoleto. Normalmente, isso é decorrente da produção excessiva e da armazenagem de insumos desde o processo inicial até a expedição (SHINGO, 1996).

Esse conceito, no entanto, ainda não é muito utilizado pelas empresas, pois o estoque consegue mascarar problemas no sistema de fabricação, como a invalidação de máquinas, a espera entre processos, entre outros (MONDEN, 2015).

Além do mais, o estoque é um enorme desperdício dentro do fluxo de valor do produto, pois diminui a competitividade da empresa e oculta possíveis problemas no processo produtivo (HINES; RICH, 1997). De acordo com Dennis (2008), os estoques são causados pelo fluxo reprimido da corporação, que ocorre em função das incertezas do mercado e são mantidos como forma de assegurar a entrega do produto ao cliente final.

2.3.6 Perdas por movimentos

As perdas no desperdício dos movimentos são integralizadas quando o colaborador exerce uma tarefa não planejada na cadeia produtiva. Para que isso não ocorra, é necessário que haja uma análise cronológica e estudos de tempos e movimentos para a maximização do tempo da operação (SHINGO, 1996).

A realização do estudo dos movimentos é de suma importância para o balanceamento das operações, pois, em cada operação, é possível realizar a identificação, a redução ou, até mesmo, a eliminação desse tipo de desperdício gerado pelo operador. Isso aumentará a lucratividade sobre o produto, pois a produção por hora irá aumentar naturalmente (OHNO, 1997).

A otimização dos movimentos do colaborador no processo produtivo pode resultar em maravilhosos ganhos ergonômicos e em diminuição de lesões por esforço repetitivo (MONDEN, 2015). Além disso, esse tipo de perda gera desgaste físico ao colaborador, produtividade baixa, problemas de qualidade e envolve o excesso de movimentos operacionais

que não estão inseridos no processo e que não agregam valor à mercadoria para o cliente final (HINES; RICH, 1997).

Segundo Dennis (2008), esse modelo de desperdício está correlacionado com o comportamento humano, que pode estar sendo prejudicado pela disposição das máquinas em seu processamento.

2.3.7 Perda por espera

As perdas por espera podem ser ocasionadas por processo, lote e operador. A perda por espera no processo ocorre quando a peça está disponível para o operador, porém o operador não está disponível para a peça, fazendo com que ela seja adicionada a uma fila de espera. Já a perda por espera de lote ocorre quando a etapa do produto só pode ser trocada após o término do lote, pois todo o lote segue para o próximo processo. A última das perdas, a perda por espera do operador, ocorre quando o operador está disponível para a execução do processo e precisa ficar aguardando a chegada e a liberação da próxima peça (SHINGO, 1996). Isso acontece quando os layouts do sistema de fabricação estão inadequados, sendo geralmente caracterizados pela ausência de sincronização dos processos dentro da produção (OHNO, 1997).

Essa perda acontece quando as mercadorias não estão sendo deslocadas ou processadas, gerando um fluxo mais lento dentro do sistema de manufatura e tendo, portanto, um maior *lead time* (HINES; RICH, 1997). Para melhorar o fluxo de produção, deve haver planejamento e uma redefinição do arranjo físico mediante projetos de sistemas de produção, para que o tempo do operador seja otimizado e, assim, os prejuízos por espera sejam evitados (MONDEN, 2015).

De acordo com o Dennis (2008), a espera pode estar sendo potencializada pelo tempo que a máquina demora para executar a operação sobre o produto e, além disso, está correlacionada com defeitos nos equipamentos e produção de produtos não conformes, o que aumenta o *lead time* do produto dentro do sistema.

2.4 Mapeamento do fluxo de valor

De acordo com Rother e Shook (2003), a ferramenta de mapeamento de fluxo de valor, ou *Value Stream Mapping* (VSM), possui o objetivo de compreender o fluxo de material e da informação dentro de um processo de manufatura, implantando os pensamentos enxutos para a melhoria e a redução de desperdícios.

Quando se inicia um mapeamento de fluxo de valor, os processos produtivos da organização nem sempre são claramente visíveis e conhecidos. Pradella, Furtado e Kipper (2016) destacam que nesse momento deve-se buscar o auxílio de algumas ferramentas gerenciais, como o mapeamento de processos, para estabelecer as entradas de dados para uma possível melhoria no sistema.

Villella (2000) destaca que o mapeamento é a primeira etapa antes de estabelecer as atividades e as tarefas dentro do sistema produtivo, pois ele ajuda a determinar a cadeia de valor para a agregação de vantagens competitivas. Já para McDonald, Aken e Rentes (2002) é com o mapeamento que se estabelecem as atividades que exercem ações no processo. Quando essas atividades não estão cumprindo suas metas estabelecidas, elas devem ser analisadas e corrigidas.

Pradella, Furtado e Kipper (2016) afirmam que se deve detalhar ao máximo o mapa, a fim de que seja possível entender, relatar, avaliar, projetar, automatizar e estabelecer as atividades de negócio, ao mesmo tempo em que se estimam os recursos que dão apoio a elas. Estabelecer o diagrama é a primeira etapa de um projeto de sistemas de produção, pois ele permitirá identificar gargalos, atrasos, desperdícios e ineficiências, demonstrando oportunidades de melhorias dentro do sistema produtivo.

Segundo Shingo (2007), a estruturação de um mapeamento de processo concede várias leituras organizacionais, principalmente a visualização de perdas não calculadas na projeção do processo. Além disso, o mapeamento de fluxo de valor é extremamente importante para a visualização do fluxo como um todo e não apenas como um processo de forma individual, pois é por meio dele que se pode identificar a origem das perdas. Esse mapeamento é realizado com o uso de ferramentas de identificação padrão que apresentam uma mesma linguagem para todos os processos (ROTHER; SHOOK, 2003).

Com a estruturação do mapeamento, as decisões tomadas são discutíveis, pois elas se tornam visíveis. Nessa estruturação, são utilizadas as técnicas da produção enxuta de maneira conjunta, para que o melhor mapeamento de fluxo de valor para o processo de manufatura em questão possa ser selecionado. Ao utilizá-la, deve-se mapear o fluxo de informação e o fluxo de materiais (ROTHER; HARRIS, 2002). A Figura 3 demonstra a seriedade de unir essas informações ao fluxo de produção.

Figura 3 – Integração da informação e dos materiais ao fluxo de produção



Fonte: Rother e Shook (2003, p. 5).

Antes de iniciar o mapeamento, deve-se realizar a seleção de uma família de produtos, pois não serão mapeados todos os produtos produzidos pela empresa. Pertencem a uma família aqueles produtos que apresentam o mesmo processamento e utilizam equipamentos semelhantes (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007).

De acordo com Rother e Harris (2002), é necessário especificar os produtos que constituem uma família e qual é a sua demanda e a sua frequência de entrega. A constituição da família que será estudada deve apresentar processos produtivos idênticos ou parecidos, para que seja possível instituir um sistema de manufatura de produção em lotes (ROTHER; SHOOK, 2003). A Figura 4 apresenta uma forma de identificar a família de produtos através da criação de uma matriz.

Figura 4 – Identificando a família de produtos

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

Uma Família de Produtos

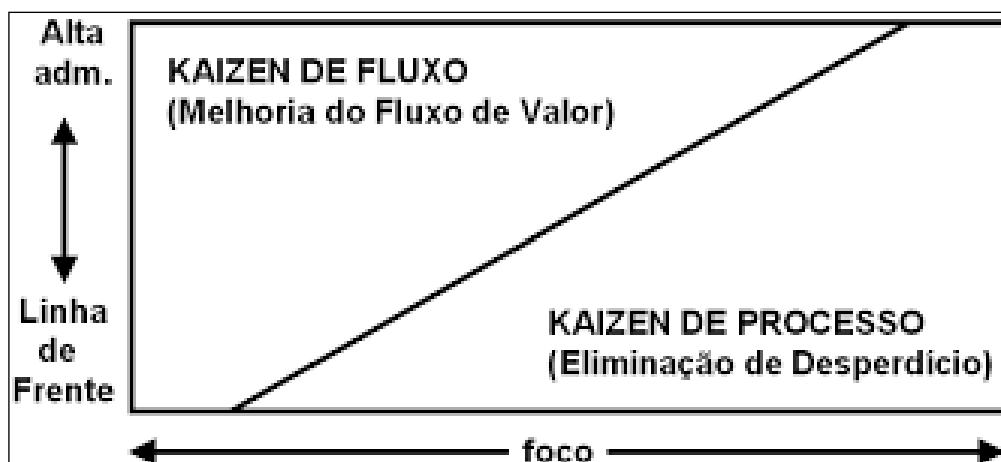
Fonte: Rother e Shook (2003, p. 6).

Após determinar a família do produto que será estudado, o VSM entra em ação como uma ferramenta que auxilia na constituição do fluxo de valor do sistema produtivo criado, usando um conjunto predefinido de ícones padronizados (ROTHER; HARRIS, 2002).

De acordo com Abdulmalek e Rajgopal (2007), o primeiro passo é escolher um determinado produto ou família de produto como alvo da melhoria. O segundo passo é desenhar um mapa do estado atual que descreve como as coisas estão sendo feitas neste momento. A última etapa é esboçar o mapa do estado futuro, ou seja, uma visão posterior à eliminação das ineficiências do processo, permitindo a utilização de um conjunto de ferramentas enxutas.

Segundo Hines e Rich (1997), as ferramentas utilizadas no mapeamento de atividades de processos consiste em um grupo de técnicas que podem ser utilizadas para eliminar desperdícios do local de trabalho com seus benefícios associados para realizar uma análise detalhada do fluxo de valor tendo em vista a sua melhoria. Essa melhoria, por sua vez, é descrita como *kaizen* de fluxo ou *kaizen* do processo e visa à redução de perdas no sistema de manufatura da fábrica (ROTHER; SHOOK, 2003). A Figura 5 demonstra essa interação entre os dois tipos de *kaizen*.

Figura 5 – *Kaizen* de fluxo e de processo



Fonte: Rother e Shook (2003, p. 8).

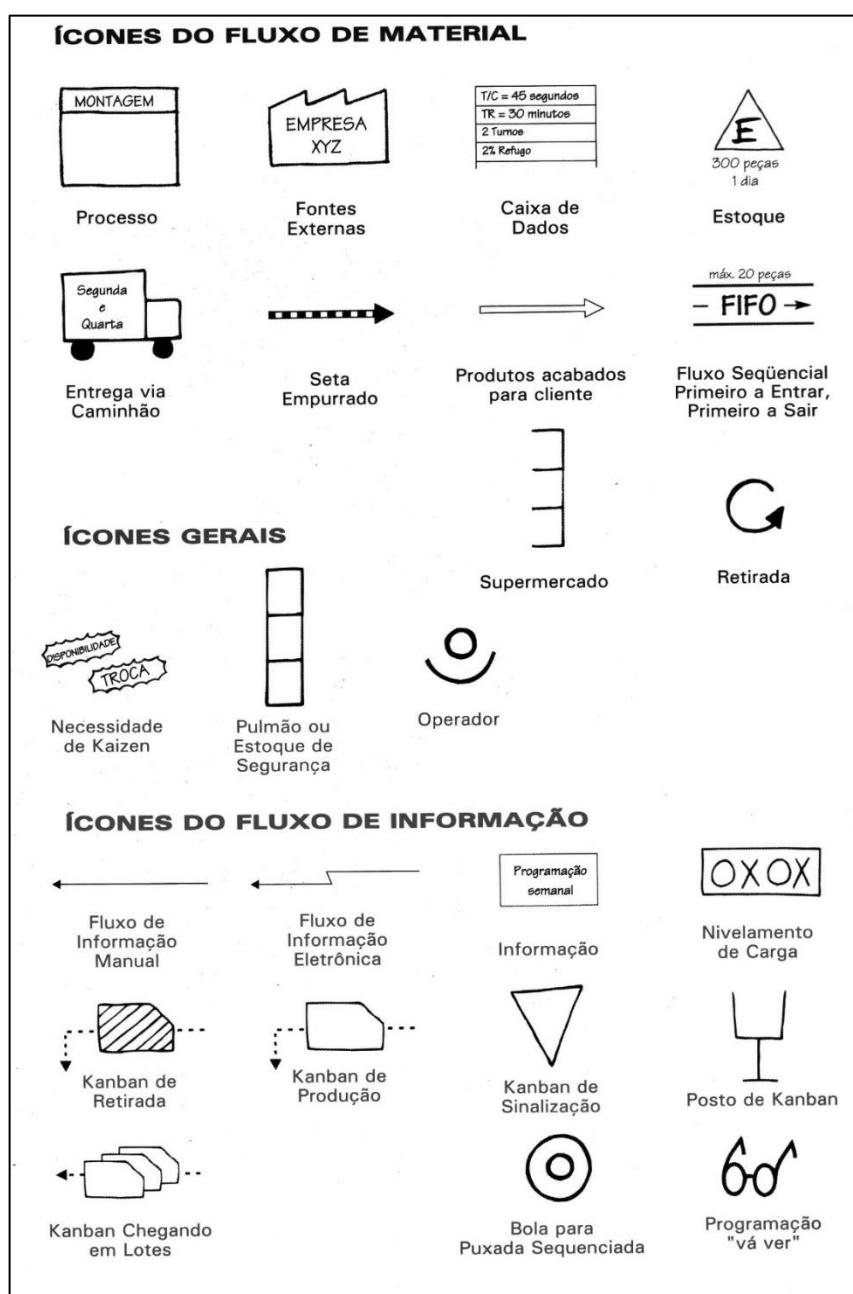
2.4.1 Mapa do estado atual

O mapeamento se inicia na construção das atividades que integram o processo de manufatura. Para isso, realiza-se um levantamento dos recursos e das informações disponíveis que ajudam a compor a transformação do produto (ROTHER; SHOOK, 2003). Construir o roteiro do estado atual possibilita uma visão de todo o fluxo de valor e de perdas integradas no

sistema produtivo, fazendo uma análise que permita a identificação dos alvos de melhoria e agindo de forma para que se obtenha um novo fluxo de valor (ROTHER; HARRIS, 2002).

Para a construção do mapeamento, é preciso utilizar símbolos que auxiliam na visualização das atividades que são realizadas no sistema produtivo. A construção do VSM inicia na primeira atividade exercida na transformação do componente para a composição do objeto, que deve ser descrita na parte inferior do mapa (ROTHER; SHOOK, 2003). A Figura 6 demonstra os símbolos e os ícones utilizados para a construção do mapeamento do fluxo de valor.

Figura 6 – Símbolos e ícones utilizados na construção do VSM



Fonte: Rother e Shook (2003).

De acordo com Rother e Shook (2003), os ícones de VSM são divididos em três categorias: ícones do fluxo de materiais, ícones gerais e ícones do fluxo de informação.

2.4.1.1 Ícones de fluxo de materiais

Os ícones de fluxo de materiais servem para demonstrar o percurso da movimentação de materiais dentro do processo de manufatura e o modo como ocorre o descolamento de materiais, incluindo estoques intermediários, fornecedores, dados estatísticos dessa etapa e o deslocamento dos materiais para diferentes locais (DENNIS, 2008).

De acordo com Rother e Shook (2003), os ícones utilizados representam: processo; fontes externas; caixa de dados; estoque; entrega via caminhão; seta empurrada; produtos acabados para cliente; fluxo sequencial primeiro a entrar, primeiro a sair; supermercado; e retirada:

- a) processo: uma caixa elaborada para a identificação do processo envolvido na transformação de um determinado produto pode ser utilizada para identificar um departamento. Exemplo: injeção;
- b) fontes externas: identifica os clientes, os fornecedores e os terceirizados. Exemplo: cliente ABC;
- c) caixa de dados: utilizada para descrever informações relevantes ao processo de manufatura. Exemplo: tempo de ciclo do processo;
- d) estoque: deve ser descrita a quantidade de material e o tempo que ele permanecerá em estoque. Exemplo: 1000 caixas plásticas, 3 dias;
- e) entrega via caminhão: descreve a regularidade com que as entregas são realizadas. Exemplo: terça e quinta-feira;
- f) seta empurrada: os materiais partem para o processo posterior antes que ele necessite, gerando um estoque intermediário conhecido como supermercado;
- g) produtos acabados para cliente: deslocamento de materiais de fornecedores ou terceiros para a empresa e, após o processamento dos materiais, descolamento do produto acabado ao cliente final;
- h) fluxo sequencial primeiro a entrar, primeiro a sair: limita o número de materiais que são descolados entre os processos, devendo, inclusive, ser identificado o número máximo de material;
- i) supermercado: identifica o estoque intermediário controlado para o sequenciamento de produção;

- j) retirada: descreve a retirada dos materiais do supermercado para a etapa posterior de manufatura.

2.4.1.2 Ícones gerais

Os ícones gerais servem para identificar os elementos que fazem parte do VSM, mas que não estão integrados ao fluxo de materiais e, tampouco, ao fluxo de informação. São estes ícones que complementam e identificam as situações coletivas dentro de um processo de manufatura (DENNIS, 2008). No Quadro 1, é possível visualizar os ícones gerais e o que eles representam.

Quadro 1 – Ícones gerais e o que representam

ÍCONES GERAIS	O QUE REPRESENTAM
Necessidade de <i>kaizen</i>	Identifica possíveis melhorias nos processos de manufatura com o objetivo de reduzir os desperdícios e alcançar o fluxo de valor desejado.
Pulmão ou estoque de segurança	Registro dos estoques que a empresa possui sem uma demanda existente.
Operador	Simboliza o colaborador inserido no processo.

Fonte: Do autor, adaptado de Rother e Shook (2003).

2.4.1.3 Ícones do fluxo de informação

Os ícones do fluxo de informação são utilizados para descrever o curso das informações pertinentes para o desenvolvimento do processo de produção dentro da empresa (DENNIS, 2008). O Quadro 2 apresenta quais são os ícones do fluxo de informação e o que eles representam.

Quadro 2 – Ícones do fluxo de informação e o que representam

ÍCONES DO FLUXO DE INFORMAÇÃO	O QUE REPRESENTAM
Fluxo de informação manual	Identifica o movimento das informações dentro da empresa. Exemplo: ordem de produção.
Fluxo de informação eletrônica	Identifica o movimento das informações realizadas por meio eletrônico. Exemplo: planilha de programação compartilhada.
Informação	Expõe o fluxo das informações. Exemplo: programação diária.

(Continua...)

(Conclusão)

ÍCONES DO FLUXO DE INFORMAÇÃO	O QUE REPRESENTAM
Nivelamento de carga	Aparato utilizado para igualar os lotes, nivelando seu volume e mix em um determinado intervalo de tempo.
<i>Kanban</i> de retirada	Trata-se de um instrumento que auxilia o colaborador responsável pela movimentação a identificar o movimento que deve executar com os materiais.
<i>Kanban</i> de produção	Instrumento que serve para identificar a quantidade de determinado material que pode ser produzida. Contém a descrição dessa quantidade e serve como uma indicação de que a produção desse material está permitida.
Posto de <i>kanban</i>	Região de coleta e permanência do <i>kanban</i> para transferência.
<i>Kanban</i> chegando em lotes	Sequência de produção.
Bola para puxada sequenciada	Instrui a produção imediata de uma determinada quantidade e não apresenta estoque intermediário. Todos os processos envolvidos na produção de um determinado material são realizados em sequência, estando associados, geralmente, a um fluxo contínuo.
Programação “vá ver”	A programação de produção se baseia na conferência dos produtos que estão disponíveis em estoque.

Fonte: Do autor, adaptado de Rother e Shook (2003).

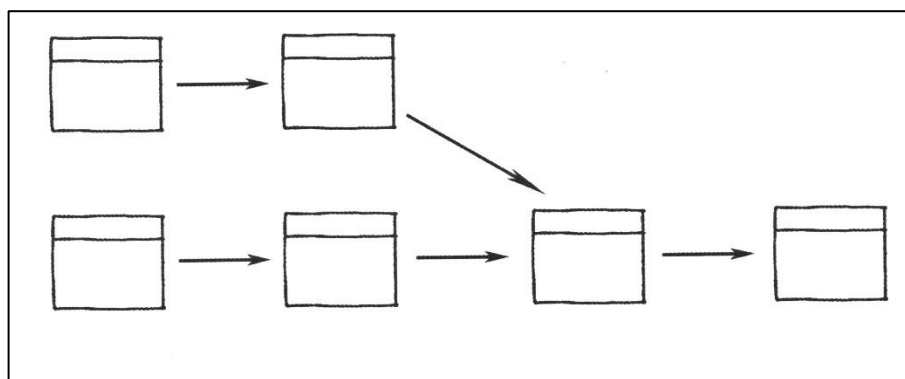
2.4.1.4 Etapas para construção do mapa atual

De acordo com Pasqualini e Zawislak (2005), o mapeamento do estado atual só pode ser iniciado após a identificação da família de produtos e deve contemplar um desenho da realidade do processo atual para que se consiga demonstrar a realidade do fluxo de valor no momento inicial. Os dados devem ser coletados inteiramente dentro do “chão de fábrica”, abrangendo o cliente, o processo produtivo e os fornecedores, abordando a administração dessas etapas como plano central.

Na etapa inicial, como já alegavam os pensamentos enxutos, deve-se criar valor ao cliente final pelo que ele enxerga como algo que deseja (WOMACK; JONES, 2004). Assim, a estruturação do VSM deve contemplar, inicialmente, a compreensão da demanda do cliente por meio do ícone fontes externas (ROTHER; SHOOK, 2003).

Segundo Abdulmalek e Rajgopal (2007), é caminhando na fábrica e conversando com o gerente de produção que se pratica a coleta de dados, que, por sua vez, devem ser expressos dentro de um modelo de símbolo de caixa de dados. De acordo Rother e Shook (2003), no desenvolvimento da parte inicial, deve-se identificar os principais processos de manufatura, que devem ser desenhados utilizando o ícone caixa de processo. Na Figura 7, é possível visualizar o esboço dessa identificação.

Figura 7 – Desenho dos ícones de caixa de processo



Fonte: Rother e Shook (2003, p. 19).

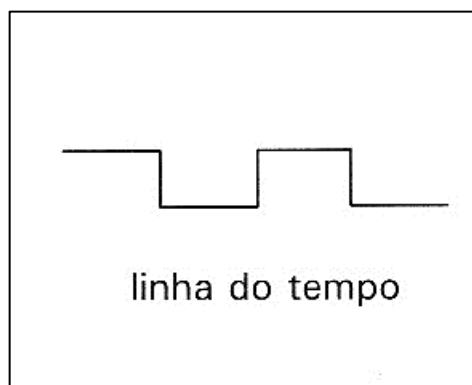
Após a coleta de dados do sistema de produção, na segunda visão do VSM, determinam-se os estoques intermediários utilizando o número de peças e o tempo de disponibilidade, devendo-se descrevê-los por meio dos ícones de caixa de dados e estoque (ROTHER; HARRIS, 2002). De acordo com Rother e Shook (2003), a caixa de dados pode possuir informações típicas de processo como:

- a) tempo de ciclo ou *cycle time*;
- b) tempo de troca ou *changeover time*;
- c) disponibilidade da máquina;
- d) tamanho dos lotes de fabricação;
- e) número de operadores;
- f) número de variações;
- g) tempo de trabalho disponível;
- h) taxa de refugo;
- i) tempo de operação;
- j) tempo de agregação de valor ou *value added time*.

Já na terceira etapa de desenho do mapeamento do fluxo de valor são integrados os símbolos que demonstram o fluxo de material e o fluxo de informações (ROTHER; HARRIS, 2002). Por fim, para finalizar o esboço do mapa atual, deve-se traçar uma linha do tempo que englobe os períodos que o material passa ao longo do processo de produção, considerando o

tempo que ele permanece nos estoques intermediários e o tempo que ele necessita para a transformação em cada processo (ROTHER; SHOOK, 2003). A Figura 8 apresenta um esboço da linha do tempo utilizada.

Figura 8 – Linha do tempo



Fonte: Rother e Shook (2003, p. 30).

A parte inferior da linha do tempo indica o tempo de ciclo de cada processo, tempo este que é obtido mediante a coleta de dados (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007). Já na parte superior da linha do tempo, indica-se o tempo que o produto fica armazenado nos estoques (representados pelo ícone estoque), permitindo calcular o número de dias aproximado que o produto passa dentro da empresa, também chamado de *lead time* de produção (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007).

2.4.2 Fluxo de valor enxuto

Alguns princípios precisam ser levados em consideração para tornar um fluxo de valor enxuto, a fim de que seja possível, posteriormente, desenhar um mapa do estado futuro. Um dos principais problemas citados por Rother e Shook (2003) que impedem que o fluxo de valor se torne enxuto é o excesso de produção, que pode ser caracterizado como produzir sem necessidade, demandando, assim, manuseio, contagem e estocagem, fatores entendidos como desperdício (OHNO, 1997).

O excesso de produção gera um estoque que pode disfarçar falhas no processo produtivo, ou seja, o processo pode estar gerando uma falha que fica encoberta no estoque até que seja necessário utilizá-lo para o processo posterior, aumentando o tempo de *lead time* de produção. Para que seja possível reduzir o *lead time*, além de serem eliminados os sete desperdícios, deve-se eliminar o seu fundamento para que eles não continuem acontecendo (SHINGO, 1996).

2.4.2.1 Estabelecendo um fluxo de produção enxuto

Com a produção enxuta, busca-se produzir apenas o essencial no momento necessário, pois o fluxo de produção enxuto visa interligar todo o processo de manufatura, diminuindo, dessa forma, o *lead time* (WOMACK; JONES, 2006).

De acordo com Rother e Shook (2003), para tornar o processo enxuto, é necessário seguir estes procedimentos:

- a) produzir com base no *takt time*;
- b) estabelecer um fluxo contínuo;
- c) controlar a produção por meio de supermercados nos casos em que não há a possibilidade de utilizar o fluxo contínuo;
- d) encaminhar a solicitação do cliente para a última etapa do processo (processo puxador);
- e) distribuir a produção em um mix de produtos;
- f) determinar o volume de produção;
- g) realizar a produção de pequenos lotes mediante a redução de trocas.

2.4.3 Construção do mapa do estado futuro

A elaboração do mapa do estado futuro ocorre a partir das possíveis melhorias observadas no mapa atual, e seu objetivo é a implantação de ideias da produção enxuta na manufatura. O mapa do estado futuro pode ser considerado um mapa ideal, pois visa identificar e eliminar os desperdícios observados (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007).

A implantação do mapa futuro deve iniciar nos pontos mais críticos até que se atinja o que tenha sido proposto. Após o mapeamento de fluxo de valor, inicia-se a segunda parte de introdução da produção enxuta na empresa, envolvendo mudanças físicas na corporação. Nessa etapa, o mapa futuro deve ser colocado em prática estabelecendo um fluxo contínuo e puxado em todo o processo de manufatura. A terceira fase, por sua vez, busca o melhoramento contínuo (ROTHER; SHOOK, 2003).

De acordo com Abdulmalek e Rajgopal (2007), a construção do mapa futuro é baseada em oito questões:

- a) qual é o *takt time*?
- b) os produtos serão produzidos direto para o transporte ou para o supermercado de produtos acabados?

- c) quando será necessário utilizar supermercados com sistemas puxados dentro do fluxo de valor?
- d) quando será possível utilizar o fluxo contínuo?
- e) qual será o ponto único no qual será programada a produção?
- f) como a produção do sistema produtivo pode ser nivelada?
- g) qual *pitch* será liberado de maneira unânime para o processo puxador?
- h) qual melhoramento de processo será utilizado para atingir o mapa futuro?

De acordo com Abdulmalek e Rajgopal (2007), McDonald, Aken e Rentes (2002) e Rother e Shook (2003), essas questões-chave devem ser utilizadas como um guia para conduzir o mapa futuro que visa estruturar um novo fluxo de processos.

- a) Qual é o *takt time*?

Segundo Dennis (2008), o *takt time* se refere ao tempo necessário para a produção de cada peça, informando a periodicidade das demandas, ou seja, a regularidade com a qual o produto precisa ser produzido. Se o *takt time* difere do tempo real do processo, é preciso deixar esses tempos parecidos para que seja possível desenvolver células de processo que atinjam os objetivos de venda. Além disso, a circunstância de produção também pode ser compreendida por meio do *takt time*, no qual o tempo de *takt* nos indica a frequência com a qual determinado produto passa por cada etapa de transformação (MCDONALD; AKEN; RENTES, 2002). Para Abdulmalek e Rajgopal (2007), o *takt time* informa o tempo que as unidades de peça devem ser produzidas para atender a demanda do cliente final.

Para obter o valor de *takt time*, divide-se o tempo de processo livre pela demanda do cliente (ROTHER; SHOOK, 2003). Por meio dos dados que ele fornece, pode-se estabelecer o ritmo de produção conforme a frequência de vendas mediante a seguinte fórmula:

$$Takt\ Time = \frac{\text{tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{demanda do cliente por turno}} \quad (3)$$

- b) Os produtos serão produzidos direto para o transporte ou para o supermercado de produtos acabados?

Segundo Rother e Shook (2003), o supermercado se refere a uma área para o armazenamento de materiais para onde os produtos prontos são levados e aguardam até que sejam destinados ao cliente final. Quando se decide produzir direto para o transporte, produzem-se apenas os materiais necessários, sem que haja o armazenamento dos materiais em um supermercado de produtos acabados.

- c) Quando será necessário utilizar supermercados com sistemas puxados dentro do fluxo de valor?

Será necessário utilizar supermercados com sistemas puxados quando não for possível implantar o fluxo contínuo no sistema produtivo. Deve-se produzir de acordo com a necessidade do cliente, mas, quando o fluxo contínuo não puder ser implantado, deve-se utilizar a programação em lotes, fazendo uso, em muitas situações, da ferramenta *kanban* (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007).

d) Quando será possível utilizar o fluxo contínuo?

De acordo Abdulmalek e Rajgopal (2007), para utilizar o fluxo contínuo é necessário que as operações apresentem um tempo real um pouco abaixo do tempo de *takt time*, sendo possível utilizar o fluxo contínuo quando os processos apresentam proximidade entre si. A eliminação dos desperdícios por meio do *kaizen* de processos permite que o tempo de ciclo seja menor do que o tempo de *takt time*.

e) Qual será o ponto único no qual será programada a produção?

Segundo Abdulmalek e Rajgopal (2007), a produção deve ser coordenada por um ponto puxador dentro do processo produtivo, pois isso auxilia na diminuição dos estoques intermediários, possibilitando a produção apenas daquilo que o cliente necessita. O ponto no qual a produção será programada pode ser chamado de marca-passo, pois será ele que definirá o andamento da produção de cada etapa de operação, tanto das operações anteriores a esse ponto quanto das posteriores.

f) Como a produção do sistema produtivo pode ser nivelada?

Para Rother e Shook (2003), a produção pode ser nivelada por meio da produção de um mix de produtos e não apenas de um produto em lotes, pois esta aumenta o *lead time* do processo produtivo. A produção em mix, por sua vez, permite que a demanda dos clientes seja atendida em menor tempo.

g) Qual *pitch* será liberado de maneira unânime para o processo puxador?

De acordo com Rother e Harris (2002), *pitch* se refere à multiplicação do *takt time* pelo número de peças armazenadas em um estoque, sendo calculado mediante a seguinte fórmula:

$$Pitch = \text{peça por caçamba} \times \text{segundo por peça (takt time)} \quad (4)$$

O *pitch* demonstra o tempo necessário na área produtiva para completar um estoque definido em uma caçamba/estaleiro e demais tipos de armazenamento. O tempo de *pitch* também indica de quanto em quanto tempo será possível realizar a retirada de uma determinada quantidade de material disponível para próxima etapa produtiva. O *pitch* é uma forma de estoque em pequena escala que garante a área de qualidade, a identificação de problemas no processo produtivo a curto prazo e a sua solução (ROTHER; HARRIS, 2002).

h) Qual melhoramento de processo será utilizado para atingir o mapa futuro?

Os melhoramentos necessários serão identificados por meio do mapa atual, que demonstrará as melhorias necessárias. Para a efetivação dessas melhorias, é necessário implementar ferramentas da produção enxuta, como *takt time*, *kanban*, *pitch*, fluxo contínuo, mercados, melhoria contínua, entre outros (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007).

2.4.3.1 Balanceamento de operações

O balanceamento de operações consiste em deixar as atividades com tempos semelhantes de execução, de modo que o sistema produtivo fique balanceado. O tempo de execução das atividades é definido de acordo com o *takt time*, ou seja, o tempo disponível para fabricação de um determinado item de acordo com a demanda existente (TUBINO, 2017).

O balanceamento possui algumas etapas, sendo que a primeira delas se refere à cronometragem do tempo gasto em cada atividade do sistema produtivo. O tempo de *takt time* é utilizado como referência e certifica se o sistema está desbalanceado, pois algumas atividades podem apresentar tempo superior, e outras tempo inferior ao tempo de *takt time* (ORTIZ, 2010).

Após identificar os tempos de execução de cada atividade, eles devem ser analisados e redimensionados conforme o *takt time*, alocando-os em outros postos de trabalho, sem impactar, no entanto, a qualidade do processo (ORTIZ, 2010).

2.4.4 Aplicação do mapa do estado futuro

O mapa do estado futuro deve ser fragmentado em segmentos, denominados “*loops*”, e sua aplicação, na prática, deve ser realizada por meio de etapas individuais, visualizando o fluxo de valor (ROTHER; SHOOK, 2003).

De acordo com Rother e Shook (2003), um plano do fluxo de valor deve ser estabelecido contendo:

- a) o cronograma detalhado do que será realizado;
- b) as metas;
- c) o que será verificado.

Para a aplicação do mapa do estado futuro, deve-se definir o ponto inicial e a sua sequência, desenvolvendo, com isso, um fluxo contínuo embasado no *takt time*, que consiste em designar um sistema puxado para controle do sistema produtivo, aplicar o nivelamento,

utilizar o *kaizen* de maneira contínua, diminuir o volume produzido por lote e estabelecer supermercados (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007).

2.5 Simulação de eventos discretos para apoio ao mapeamento do fluxo de valor

A metodologia de simulação se baseia em técnicas específicas que contemplam a matemática como suporte para a implantação computacional, sendo possível replicar diversas vezes as condições de funcionamento de processos ou atividades que existam no mundo real (BATEMAN et al., 2013; CHWIF; MEDINA, 2010). Por meio da simulação, é possível visualizar um modelo operacional antes mesmo de aplicá-lo na prática, o que permite verificar as vantagens e as desvantagens do modelo projetado e comprovar a viabilidade das mudanças propostas para o sistema produtivo (BATEMAN et al., 2013).

De acordo com Andrade (2008), ao aplicar a simulação, é possível prever os resultados que serão obtidos mediante a aplicação do projeto simulado, verificando as diversas alternativas de mudanças sem ter que aplicá-las na prática, ou seja, visualizar o projeto antes de empregá-lo. A simulação atua como uma forma de incentivo para a implementação de mudanças, possibilitando que o investimento seja realizado apenas quando se tenha certeza dos resultados que serão alcançados, evitando, dessa forma, investimentos desnecessários.

A simulação se baseia na previsão do que será obtido por meio da mudança proposta, servindo como canal de comunicação e permitindo que as ideias sejam compreendidas e visualizadas antes de serem aplicadas. Com isso, facilita-se a tomada de decisões com relação aos investimentos que serão realizados e permite-se uma visão unânime da ideia apresentada (CHWIF; MEDINA, 2010).

Para McDonald, Aken e Rentes (2002), é possível utilizar a simulação como ferramenta de suporte em diversos cenários da produção enxuta, podendo, inclusive, servir como base para a aplicação do VSM e permitir a visualização da estrutura produtiva. O VSM também possibilita a identificação dos problemas no processo produtivo atual e, a partir dos problemas encontrados, permite o desenvolvimento de um mapa futuro com possíveis melhorias para o sistema. Esses mesmos autores indicam que por meio da simulação é possível realizar adaptações no mapa do estado futuro, pois as alterações propostas consideradas inviáveis podem ser substituídas, atingindo o cenário adequado dentro do processo produtivo (MCDONALD; AKEN; RENTES, 2002).

Aplicar ferramentas da produção enxuta é, para muitas empresas, um processo complicado, visto que visualizar os ganhos obtidos por meio da implementação de ideias para

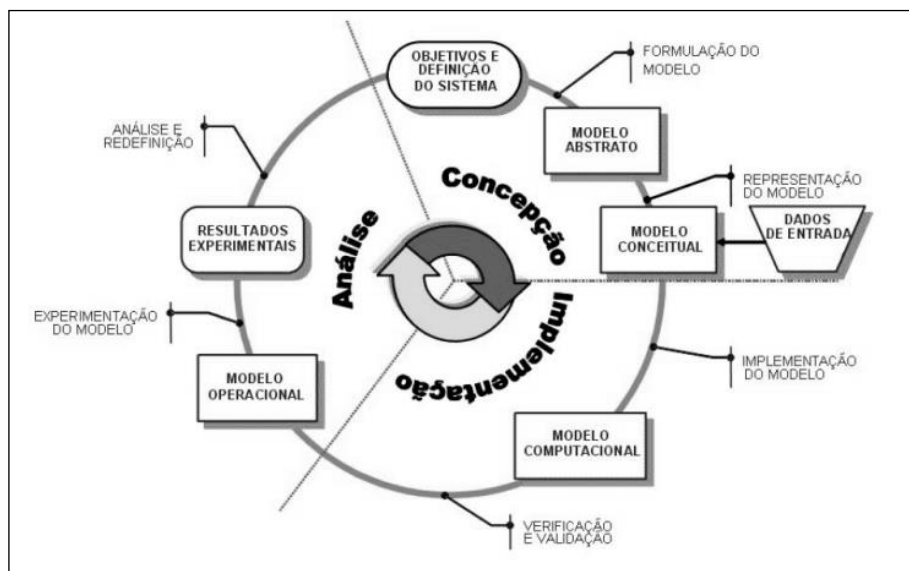
a construção de uma manufatura enxuta pode ser algo difícil (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007). Muitos gerentes de produção utilizam, inclusive, a falta de evidências quantificáveis como justificativa para a não aplicação de ideias enxutas. No entanto, as melhorias destacadas no mapa do estado futuro podem ser demonstradas por meio da simulação, fator que ajuda a comprovar a viabilidade da aplicação do projeto desenvolvido mediante estatísticas. A simulação permite ir além das incertezas, ofertando visões dinâmicas do processo de melhoria e uma visão dos desempenhos obtidos por meio da aplicação dessas ideias (DETTY; YINGLING, 2000).

A simulação, no entanto, pode ser um processo trabalhoso e demorado. Devido a isso, algumas empresas optam por aplicar a ideia na prática e ver se ela funciona, realizando alterações para adaptá-la nos casos em que isso não acontecer. Atualmente, utilizando os softwares de simulação, pode-se obter os resultados em um curto espaço de tempo, sendo compatível com o tempo do mapeamento do fluxo de valor. A simulação é uma ferramenta extremamente importante para a obtenção de informações dinâmicas dos mapas projetados (MCDONALD; AKEN; RENTES, 2002).

2.5.1 Análise de resultados a partir da simulação

Segundo Chwif e Medina (2010), a simulação de eventos discretos ocorre em três etapas, sendo elas: concepção, implementação e análise. A Figura 9 caracteriza a ordem dos processos envolvidos na simulação.

Figura 9 – Ordem dos processos envolvidos na simulação



Fonte: Chwif e Medina (2010, p. 12).

A etapa de concepção consiste em compreender o sistema que será simulado, bem como os objetivos dessa simulação. As decisões relacionadas ao modelo devem ser realizadas com clareza, de forma que o modelo abstrato esteja definido para que, posteriormente, possa-se fazer com que o modelo conceitual seja compreendido pelas pessoas envolvidas no processo. É durante essa etapa que se coletam os dados de entrada (CHWIF; MEDINA, 2010).

A etapa de implementação, por sua vez, consiste na criação do modelo computacional a partir do modelo conceitual. Deve-se comparar esses modelos a fim de verificar se a operação está de acordo com o que foi definido na etapa anterior. É necessário, ainda, que o modelo represente a realidade por meio da geração de alguns resultados, para que a validação computacional seja efetivada (LAW; KELTON, 2000).

A etapa final, também conhecida como etapa de análise, permite a criação do modelo experimental ou operacional, gerando resultados, conclusões e indicações sobre o modelo computacional desenvolvido. Os resultados são obtidos mediante a saída de dados quantitativos que demonstram medidas de eficiência estimadas dentro de uma precisão almejada (CHWIF; MEDINA, 2010).

Para Bateman et al. (2013), duas atitudes precisam ser tomadas para que se obtenham resultados satisfatórios na simulação: definir uma variância e definir quantas observações precisam ser realizadas para atingir uma determinada precisão. Chwif e Medina (2010) complementam indicando que alguns conceitos precisam ser caracterizados para a compreensão da análise dos resultados obtidos na simulação, sendo eles: regime transitório e permanente, simulação terminal e não terminal, medidas de desempenho, replicação e “rodada”, intervalo de confiança.

O regime transitório se refere às situações em que a atuação está vinculada a condições iniciais, enquanto o regime permanente se refere a situações em que a atuação não é atingida pelas condições iniciais (LAW; KELTON, 2000). A simulação terminal, por sua vez, é realizada considerando o horário inicial e final das atividades, sem que haja contradições no tempo que inicia e termina a simulação. Trata-se de uma simulação mais fácil quando comparada com a simulação não terminal, pois nesta não está definido o tempo exato de duração, considerando que deve haver um longo período. Identificar se será utilizada a simulação terminal ou não terminal é um passo importante, pois essa decisão interfere na metodologia que será utilizada na análise dos resultados (CHWIF; MEDINA, 2010).

As medidas de desempenho, para Law e Kelton (2000), devem estar relacionadas com unidades quantitativas e serem selecionadas de maneira adequada a partir dos objetivos estabelecidos para a simulação realizada, distinguindo-se os parâmetros de entrada dos

parâmetros de desempenho. A rodada, por sua vez, refere-se a um comando que realiza a simulação, e, em uma rodada, é possível realizar diversas replicações. A replicação repete a simulação com as mesmas definições, mas se difere, pois gera números aleatórios, fazendo que em cada replicação haja uma saída distinta (CHWIF; MEDINA, 2010).

Já o intervalo de confiança se baseia na confiabilidade dos resultados, pois, como na replicação são utilizados números aleatórios, não se deve confiar em uma única rodada de simulação, sendo necessária, por isso, a realização de diversas rodadas compreendidas como um novo teste de simulação. O intervalo de confiança caracteriza a média da população e uma determinada probabilidade, enquanto que a confiança estatística aumenta de acordo com o aumento da probabilidade (LAW; KELTON, 2000).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentados os métodos utilizados no desenvolvimento do trabalho, assim como os conhecimentos teóricos que o embasam. Esta sessão está subdividida em quatro grupos: método de pesquisa, modo de abordagem, objetivos e procedimentos técnicos da pesquisa.

3.1 Métodos de pesquisa

Neste trabalho, utiliza-se o método dedutivo. Segundo Gil (2008), esse método parte de uma ideia geral para uma ideia particular, cujas teorias são verdadeiras e indiscutíveis, formando conclusões a partir da lógica. As conclusões obtidas por meio desse método são verdadeiras, pois se baseiam em teorias comprovadas.

Além disso, de acordo com Prodanov e Freitas (2013), o método dedutivo permite que uma mesma teoria seja comprovada de diferentes maneiras, sendo, por isso, tautológico. A partir da objeção geral, pode-se obter conclusões particulares. Já para Lakatos e Marconi (2003), o método dedutivo também permite que as premissas verdadeiras sejam utilizadas para obter conclusões verdadeiras. Elas são abordadas na metodologia dedutiva e são utilizadas como base para as conclusões obtidas. Os fundamentos matemáticos fazem parte desse método, pois possuem sua teoria fixada, permitindo que ela seja utilizada em diferentes cenários.

3.2 Modo de abordagem da pesquisa

O modo de abordagem empregado no presente trabalho foi o quali-quantitativo, que engloba tanto a abordagem de pesquisa qualitativa quanto a abordagem quantitativa. Para Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa qualitativa não pode ser explicada por números e

estatísticas, pois baseia-se no ambiente natural, que é a sua principal fonte de coleta de dados, e estabelece uma ligação entre o mundo real e o sujeito. É um método descritivo, no qual se realiza a análise de dados indutivamente, tendo como foco o processo e seu real significado. Para Samara e Barros (2002), a pesquisa qualitativa costuma ser feita por meio de entrevistas ou em conjuntos, procurando identificar pontos comuns e distintos na amostra coletada. Além disso, ela busca identificar as motivações no aspecto realista, obtendo conhecimento sobre a opinião de várias pessoas sobre o que está sendo discutido, diferente da quantitativa, que busca números para explicar os resultados.

A pesquisa quantitativa, por sua vez, é realizada com base em recursos e técnicas estatísticas, considerando que tudo pode ser quantificável. Nesse tipo de pesquisa, deve haver uma ampla coleta de dados que será classificada e analisada, para que, em seguida, as variáveis sejam relacionadas a fim de obter êxito nos resultados, sem haver contradições (PRODANOV; FREITAS, 2013).

O estudo descritivo quantitativo deve ser desenvolvido a partir de amostras, utilizando estatísticas para determinar um valor concreto para cada objetivo do projeto. Após a coleta das amostras, os dados serão avaliados e interpretados a partir de contas matemáticas das respostas obtidas nas análises (SAMARA; BARROS, 2002).

3.3 Objetivos da pesquisa

A metodologia de pesquisa quanto ao objetivo geral ou fins de pesquisa empregado no presente trabalho são as metodologias descritiva e exploratória. Conforme Lakatos e Marconi (2003), a pesquisa descritiva tem como propósito investigar características de fatos ou fenômenos, utilizando estudos de casos que são caracterizados como precisos. Nessa metodologia, estudos quantitativos fornecem dados para a análise de hipóteses, apresentando hipóteses explícitas a serem analisadas. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a investigação descritiva procura identificar a frequência com a qual um fato ocorre, analisando um fenômeno ou uma determinada população, coletando dados a partir de técnicas específicas e padronizadas, como formulários, questionários e observações, e buscando relacionar as variáveis. Nesse método, o pesquisador não pode interferir nos valores encontrados.

A pesquisa exploratória, conforme Lakatos e Marconi (2003), acontece a partir da formulação de um problema, tendo como objetivo desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade com o fato ou fenômeno e, também, fazer alterações em conceitos. A coleta de dados é feita mediante entrevistas, observações e análises. Frequentemente, ocorrem

manipulações de variáveis, cujo objetivo é desvendar seus efeitos potenciais. Já para Prodanov e Freitas (2013), a investigação exploratória tem como finalidade proporcionar inúmeras informações sobre o assunto a ser abordado, possuindo um planejamento flexível que permite visualizar o assunto sob vários ângulos e aspectos, envolvendo análises de exemplos que estimulem a compreensão, levantamentos bibliográficos e, também, entrevistas com pessoas anteriormente envolvidas com o problema a ser analisado.

3.4 Procedimentos técnicos usados na pesquisa

Os procedimentos de investigação utilizados neste estudo foram o estudo de caso, a pesquisa bibliográfica e a pesquisa documental. O estudo de caso se fundamenta em coletar e investigar informações sobre um determinado tema. É conhecido como uma classe de investigação cujo princípio é o estudo profundo e maçante de um ou de poucos elementos, de forma que permita o amplo conhecimento para buscar a solução de problemas. O objetivo dessa metodologia é tentar esclarecer uma decisão, suas causas e resultados, caracterizando-se como uma investigação holística (PRODANOV; FREITAS, 2013).

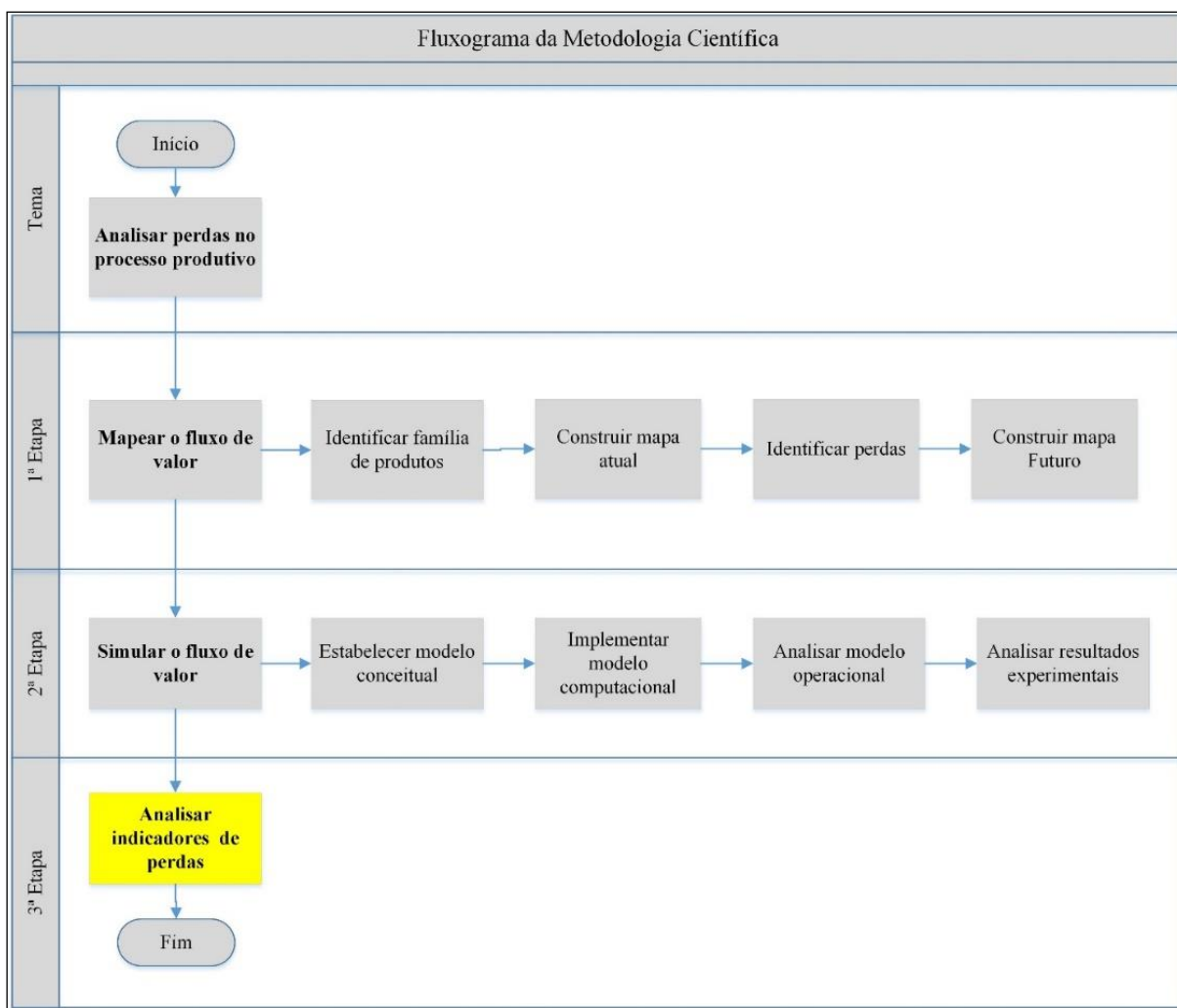
Ao realizar o estudo de caso, é possível conhecer o evento estudado a partir de uma exaustiva análise. Ele é adotado na investigação de eventos pelas mais diferentes áreas de conhecimento, abordando pesquisas qualitativas e quantitativas e visando à análise de um caso específico para que se possa tomar uma decisão a partir da análise realizada (VENTURA, 2007).

A pesquisa bibliográfica, segundo Prodanov e Freitas (2013), é realizada a partir de materiais que foram publicados anteriormente. No entanto, ao buscar informações verídicas é preciso ter cuidado com as incoerências e contradições que as obras apresentam. Ao realizá-la, recomenda-se utilizar fichas de leitura, uma vez que elas ajudam na organização das informações obtidas. Para Lakatos e Marconi (2003), esse tipo de pesquisa desenvolve-se por meio de materiais que já foram publicados, tendo o objetivo de informar o pesquisador com o que já foi escrito, buscando examinar determinado tema sob um novo enfoque e obter, assim, conclusões inovadoras que não tenham sido percebidas em pesquisas anteriores.

Ainda para Lakatos e Marconi (2003), a fonte para a coleta de dados que a pesquisa documental aborda está restrita a documentos de fontes primárias. Mediante fontes escritas ou não, primárias ou secundárias, contemporâneas ou retrospectivas, é possível compreender o universo dessa metodologia. Porém, com o excesso de documentos, as informações podem estar se perdendo pelo caminho, podendo ser errôneas. Prodanov e Freitas (2013) destacam que a

pesquisa documental é realizada utilizando como base materiais que não passaram por uma análise analítica. Nessa metodologia, os registros são classificados em fontes de primeira e de segunda mão. Os documentos que não passaram por uma análise analítica são fontes de primeira mão. Documentos analisados são, por sua vez, fontes de segunda mão. A metodologia científica consiste nas etapas apresentadas na Figura 10.

Figura 10 – Fluxograma das etapas de execução da metodologia científica



Fonte: Do autor (2020).

4 ESTUDO DE ANÁLISE DE PERDAS

Neste capítulo, apresenta-se a empresa na qual este estudo foi realizado, bem como a aplicação prática da metodologia proposta para realizar a análise de perdas e a sua discussão, atendendo aos objetivos desta monografia.

4.1 Apresentação da empresa

A ideia de montar uma fábrica de ferramentas manuais surgiu em 1962, quando se estudava a possibilidade de integrar a produção de martelos em um único lugar, que até então era realizada parcialmente em duas cidades: Carlos Barbosa - RS e Canoas - RS.

A FJS de Canoas realizava a produção dos martelos forjados, enquanto que a empresa TCB fazia a usinagem, o acabamento e a comercialização desses martelos. Com o aumento das vendas, ocorreu a integração das empresas, surgindo, em 1963, a empresa TG.

A TG produz ferramentas manuais de diversos tipos e tamanhos, tais como: martelos, marretas, machadinhas, torqu coastes, alicates, chaves de fenda, chaves fixas, chaves estrela e serrotes, e, também, caixas para ferramentas e carrinhos organizadores.

São produzidas 4,7 milhões de peças mensais, ou seja, 56,4 milhões de peças ao ano. Destas, cerca de 30%, ou seja, aproximadamente 15 milhões de peças, são exportadas para mais de 50 países em cinco continentes, que são extremamente rigorosos com relação à qualidade. Esse fator traduz o crescimento tecnológico adquirido de forma paralela ao crescimento físico.

Em 2021, a empresa TG emprega aproximadamente 700 pessoas. Toda mão de obra é requisitada na comunidade e, para os cargos de chefia, são promovidos colaboradores que já atuam na empresa, pois ela conta com programas contínuos de treinamento e especialização por meio de cursos promovidos interna e externamente.

Atualmente, a empresa possui 12 setores produtivos, sendo eles: forjaria, estamparia, polimento, articuladas, embalagem, marcenaria, montagem, organizadores metálicos, tratamento térmico, galvanoplastia, injetoras e brocas.

4.2 Definição da família do produto

A família de produtos objeto de estudo deste trabalho são as caixas plásticas para ferramentas. Nos últimos anos, esse produto tem apresentado uma maior demanda devido, principalmente, às mudanças sociais e econômicas. A procura por esse tipo de produto tornou-se uma tendência a partir do momento em que as pessoas passaram a executar pequenos reparos em suas residências e necessitaram organizar seus instrumentos de trabalho.

Em sua composição estrutural utilizam-se polímeros de alta qualidade, resultando em um produto robusto e com qualidade superior quando comparado aos demais produtos que estão à disposição no mercado competitivo, os quais, na maioria das vezes, são importados do leste asiático.

As caixas plásticas importadas chegam ao Brasil com um preço extremamente baixo, o que favorece a aquisição desses produtos por novos consumidores. Por isso, as margens de lucro para que a empresa nacional se mantenha competitiva no mercado são extremamente apertadas. Essas margens tornam-se reduzidas devido ao custo das matérias-primas utilizadas na fabricação e dos custos envolvidos na logística, uma vez que esses produtos ocupam muito espaço nos meios de transporte e de armazenagem.

Aumentar os preços de venda para repassar os custos da fabricação dos produtos nacionais para os clientes não é uma boa alternativa, pois resulta em uma redução na demanda, já que esses produtos estão no limite do valor atribuído pelos consumidores. Como alternativa, este estudo busca entender os diferentes aspectos e a forma como é realizada a manufatura desse produto por meio do mapeamento do fluxo de valor e da integralização de métodos cabíveis para a identificação e a quantificação de perdas.

Para melhor entender a forma como este estudo foi desenvolvido, são necessárias algumas informações básicas e preliminares. As caixas plásticas são compostas majoritariamente pelo baú e pela tampa principal, sendo constituídas, ainda, por outros componentes, como: alça, tampa secundária, bandeja interna, tranca metálica e eixo metálico.

Após definir a família do produto, iniciaram-se os próximos passos para a identificação do produto, determinando e visualizando as etapas de montagem e os equipamentos envolvidos

no processo, que é realizado no setor de injetoras. Todas as etapas de fabricação desse produto apresentam-se descritas no Quadro 3.

Quadro 3 – Etapas de fabricação das caixas plásticas para ferramentas no setor de injetoras

OPERAÇÃO	Etapas de fabricação das caixas plásticas
	Nomenclatura
1	Injeção da tampa principal
2	Montagem da tampa principal + componentes
3	Injeção do baú
4	Montagem do baú com a tampa principal
5	Colocação da etiqueta
6	Colocação do eixo metálico
7	Colocação da bandeja interna
8	Embalagem
9	Fechamento da caixa
10	Armazenagem no palete
11	Estrechamento do palete

Fonte: Do autor (2021).

Para facilitar a coleta de dados e obter resultados mais precisos, selecionou-se um único produto da família para a retirada de informações: a caixa plástica para ferramentas robusta 17’.

4.3 Mapeamento do fluxo de valor atual

O mapa do estado atual deve reproduzir exatamente o fluxo de valor atual, e, para a construção desse mapa, é necessário obter informações diretamente no processo produtivo. O tempo de construção do mapa é superior ao tempo de fabricação do produto, não sendo possível, portanto, realizar toda a coleta de dados em um único dia, pois ela detalha todas as etapas pelas quais o produto passa antes de chegar à sua transformação final.

Para que a construção do mapa do estado atual reproduzisse com exatidão o processo de fabricação das caixas plásticas para ferramentas, fez-se necessário acompanhar todas as etapas de fabricação, desde a injeção da tampa principal até o último processo (estrechamento do palete). Com isso, foi possível obter uma visão geral de como o processo produtivo acontece no setor de injetoras.

Além disso, para a construção do mapeamento de fluxo de valor atual também é preciso compreender o fluxo de informação utilizado dentro do processo produtivo, já que esse fluxo impacta diretamente no modelo do sistema produtivo. Nesse caso, o deslocamento de

informações do planejamento e do controle da produção com o centro logístico e com os fornecedores ocorre por via eletrônica. O controle de produção tem como papel receber informações do centro logístico referentes à demanda do produto e processá-las, distribuindo, a partir disso, ordens de compra ou de fabricação aos seus fornecedores de matéria-prima ou de componentes.

O fluxo de informações parte do entendimento de que elas são transmitidas por via eletrônica para o centro administrativo, inserido no setor de injetoras. Esse centro, por sua vez, está envolvido nos processos de manufatura, e, a partir do recebimento dessas informações, as ordens de produção são geradas e levadas fisicamente até a área produtiva.

Em seguida, a área produtiva inicia as ações para a elaboração do produto. Elas compreendem o fluxo de material na identificação dos transportes, das esperas, dos estoques, das inspeções e dos armazenamentos. Nesse primeiro momento, com a construção do fluxo de materiais, identificaram-se 11 operações, 16 transportes e 13 esperas de material (APÊNDICE A).

Acompanhando o processo produtivo, observou-se que, atualmente, o sistema de produção contém um fluxo de material funcional, no qual todas as partes do produto são fabricadas e estocadas para a futura montagem, atitude esta que demanda grandes volumes de peças e de espaço físico para a sua armazenagem. Além disso, esse fluxo de material funcional demanda grandes movimentações de materiais no ambiente fabril, pois trata-se de um processo industrial feito em etapas que demandam espaço.

Com a construção do mapa do estado atual conheceu-se o modo de transporte utilizado para fazer a movimentação dos materiais, bem como a localização dos processos no setor de injetoras, que utiliza dois pavilhões para a criação da manufatura do produto, necessitando, ainda, um elevador para dar sequência às etapas do processo produtivo. Com a construção do mapa do estado atual, entenderam-se os motivos levados em consideração no momento de empregar o sistema empurrado na execução das atividades dentro do setor.

Primeiramente, a distância entre os pontos de operações agrega valor ao produto e consequentemente, ocasiona estoques intermediários dentro de cada processo produtivo, que, geralmente, são armazenados em paletes ou em caçambas para a realização do transporte. A segunda observação constatada diz respeito ao método conservador de produção utilizado pela empresa, que emprega a filosofia de atendimento ao cliente, ou seja, evita atrasos de entrega, mas arca com maiores custos de produção, pois não opta por um ponto puxador em seu fluxo de processos.

A construção do mapa do estado atual, além de permitir compreender o motivo da não utilização de um ponto puxador, demonstra como as fontes de informações acontecem e são distribuídas para cada etapa do processo. No mapa, são esboçados os estoques de maior volume, pois esses possuem maior impacto no surgimento do produto no setor de injetoras e no *lead time* do processo produtivo. Para identificar as perdas no processo produtivo, foram coletadas as distâncias entre os processos e os estoques envolvidos na manufatura das caixas plásticas, bem como o tipo de transporte utilizado dentro do processo produtivo.

Após identificar as principais informações do processo de produção, iniciou-se a cronoanálise para obter o tempo das operações e o tempo de ciclo de cada máquina envolvida no processo, pois essa coleta de dados permite entender o funcionamento de cada etapa que compõe o processo produtivo (APÊNDICE B).

A partir da coleta de dados, realizou-se o tratamento com a integração da ferramenta Boxplot, no software Minitab (APÊNDICE C). No tratamento de dados, foram identificados os *outliers*, que são medidas que se diferenciam das demais, ou seja, são pontos fora da curva normal. Para que sejam encontradas as médias reais de cada tempo de operação, realizou-se a exclusão desses *outliers*, obtendo, assim, dados mais precisos. A Tabela 1 demonstra a comparação entre as médias obtidas antes e após o tratamento de dados.

Tabela 1 – Comparação entre as médias obtidas antes e após o tratamento de dados

Etapa de produção	Média antes do tratamento de dados	Média após o tratamento de dados
Armazenagem no estaleiro	15,35 segundos	15,15 segundos
Etiquetar	15,74 segundos	14,94 segundos
Embalar	19,79 segundos	19,71 segundos
Colocação do eixo metálico	5,90 segundos	5,82 segundos
Montagem da tampa principal	16,66 segundos	14,55 segundos
Montagem do baú	17,43 segundos	16,91 segundos
Colocação da bandeja	9,70 segundos	9,21 segundos

Fonte: Do autor (2021).

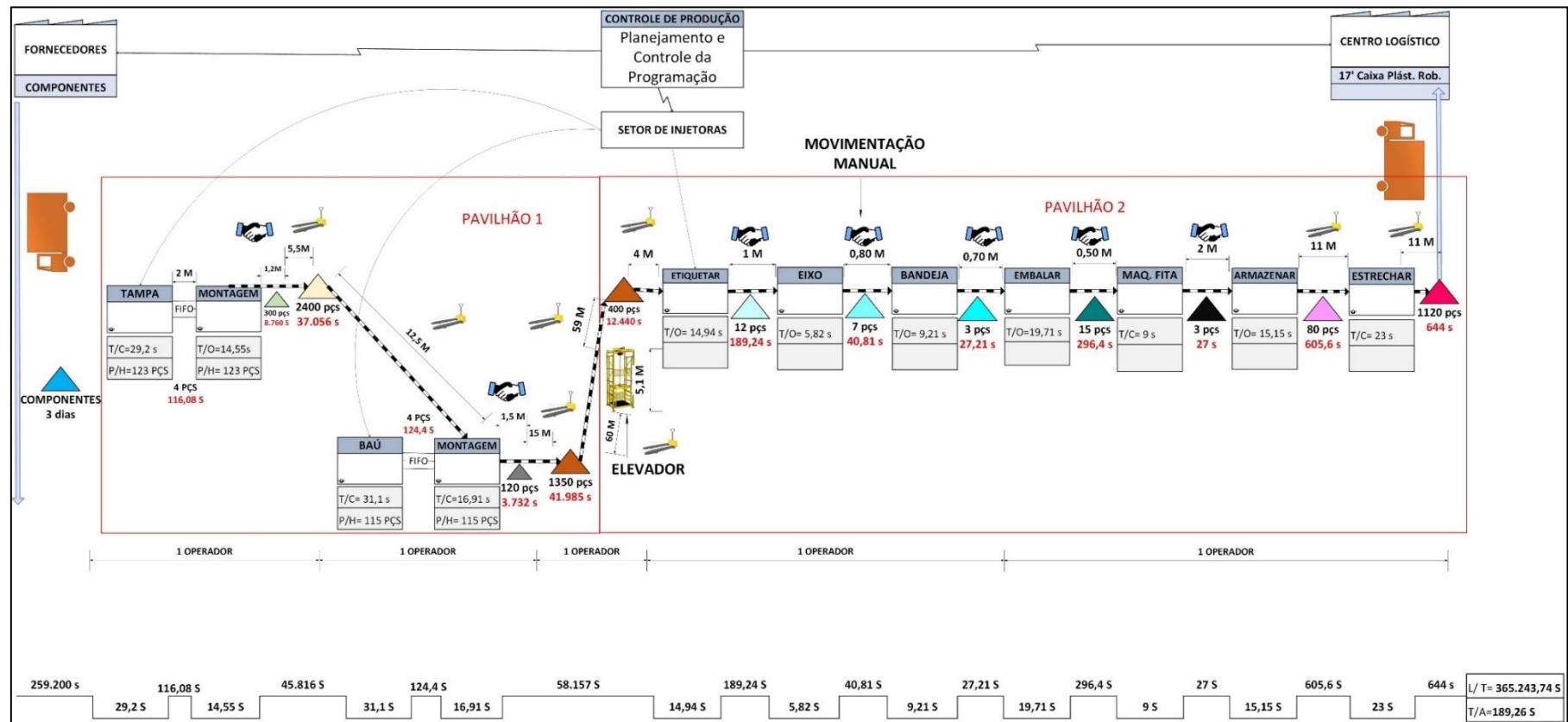
Com a interpretação do gráfico Boxplot, entendeu-se a variabilidade das observações. Na Tabela 1 nota-se que os dados coletados na primeira instância apresentam uma falsa média de tempo de operação, o que pode resultar em um falso *lead time* do processo produtivo e em uma falha na interpretação de dados.

Para a construção do mapa atual foram consideradas as médias dos tempos de operação que já passaram pelo tratamento de dados neste estudo. Após desenvolver toda a investigação

do fluxo dos materiais dentro da empresa, construiu-se o mapeamento do fluxo de valor do estado atual das caixas plásticas para ferramentas 17'.

A Figura 11 demonstra o mapa do estado atual, apresentando as etapas de transformação do produto, a distância percorrida, o *lead time* e o tempo de valor agregado do processo, os tipos de transporte do material e, além disso, os estoques intermediários encontrados na visualização do sistema produtivo.

Figura 11 – Mapa do estado atual



Fonte: Do autor (2021).

Com a construção do mapa atual, constatou-se que o produto necessita percorrer uma distância de 192,8 metros para ocorrer a integração dos processos. Esse percurso leva exatamente 365.243,74 segundos para ser percorrido, o que equivale a 4,22 dias. Esse é o tempo percorrido entre o início e o término da atividade produtiva, sendo que a contagem do tempo inicia no pedido do produto pelo cliente e finaliza na sua entrega.

No atual sistema produtivo, necessitam-se cinco colaboradores para a execução de todas as atividades envolvidas no processo. Desses, quatro são responsáveis por executar atividades que agregam valor ao produto, como: injeção e montagem da tampa; injeção e montagem do baú; etiquetagem; colocação dos eixos metálicos e da bandeja; embalagem; passagem pela máquina de passa-fita; armazenagem e estrechamento do palete. Esses processos correspondem a 189,26 segundos de transformação do produto.

4.3.1 Simulação do mapeamento do fluxo de valor atual

A construção da simulação inicia com os dados já coletados e tratados no mapeamento do fluxo de valor atual. Antes de dar sequência ao estudo, destaca-se que a variável métrica de entrada definida para o trabalho foi em segundos.

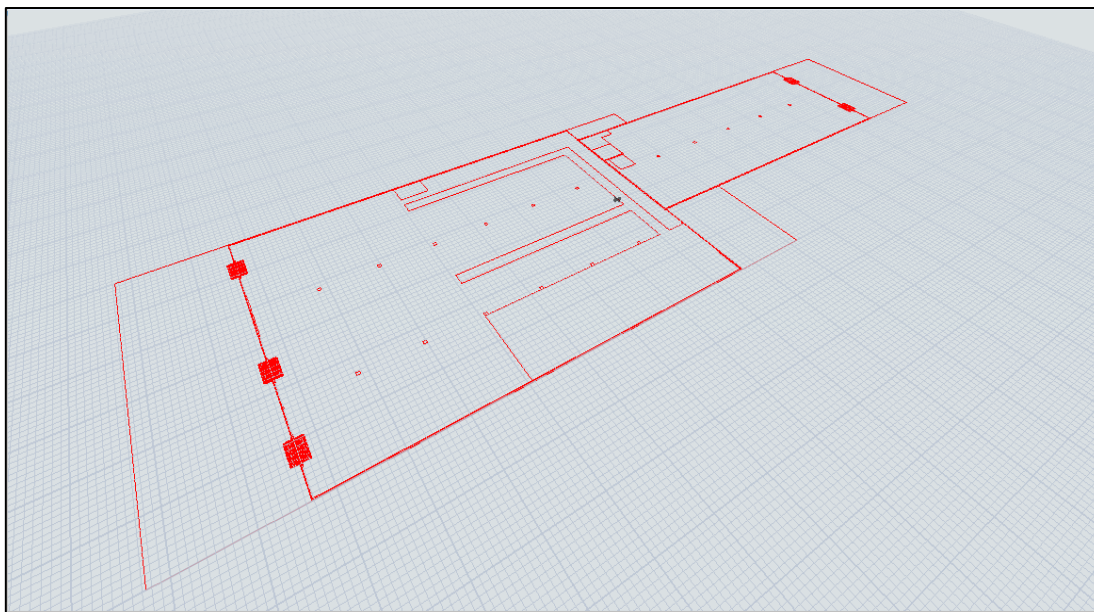
Os dados coletados apresentam uma distribuição contínua, e, por meio do software ExpertFit, foram analisados os histogramas da distribuição das probabilidades. Essa distribuição é necessária para que o modelo computacional simule o ambiente com maior realidade (APÊNDICE D).

Com o software ExpertFit, encontraram-se os valores de distribuição das probabilidades, que foram expressados especificamente para o software de simulação FlexSim, utilizado na elaboração do modelo computacional (APÊNDICE E).

4.3.1.1 Construção do modelo computacional

Para a construção do modelo computacional, construíram-se, inicialmente, as plantas baixas do primeiro e do segundo pavimento do setor de injetoras, local onde o trabalho foi realizado. Na Figura 12 é possível visualizar a planta baixa dos pavilhões onde está o setor de injetoras.

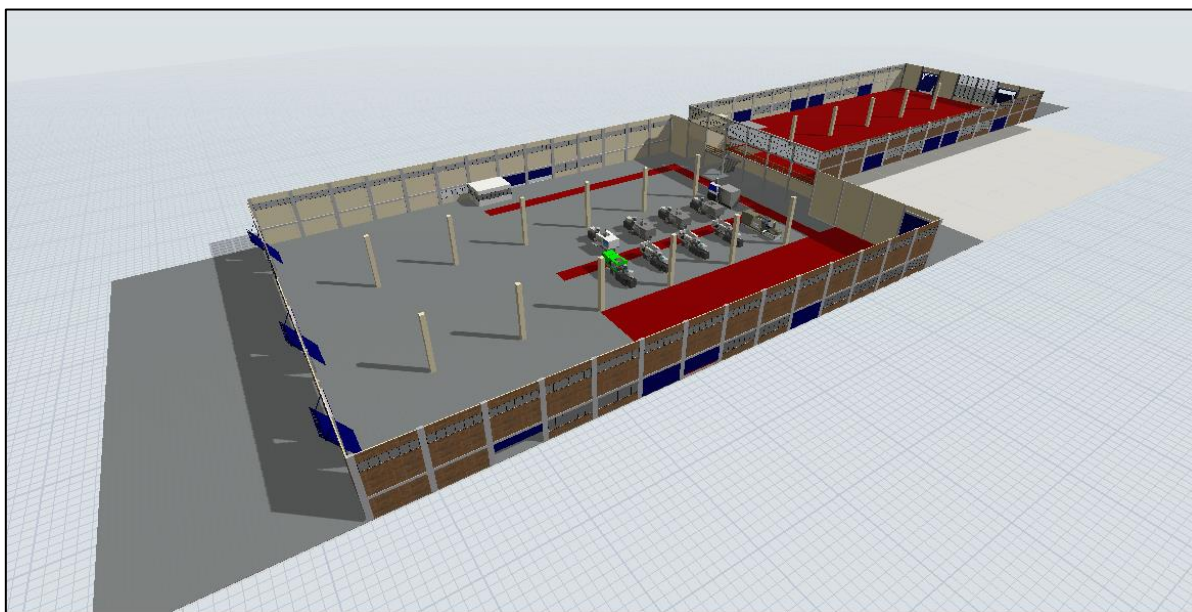
Figura 12 – Planta baixa dos pavilhões



Fonte: Do autor (2021).

A partir da construção da planta baixa, foi possível desenvolver a elevação dos blocos do edifício, projetando o layout de forma mais real e precisa, integrando as máquinas, o elevador e os corredores no ambiente, a fim de demonstrar um posicionamento preciso dos recursos necessários para a simulação do sistema produtivo. Na Figura 13 é possível ter uma visão do ambiente produtivo elaborada a partir da planta baixa.

Figura 13 – Ambiente produtivo



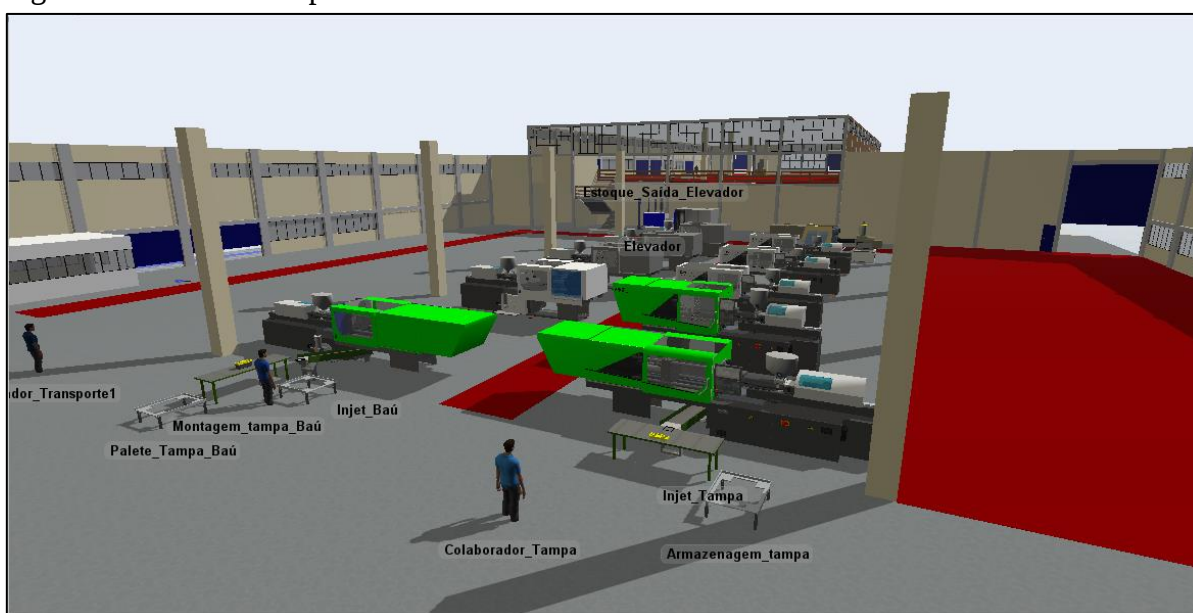
Fonte: Do autor (2021).

Os recursos integrados no sistema produtivo são utilizados para expressar a aparência, o tamanho e as cores do ambiente real. Após o tratamento de imagem, os recursos são

posicionados na estrutura física do setor. No primeiro pavilhão, a geração de valor inicia na injeção da tampa principal, que é transportada por uma esteira até a mesa de montagem, na qual é realizada a inserção dos componentes. Finalizado esse processo, a tampa é alocada em um palete e transportada para a área de montagem do baú.

Nesse cenário, também se demonstra a etapa de injeção do baú, que, por sua vez, é transportado por uma esteira e direcionado para a área de montagem, local onde a tampa principal é acoplada e, em seguida, direcionada a um palete. Essa operação garante que os dois componentes se encaixem perfeitamente e que não haja deformação na estrutura física do baú. A Figura 14 apresenta o cenário elaborado no pavilhão 1.

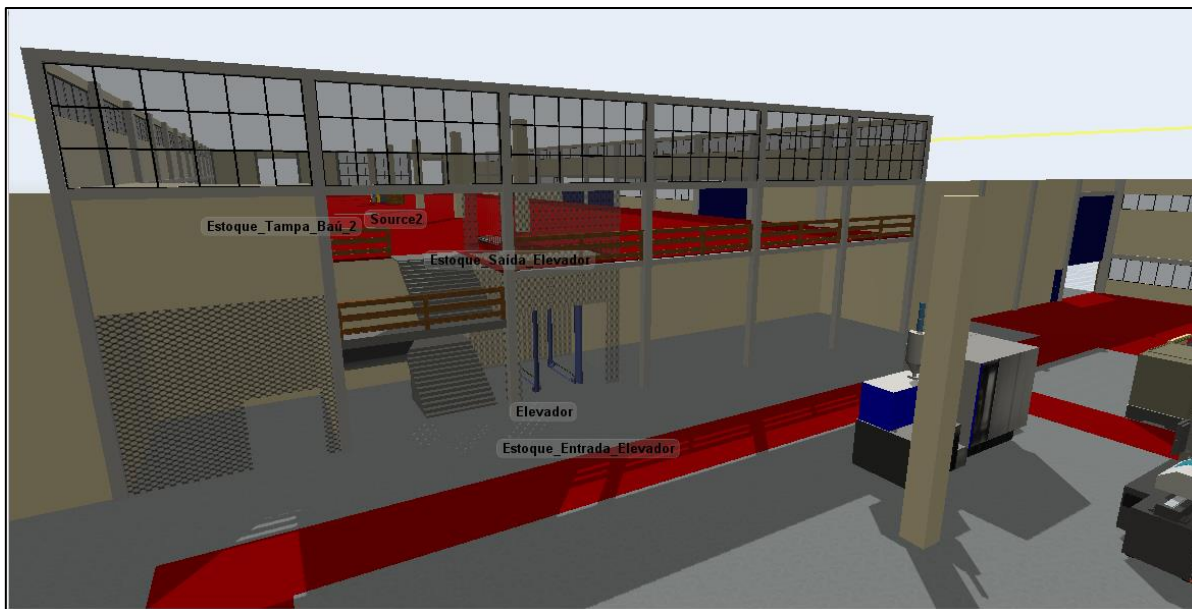
Figura 14 – Cenário do pavilhão 1



Fonte: Do autor (2021).

Após a caixa plástica para ferramentas pré-montada ser armazenada no palete, o produto é transportado até o segundo pavilhão. Para esse transporte, utiliza-se um elevador, cuja capacidade é para dois paletes. A Figura 15 apresenta o elevador utilizado para dar continuidade ao fluxo do material.

Figura 15 – Elevador



Fonte: Do autor (2021).

Com o produto no segundo pavilhão, é possível fazer a integração das próximas atividades que agregam valor na cadeia produtiva. Nessa área, o produto é levado para uma célula produtiva que agrupa as seguintes etapas do processo: etiquetagem, colocação do eixo metálico e da bandeja, embalagem, máquina de passar fita e armazenagem do produto no estaleiro. A Figura 16 apresenta a célula produtiva no pavilhão 2.

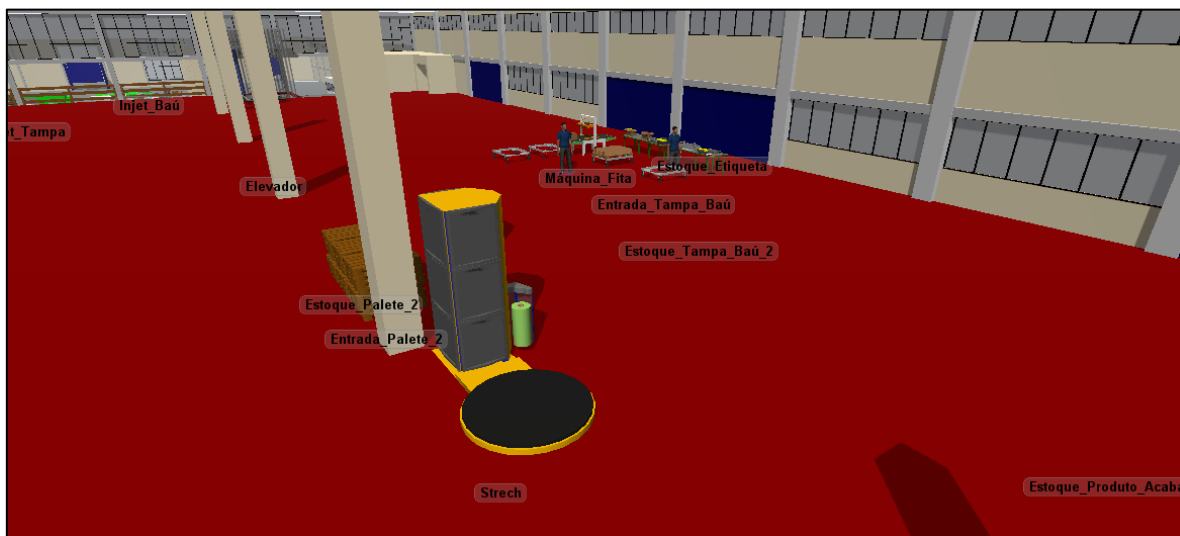
Figura 16 – Célula produtiva no pavilhão 2



Fonte: Do autor (2021).

A última etapa pela qual o produto passa no sistema produtivo é o estrechamento e estoque do palete, para posterior carregamento e armazenagem no centro logístico. A Figura 17 esboça a operação de estrechamento dos paletes.

Figura 17 – Estrechamento



Fonte: Do autor (2021).

Com o ambiente produtivo estruturado no Flexsim, e comprovando que as distâncias estejam corretas conforme o fluxo do material na realidade, tornou-se possível executar a verificação do modelo computacional.

4.3.1.2 Verificação do modelo computacional

Ao longo da elaboração do modelo computacional, realizaram-se os ajustes necessários na representação após cada etapa de construção do modelo, verificando se ele estava de acordo com o desejado, se as conexões dos recursos estavam corretas e, ainda, se a movimentação real estava sendo simulada. Diante da detecção de algum erro, ele era corrigido antes de prosseguir para a construção da etapa seguinte.

Cada etapa de operação foi gravada no ambiente produtivo real, realizando-se a comparação do modelo computacional construído com o cenário real, a fim de que houvesse uma maior semelhança possível entre eles. A Figura 18 compara o sistema produtivo real com o sistema produtivo simulado.

Figura 18 – Comparação entre o sistema real e o simulado



Fonte: Do autor (2021).

Após a construção completa do modelo computacional, realizou-se uma simulação teste correspondente a 4,22 dias de processo, uma vez que esse foi o tempo de *lead time* encontrado no mapeamento de fluxo de valor atual. Diante disso, foi possível analisar se o modelo computacional realmente representava a realidade encontrada no sistema produtivo.

4.3.1.3 Validação do modelo operacional

Para validar o modelo operacional, realizou-se um comparativo entre os dados coletados na empresa TG com os obtidos na simulação. Para isso, analisou-se o registro denominado “Produção diária por família”, um registro dos dados do sistema da corporação no qual é possível encontrar a média diária produzida por família de produtos. A Figura 19 apresenta a média real de produção diária da caixa plástica para ferramentas 17’.

Figura 19 – Média real de produção diária da caixa plástica para ferramentas 17’

PRODUCAO DIARIA								
No DIAS P/ATINGIR MEDIA PRODUCAO:					PCP490	21/04/2021	08:37	PAG. 1
						0,0		
FAMILIA	MED.PROD	CAPAC.DD	DIFERENCA	% DIFER	ENT.PRONTO	PRONTO	ACUM	DIF.PRON/PROD
CAIXAS PLASTICAS 17	630	2.000	-28.773	-68,51	0	13.371		144
TOTAL ->	630	2.000	-28.773	-68,51	0	13.371		144

Fonte: Empresa TG (2021).

Nesse registro disponibilizado pelo programa PCP490 do sistema interno da empresa TG, visualiza-se a média diária de produção da caixa plástica para ferramentas 17', que é de 630 unidades por turno, sendo que um turno de trabalho possui 8,8 horas disponíveis.

Dessa forma, a unidade métrica da medida de desempenho do sistema produtivo é a quantidade de produtos acabados produzidos por dia. A validação da informação se deu pela comparação da quantidade produzida no cenário virtual e no real. No cenário virtual, a coleta de dados da quantidade produzida é realizada após a passagem pela máquina de passar fita adesiva, pois isso garante que o produto esteja finalizado, facilitando a contagem e o registro.

Conforme supracitado, o sistema produtivo das caixas plásticas para ferramentas funciona em um turno de 8,8 horas. Ao término do turno, a produção é pausada e retomada, no dia seguinte a partir do ponto em que parou no dia anterior, caracterizando-se como uma simulação não terminal e em regime permanente. Para a realização da simulação, considerou-se um tempo de aquecimento de cinco dias do sistema produtivo, que ultrapassa o tempo de *lead time* do produto mapeado no fluxo de valor e garante que o ciclo do produto dentro do sistema esteja completo e não haja distorção na coleta de dados.

Dentro desse cenário, a rodada da simulação foi executada considerando 2,2 dias, representando 6,6 turnos de trabalho, sendo esse o tempo disponível das máquinas para a fabricação da média mensal de venda das caixas plásticas para ferramentas 17'. Para maior confiabilidade do sistema produtivo, executaram-se oito replicações da simulação.

A partir da simulação realizada no FlexSim para o cenário atual, constatou-se que o intervalo de confiança varia de 3.926,4 a 3.939,6 unidades produzidas, destacando-se que essa performance do sistema produtivo é avaliada com 99% de confiança. A quantidade de produtos acabados produzidos em 6,6 turnos de trabalho foi de 594,90 a 596,90 unidades. A Figura 20 apresenta os resultados da performance do sistema produtivo virtual.

Figura 20 – Performance do sistema produtivo virtual

Performance Measures		Dashboard Statistics		Statistics Tables		Console Output	
PerformanceMeasure1		Data Summary		Mean Based on		99% Confidence	
PerformanceMeasure1							
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev		Min	Max
Scenario 1	3919.7	<	3934.3	<	3949.0	8.9	3922.0 3946.0

Fonte: Do autor (2021).

Diante dos indicadores obtidos juntamente com o supervisor do setor de injetoras, realizou-se a análise dos resultados e considerou-se aceitável a validação do modelo operacional, uma vez que ele apresentou uma aproximação de 94,61% do sistema produtivo real.

4.3.1.4 Análise dos resultados da simulação do estado atual

Para a análise dos resultados da simulação do estado atual, considerou-se a fabricação de um lote que contém 3.911 unidades, quantidade que equivale à média mensal de venda desse produto. A análise dos dados por lote permite entender a forma como o sistema produtivo se comporta com relação à entrada de um novo pedido, sendo possível, com isso, estabelecer um parâmetro para a geração de dados de perdas. Com a definição da quantidade, é possível estabelecer o tempo para fabricação dentro do mês. Essa quantidade definida por lote pode ser analisada nas ordens de fabricação emitidas pelo setor de injetoras. A Figura 21 apresenta justamente a ordem de fabricação da caixa plástica 17', contemplando uma média de vendas mensal considerando os últimos seis meses.

Figura 21 – Ordem de fabricação

S.A. IND. MET.		PCP214	20/04/2021 13:35		PAG. 1		
ORDENS DE FABRICACAO			TODOS ARMAZENS				
ITEM: 43803017 CAIXA PLASTICA INJETADA 17							
CLIENTE:		COD.BAR: 7891114143966 DATA: 20/04/2021					
QUANTIDADE: 1		NUM.ORDEN: 74.026	PESO BRUTO: 0,1000				
VENDAS ULTIMOS MESES					MEDIA		
2020-10	2020-11	2020-12	2021-01	2021-02	2021-03	6 MESES	EST.ATUAL
5.999	6.677	1.979	3.223	3.508	2.079	3.911	0

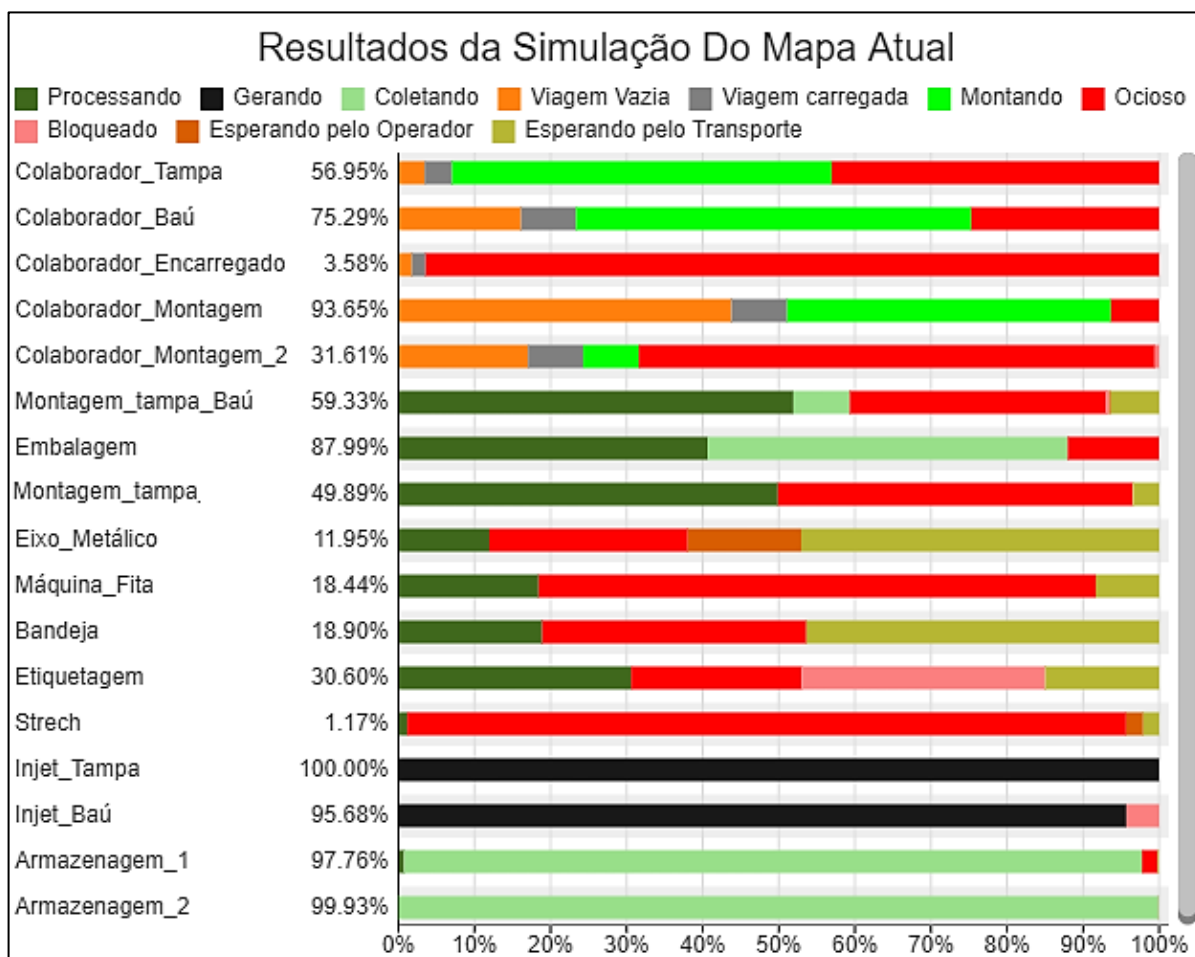
DESM.EMBALAG:		1 EMB	1				
EMB ROT OPE SEQ COL DESCRICAO		PROD-HR TMP.MAQs		MAQ. Q.MAQ		Q.FUN	
EMB AR ITEM B DESCRICAO		UN QUANTIDADE		ESTOQUE			
SECAO 024 - INJETORAS							
0 532 2630	10	01 SEPARAR TRAVA	610,00	0,00	9024	1	0,50
0 H1 P 13803017		EIXO METÁLICO 17" PARA CAIXA PLAST	UN	2			75.366
0 H1 P 23803010		BAÚ PARA CAIXA PLÁSTICA	UN	1			0
0 H1 P 23803012		BANDEJA PARA CAIXA PLÁSTICA	UN	1			1.311
0 H1 P 23803013		TAMPA PRINCIPAL PARA CAIXA PLÁSTIC	UN	1			0
0 B2 C 177377	N	TRAVA EM ACO CARBONO CROMADA 52 X	UN	1,00			99.960
1 532 2631	10	01 MONTAR/ENCAIXOTAR	110,00	0,01	2352	1	1,00
1 A9 C 183725		N ETIQUETA AUTOADESIVA EM PAPEL COUC	MI	0,00			27
1 A4 C 184630	N	CAIXA EM PAPELAO ONDULADO SIMPLE P	UN	1,00			14.031

Fonte: Empresa TG (2021).

Após a definição do objetivo de produção, avaliaram-se os resultados da simulação do mapa atual para a geração de um pedido de venda. Os processos de fabricação analisados foram: injeção e montagem da tampa, injeção e montagem do baú, etiquetagem, montagem do eixo metálico, colocação da tampa, embalagem, máquina de passar fita, armazenagem do produto acabado no palete, estrechamento do palete com o produto acabado. Além dos processos de fabricação, também foram levados em consideração os colaboradores necessários durante o processo de manufatura. Com isso, constatou-se que, no atual cenário, são necessários cinco colaboradores: um colaborador para a montagem da tampa, um para a montagem o baú, um colaborador (encarregado) para o transporte do material até o elevador e dois colaboradores para a célula de montagem final do produto. Dessa forma, apresenta-se a análise dos resultados

da simulação do estado atual, levando em consideração as condições do sistema produtivo. No Gráfico 1 é possível conhecer o percentual de tempo gasto em cada um dos estados do objeto.

Gráfico 1 – Percentual de tempo gasto pelo recurso em diferentes atividades



Fonte: Do autor (2021).

Nesse gráfico apresentado, verifica-se o percentual de atividades desenvolvidas em cada uma das operações do sistema produtivo a partir da geração de um novo pedido, sendo possível observar, inclusive, as perdas dentro do sistema produtivo. A Tabela 2 demonstra o percentual de perdas encontradas no sistema produtivo atual.

Tabela 2 – Percentual de perdas encontradas no sistema produtivo atual

RECURSO	Viagem vazia	Viagem carregada	Coletando	Ocioso	Bloqueado	Esperando pelo operador	Esperando pelo transporte	TOTAL DE PERDAS
Colaborador tampa	3,45%	3,60%	-	43,05%	-	-	-	50,10%
Colaborador baú	16,12%	7,22%	-	24,71%	-	-	-	48,05%
Colaborador encarregado	1,77%	1,80%	-	-	-	-	-	3,57%
Colaborador montagem	43,77%	7,33%	-	6,32%	-	-	-	57,42%
Colaborador montagem 2	17,04%	7,25%	-	67,82%	0,57%	-	-	92,68%
Montagem tampa + baú	-	-	7,41%	33,72%	0,26%	-	6,36%	47,75%
Embalagem	-	-	47,34%	11,98%	-	-	-	59,32%
Montagem tampa	-	-	-	46,62%	-	-	3,42%	50,04%
Eixo metálico	-	-	-	24,90%	-	13,24%	47,81%	85,95%
Máquina fita	-	-	-	26,09%	-	14,91%	47,05%	88,05%
Bandeja	-	-	-	34,73%	-	-	46,37%	81,10%
Etiquetagem	-	-	-	22,42%	32,03%	-	14,97%	69,42%
Strech	-	-	-	94,50%	-	2,24%	2,09%	96,59%
Injetora tampa	-	-	-	-	-	-	-	0,00%
Injetora baú	-	-	-	-	4,32%	-	-	4,32%
Armazenagem 1	-	-	97,00%	2,04%	-	-	-	99,04%
Armazenagem 2	-	-	99,92%	0,02%	-	-	-	99,94%

Fonte: Do autor (2021).

As perdas apresentadas na Tabela 2 referem-se à soma do percentual de todos os momentos que não agregam valor ao produto final, a partir da emissão de um novo pedido que atenda à média de vendas. As perdas avaliadas na simulação estabelecem uma visão sobre a atuação dos recursos no sistema de fabricação.

Não será considerada a ociosidade no caso do colaborador encarregado, pois, durante o tempo de execução de um novo pedido, ele exerce outras funções. Pode-se, no entanto, considerar o tempo perdido para o transporte de material nesse período. Os demais recursos envolvidos na fabricação das caixas plásticas para ferramentas foram avaliados normalmente, utilizando o percentual encontrado na simulação.

4.4 Identificação das perdas

A identificação das perdas inicia do ponto em que se estabelece a união da construção do mapeamento do fluxo de valor atual com a simulação. As perdas evidenciadas no estudo serão descritas a seguir.

4.4.1 Superprodução

A superprodução pode ser identificada pela utilização de um sistema empurrado para atender a demanda dos clientes. Nesse caso, ela está inserida entre os processos anteriores e posteriores a uma etapa de processamento do produto, e isso ocorre pelo desbalanceamento entre os tempos de processamento, fator que ocasiona a não sincronização das operações do sistema produtivo.

A alocação das informações no sistema produtivo colabora com essa superprodução. No cenário apresentado no mapa atual, as fontes de informações são alocadas nos processos iniciais de surgimento do produto, o que ocasiona a ação de empurrar os recursos para as atividades posteriores e a criação de estoques intermediários devido ao desbalanceamento das operações.

4.4.2 Espera

A perda por espera, assim como as perdas anteriores, está diretamente relacionada com a falta de balanceamento dos tempos de processamento e com a geração de estoques. No mapeamento do fluxo de valor, evidenciaram-se 13 esperas do material por criação de estoques intermediários. Além disso, outro fato é decorrente da organização fabril para a realização da

produção, uma vez que, nesse cenário, os recursos estão organizados em locais distantes uns dos outros, ocasionando, conseqüentemente, um maior tempo de espera.

Quando se registra um novo pedido para o cliente, a espera pela transição do material entre as atividades operacionais é convertida em ociosidade do sistema produtivo. Mediante a simulação, constatou-se que a ociosidade é um fator impactante na capacidade produtiva dos recursos em um determinado período de tempo. A grande ociosidade identificada acontece devido à subsequência das atividades. No momento em que o pedido é emitido, a injeção da tampa principal inicia a sua produção, enquanto que o restante do processo aguarda a chegada dos componentes. Essa ociosidade, então, ocorre devido ao grande número de estoques intermediários, que dificultam a chegada do material com velocidade e agilidade para a outra etapa de agregação de valor.

A simulação também permitiu visualizar os recursos que ficam esperando pelo operador ou pelo transporte para dar sequência na produção. Nesse caso, a escolha do modelo de produção impacta na dependência dos produtos para serem movimentados ou transportados, e, quando o colaborador não consegue realizar todas as tarefas destinadas a ele, o recurso acaba esperando o colaborador para o deslocamento do componente.

Quando o recurso depende de dois ou mais componentes para a realização da operação, cria-se uma relação de dependência, que gera a espera de um componente pelo outro. Isso pode ser visualizado a partir do momento em que o recurso recebe o primeiro componente e entra em estado de coleta, aguardando a chegada do segundo componente e fazendo com que as atividades antecedentes fiquem bloqueadas para dar continuidade à produção, e as operações posteriores fiquem ociosas. O estado de coleta e bloqueio é uma perda desenvolvida pela espera dentro do recurso e pode ser evidenciada com a simulação.

Na Tabela 3, observam-se os percentuais de esperas encontrados no sistema produtivo atual para a geração de um novo pedido, baseado na sua média de vendas.

Tabela 3 – Porcentagem de esperas

RECURSO	Coletando	Ocioso	Bloqueado	Esperando pelo operador	Esperando pelo transporte	TOTAL DE ESPERA
Colaborador tampa	-	43,05%	-	-	-	43,05%
Colaborador baú	-	24,71%	-	-	-	24,71%
Colaborador encarregado	-	-	-	-	-	0,00%
Colaborador montagem	-	6,32%	-	-	-	6,32%

(Continua...)

(Conclusão)

RECURSO	Coletando	Ocioso	Bloqueado	Esperando pelo operador	Esperando pelo transporte	TOTAL DE ESPERA
Colaborador montagem 2	-	67,82%	0,57%	-	-	68,39%
Montagem tampa + baú	7,41%	33,72%	0,26%	-	6,36%	47,75%
embalagem	47,34%	11,98%	-	-	-	59,32%
Montagem tampa	-	46,62%	-	-	3,42%	50,04%
Eixo metálico	-	24,90%	-	13,24%	47,81%	85,95%
Máquina fita	-	26,09%	-	14,91%	47,05%	88,05%
Bandeja	-	34,73%	-	-	46,37%	81,10%
Etiquetagem	-	22,42%	32,03%	-	14,97%	69,42%
Strech	-	94,50%	-	2,24%	2,09%	96,59%
Injetora tampa	-	-	-	-	-	0,00%
Injetora baú	-	-	4,32%	-	-	4,32%
Armazenagem 1	97,00%	2,04%	-	-	-	99,04%
Armazenagem 2	99,92%	0,02%	-	-	-	99,94%

Fonte: Do autor (2021).

4.4.3 Movimentação e transporte

Ao construir o mapeamento do fluxo de valor fica evidente a distância percorrida pelo produto dentro da fábrica, que totaliza 192,8 metros. Além disso, observou-se a utilização de um elevador para fazer a conexão do sequenciamento da produção, evidenciando a má localização dos recursos.

Com o mapeamento, foram identificadas 16 perdas por transporte, que é realizado de forma manual ou com a utilização de paleteiras. Os transportes e as movimentações impactam na eficiência produtiva dos colaboradores devido à dependência de tempo para exercer essas atividades. Com a simulação, evidenciou-se como o percentual de transporte impacta sobre cada colaborador. Esse impacto é gerado no momento em que o colaborador exerce uma viagem vazia para buscar o objeto e retorna carregado para o ponto desejado. A Tabela 4 apresenta o percentual de perdas geradas pelos transportes e movimentações na execução de um novo pedido, baseado na média de vendas.

Tabela 4 – Percentual de perdas por movimentação e transporte

RECURSO	Viagem vazia	Viagem carregada	TOTAL
Colaborador tampa	3,45%	3,60%	7,05%
Colaborador baú	16,12%	7,22%	23,34%
Colaborador encarregado	1,77%	1,80%	3,57%
Colaborador montagem	43,77%	7,33%	51,10%
Colaborador montagem 2	17,04%	7,25%	24,29%

Fonte: Do autor (2021).

4.4.4 Estoque

A maioria das perdas encontradas no processo produtivo são perdas decorrentes da implementação de estoques intermediários para o sequenciamento de produção no processo de fabricação, que são representados pelo ícone “triângulo”. Esses estoques são decorrentes do desbalanceamento e do distanciamento das atividades. É esse distanciamento que faz com que o componente seja armazenado em um palete para posterior transporte, gerando, com isso, estoque e maior ociosidade da etapa seguinte devido ao aguardo da primeira peça. A locomoção desses estoques impacta diretamente na capacidade produtiva do sistema e gera espera das máquinas e dos operadores, principalmente na execução de um novo pedido.

Com o mapeamento, identificaram-se 13 modelos de estoque dentro do processo produtivo, cada um representando o término de uma etapa de processamento. Com a simulação, evidenciaram-se os impactos gerados pela formação desses estoques no processo produtivo, uma vez que todas as perdas encontradas no resultado da simulação do mapa atual têm alguma relação com a formação desses estoques.

No cenário apresentado no mapeamento do fluxo de valor atual, o estoque é o principal causador de aumento do *lead time* do processo produtivo. Seu valor equivale a 365.243,74 segundos, o que representa um percentual de 99,94% do tempo decorrido entre a efetuação de um pedido pelo cliente até a entrega do produto.

4.4.5 Produção de produtos defeituosos

O sistema produtivo atual visualizado no mapeamento de fluxo de valor desempenha uma produção por formação de estoques que são conduzidos a cada processo posterior conforme a necessidade. A geração de grandes lotes entre os processos dificulta encontrar

anomalias nos componentes do produto e buscar uma solução rápida para a correção do defeito, permitindo, com isso, abrir espaço para a formação de não conformidades.

Diante disso, a organização do sistema produtivo atual permite a criação de grandes lotes defeituosos, fator que pode acarretar em grandes custos para a empresa caso ocorra uma falha na inspeção do lote por conta do colaborador.

4.4.6 Processamento

Essa perda é a alavanca que desencadeia todos os demais desperdícios visualizados no decorrer deste estudo. Ao visualizar o estado atual na simulação, percebeu-se que os processos não estão localizados de forma organizada a fim de maximizar o fluxo do material e sua agregação de valor.

Neste estudo, o processamento do material é impactado pelo layout escolhido pela empresa e está diretamente interligado ao valor encontrado do *lead time* do estado atual. A desorganização e o desbalanceamento dos recursos impactam na geração de estoques, na movimentação, nos transportes, nas esperas e na superprodução, ocasionando, assim, o funcionamento forçado do sistema de fabricação.

4.5 Mapeamento de fluxo de valor futuro

Para desenhar o estado futuro do fluxo de valor são estabelecidos tópicos de pesquisa, uma vez que elaborar esses tópicos é uma forma de orientar o planejamento das melhorias dentro sistema produtivo e de aplicar a metodologia de produção enxuta da melhor maneira possível. Para este estudo, os tópicos de pesquisa foram elaborados com a ajuda da direção da empresa TG, sendo elas:

- a) redução das perdas no sistema produtivo;
- b) diminuição do número de pessoas integradas no processo de fabricação;
- c) aumento de 50% na produção diária para um possível aumento de demanda.

O desenvolvimento do mapeamento do fluxo do valor futuro se embasa na criação de um fluxo contínuo por meio da leitura do *takt time*, além de estabelecer um ponto puxador para o controle do sistema produtivo.

4.5.1 Takt time

O desenho do estado futuro do mapeamento do fluxo de valor começa com a definição do tempo de *takt time* que, nesse momento, pode ser visualizado de duas formas: o real e o planejado. A Figura 22 apresenta o tempo de *takt time* do estado atual e o do estado futuro, ou seja, que será planejado.

Figura 22 – Tempo de *takt time* do estado atual e do estado futuro

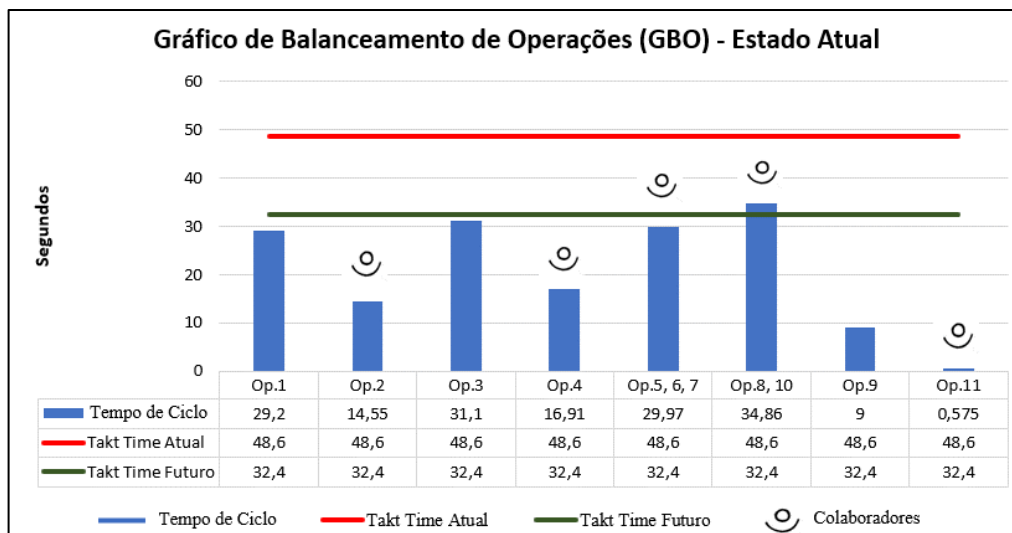
<i>Takt Time: Estado Atual</i> Tempo de trabalho disponível = 2,2 dias x 24h x 60min x 60s = 190.080s $Takt\ Time = \frac{\text{tempo de trabalho disponível por mês}}{\text{demanda do cliente por mês}}$ $Takt\ Time = \frac{190.080\ segundos}{3911\ unidades\ (m\acute{e}dia\ de\ vendas)}$ $Takt\ Time = 48,60\ segundos$
<i>Takt Time: Estado Futuro</i> Tempo de trabalho disponível = 2,2 dias x 24h x 60min x 60s = 190.080s $Takt\ Time = \frac{\text{tempo de trabalho disponível por mês}}{\text{demanda futura do cliente por mês}}$ $Takt\ Time = \frac{190.080\ segundos}{5867\ unidades\ (Previs\~{a}o)}$ $Takt\ Time = 32,40\ segundos$

Fonte: Do autor (2021).

Com a análise do *takt time*, evidencia-se que para implementar o estado futuro e atender a demanda é necessário reduzir 16,20 segundos do tempo de processamento de cada operação para que haja sincronia com o ritmo de vendas planejado.

Para um melhor entendimento, compara-se o *takt time* do estado atual com as operações do processo de fabricação descritas no Quadro 3, sendo possível visualizar, também, as perdas que ocasionam o equilíbrio do ritmo de vendas e qual é o valor almejado do *takt time*. O Gráfico 2 compara o balanceamento das operações com o *takt time* do estado atual e futuro.

Gráfico 2 – Balanceamento das operações no estado atual



Fonte: Do autor (2021).

Nesse gráfico, também é possível visualizar a interação das operações com os colaboradores que atuam no processo produtivo. A falta de sincronização entre os processos no estado atual, além de ocasionar perdas que demandam um *takt time* maior, resultam em um mal dimensionamento das atividades exercidas pelo colaborador.

4.5.2 Fluxo contínuo e melhoramento de processo

Com o *takt time* estabelecido, notou-se que um dos maiores empecilhos no mapeamento do fluxo de valor atual é a falta de um fluxo sincronizado entre as etapas de processos de fabricação que, por consequência, geram perdas como: superprodução, estoque, esperas, transporte e movimentação.

Para integrar o fluxo contínuo no sistema produtivo futuro, deve-se considerar três fatores. O primeiro deles é a redução das perdas, e, nesse cenário, será necessário implementar um fluxo contínuo que tenha como objetivo aproximar as etapas de agregação de valor, visando reduzir os transportes, as movimentações e a espera entre as etapas. O segundo fator é a redução no número de colaboradores no estado futuro, e, para que isso aconteça, faz-se necessário integralizar novos equipamentos ao processo produtivo, que são: uma montadora de caixas de papelão, uma etiquetadora, um robô e uma encaixotadora automática. Com essa integração, é possível estabelecer uma nova sequência de operações, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Etapas de fabricação das caixas plásticas para ferramentas no estado futuro

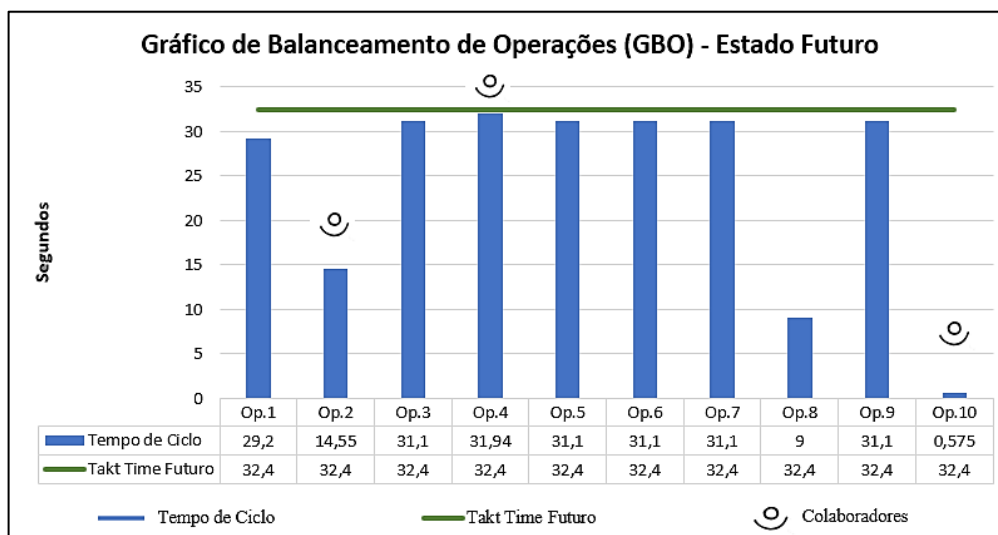
OPERAÇÃO	Etapas de fabricação das caixas plásticas no estado futuro
	Nomenclatura
1	Injeção da tampa principal
2	Montagem da tampa principal + componentes
3	Injeção do baú
4	Montagem do baú com a tampa principal + colocação da bandeja + colocação do eixo metálico
5	Máquina etiquetadora
6	Máquina montadora de caixa de papelão
7	Máquina encaixotadora automática
8	Fechamento da caixa
9	Armazenagem no palete com robô
10	Estrechamento do palete

Fonte: Do autor (2021).

O terceiro fator, por sua vez, é o tempo de *takt time* futuro de 32,40 segundos, que deve ser utilizado para gerar um balanceamento das operações internas da fábrica e ritmá-las com as vendas do produto. O balanceamento atuará sobre a redução das perdas de superprodução, estoques e espera.

O Gráfico 3 apresenta a primeira tentativa de balanceamento do processo produtivo por meio da distribuição das atividades por colaborador, da integração de novos equipamentos e da redução do número de colaboradores, atendendo, no mínimo, o *takt time*.

Gráfico 3 – Balanceamento das operações no estado futuro



Fonte: Do autor (2021).

Nessa primeira tentativa de balanceamento do sistema produtivo, visualiza-se a redução do número de colaboradores pela integração de novos equipamentos que devem respeitar o tempo de injeção do baú, pois essa operação possui o maior tempo de ciclo de fabricação de todo o processo produtivo. Para a construção de um fluxo contínuo, as atividades manuais restantes no processo foram agrupadas levando em consideração os tempos de operação coletados no mapa atual.

O agrupamento da montagem do baú com a tampa principal, colocação da bandeja e colocação do eixo metálico, será denominado, a partir deste momento, como agrupamento de processos. Com o agrupamento dessas atividades, percebeu-se a criação de um gargalo no sequenciamento do processo produtivo, podendo ocasionar estoques intermediários e sobrecarga do colaborador. Com isso, os tempos de operação tiveram que ser coletados novamente, pois, tendo em vista que a sequência de atividades não era mais a mesma do mapa atual, o tempo de operação poderia ser reduzido.

Para conhecer realmente o tempo de operação do agrupamento, foi necessário realizar uma simulação dentro do processo produtivo, levando em consideração o tempo gasto pelo operador para a realização da sequência das operações, conhecendo, com isso, o real impacto no sistema produtivo. Com a realização da cronoanálise, chegou-se a uma média de 23,774 segundos de ação de agregação de valor (APÊNDICE B).

Nesse primeiro momento, percebeu-se que o agrupamento de processos facilitou a montagem do produto e o seu sequenciamento, pois não houve a necessidade de abrir a maleta para se alocar a bandeja, diminuindo movimentos do colaborador. Com isso, as operações manuais inseridas no processo de fabricação apresentaram tempos inferiores aos praticados pelas máquinas. Nesse conceito, os colaboradores não mais serão os gargalos do processo produtivo. No entanto, haverá um aumento da perda por espera, uma vez que o colaborador deverá esperar pelo componente. Será, entretanto, uma espera necessária para garantir o fluxo contínuo do material, sem que ocorra um acúmulo entre o sequenciamento das atividades.

Então, com os resultados positivos encontrados a partir do agrupamento dos processos, executou-se o tratamento de dados, que era a próxima etapa estipulada no mapeamento do fluxo de valor atual (APÊNDICE C).

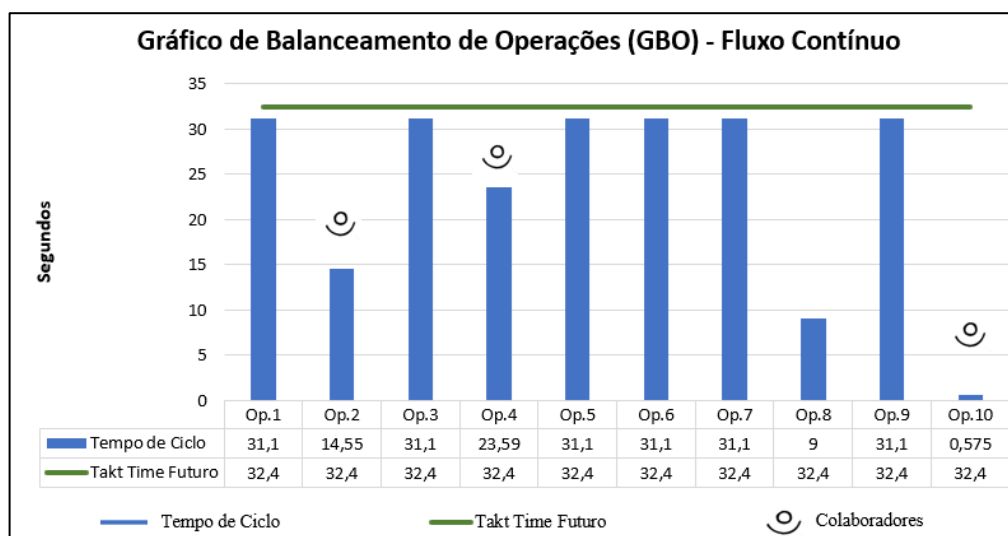
O tratamento de dados possibilitou a exclusão dos *outliers* encontrados na cronoanálise e demonstrou uma maior precisão no tempo de agregação de valor dos agrupamentos dos processos. A média do tempo de operação encontrada passou a ser de 23,593 segundos. Outro fator que chamou a atenção na criação do fluxo contínuo foi o tempo de ciclo da primeira operação do sistema produtivo: a injeção da tampa principal. Nessa etapa, observou-se que se

a máquina continuar injetando-a em 29,2 segundos, serão gerados estoques intermediários entre as operações, pois a injeção do baú não conseguirá acompanhar a sua demanda, causando um desbalanceamento na linha de montagem.

Na criação de um fluxo contínuo não se pode olhar para a capacidade máxima de produção de cada equipamento, mas sim adequá-la ao tempo de gargalo do processo. Isso garantirá uma diminuição de estoques intermediários e uma redução do *lead time* do processo de fabricação, facilitando a interligação dos processos por esteiras. Nesse caso, a injeção da tampa principal deverá ter seu tempo de ciclo adequado para 31,1 segundos.

O Gráfico 4 apresenta o último balanceamento do processo produtivo após a realização de adequações para implementar um fluxo contínuo entre as etapas de fabricação dos componentes.

Gráfico 4 – Balanceamento das operações para integração do fluxo contínuo



Fonte: Do autor (2021).

Nesse gráfico, percebe-se que o colaborador da operação quatro não é mais um gargalo no sistema produtivo. Além disso, nessa nova visão, todos os colaboradores realizam suas funções em tempo inferior aos tempos de ciclo realizados pelas máquinas, sendo possível acompanhar o ritmo de fluxo do material.

4.5.3 Ponto único de programação e sistema puxado

Todo o sistema de fabricação que integra um fluxo contínuo deve estabelecer um ponto único de programação. Nesse caso, o ponto de programação é alocado na operação armazenagem no palete com o robô, pois nessa operação o produto já está finalizado,

permitindo ao programador elaborar ordens de fabricação que contenham a quantidade unitária, conforme a necessidade cliente.

Com essa quantidade definida em um único ponto do processo produtivo, um sistema puxado pode ser elaborado nas operações antecedentes que fornecerão os componentes principais. No caso específico do produto deste estudo, os principais componentes são a tampa principal e o baú. Para a integração do sistema puxado, esse cartão *kanban* será utilizado para coordenar o início de produção e apresentará a quantidade necessária do componente a ser fabricado.

4.5.4 Mapa do estado futuro

Para a construção do mapa do estado futuro, utilizaram-se as ferramentas da produção enxuta descritas na implantação deste estudo. Nesse momento, são visualizadas as perdas integradas no estado atual e propostas as melhorias para o estado futuro.

A integração de novos equipamentos para atingir o *takt time* futuro de 32,40 segundos possibilitou que a sequência dos processos fosse construída em linha, ou seja, em fluxo contínuo. Com o fluxo unitário do material haverá, consequentemente, uma redução de estoques intermediários entre os processos de fabricação.

Analizando apenas o processo produtivo, sem considerar o estoque de componentes, o tempo de *lead time* no mapa atual é de 104.794,14 segundos. Já no mapa futuro esse tempo passa a ser de 186,6 segundos, o que significa uma redução de 82,20% do tempo de atravessamento do produto no processo de transformação. Os estoques que permanecem após o processo de armazenagem no palete dificilmente serão reduzidos, pois essa é uma característica do processo produtivo.

Com relação aos componentes, o estoque foi mantido de acordo com o mapa atual, pois é necessário que ele exista devido à disponibilidade da máquina que produz esses itens. Quando se coloca a matriz na injetora, são produzidos grandes lotes para melhor aproveitá-la.

No *lead time* total do processo produtivo do estado futuro, desde a injeção dos componentes até o estrechamento do palete, o tempo necessário para o material percorrer todo o sistema produtivo será de 262.516,6 segundos.

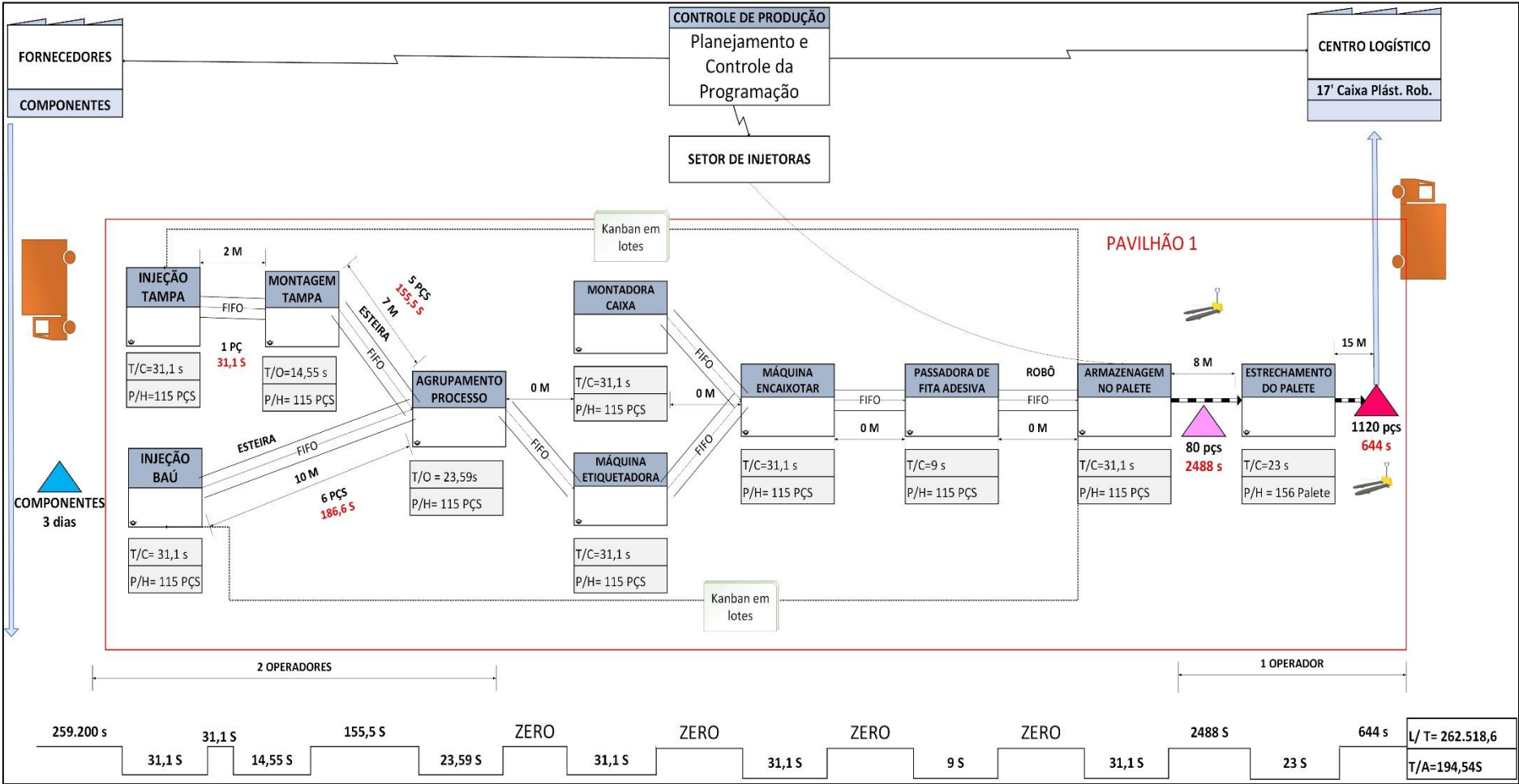
Além disso, a possibilidade de integrar novos equipamentos permite a aproximação dos processos, levando todo o sistema de fabricação para o pavilhão 1 do setor de injetoras. Nesse pavilhão, o produto irá percorrer uma distância de apenas 33 metros, sem haver agregação de valor, mas sim uma redução de 82,88% se comparado ao estado do mapa atual. A adição de

novos equipamentos possibilitará, ainda, a redução de custo com a mão de obra direta por meio da diminuição do número de colaboradores, uma vez que serão necessários dois colaboradores a menos no processo, que poderão ser realocados dentro da empresa.

Com a redução da distância percorrida pelo produto, também foi possível visualizar no mapa do estado futuro a exclusão de transportes desnecessários no deslocamento do produto entre as etapas de agregação de valor. No estado futuro, o produto passará 194,54 segundos dentro do processo, em etapas que lhe agregam valor, ou seja, um aumento de 2,78% comparado ao estado atual.

O mapa do estado futuro apresenta alterações no fluxo de informação, o que impacta no tipo de fluxo, pois transforma parte do processo em sistema puxado e mantém apenas uma pequena porção no sistema empurrado. O mapa do estado futuro pode ser visualizado na Figura 23.

Figura 23 – Mapa do estado futuro



Fonte: Do autor (2021).

4.5.5 Simulação do mapeamento do fluxo de valor futuro

Para a construção da simulação do mapeamento do fluxo de valor futuro, utilizou-se o mesmo cenário da simulação do estado atual, entretanto, foi necessário adequá-lo de acordo com as melhorias estipuladas neste estudo.

Inicialmente, encontraram-se o histograma e o modelo da distribuição estatística dos novos tempos coletados para o agrupamento de processos (APÊNDICES D; E). O restante das etapas manuais do sistema produtivo manteve seus tempos de operações, mas, com relação aos recursos que dependem de tempo de ciclo para a realização da ação sobre o produto, os tempos foram adaptados conforme o *takt time* e a capacidade da máquina.

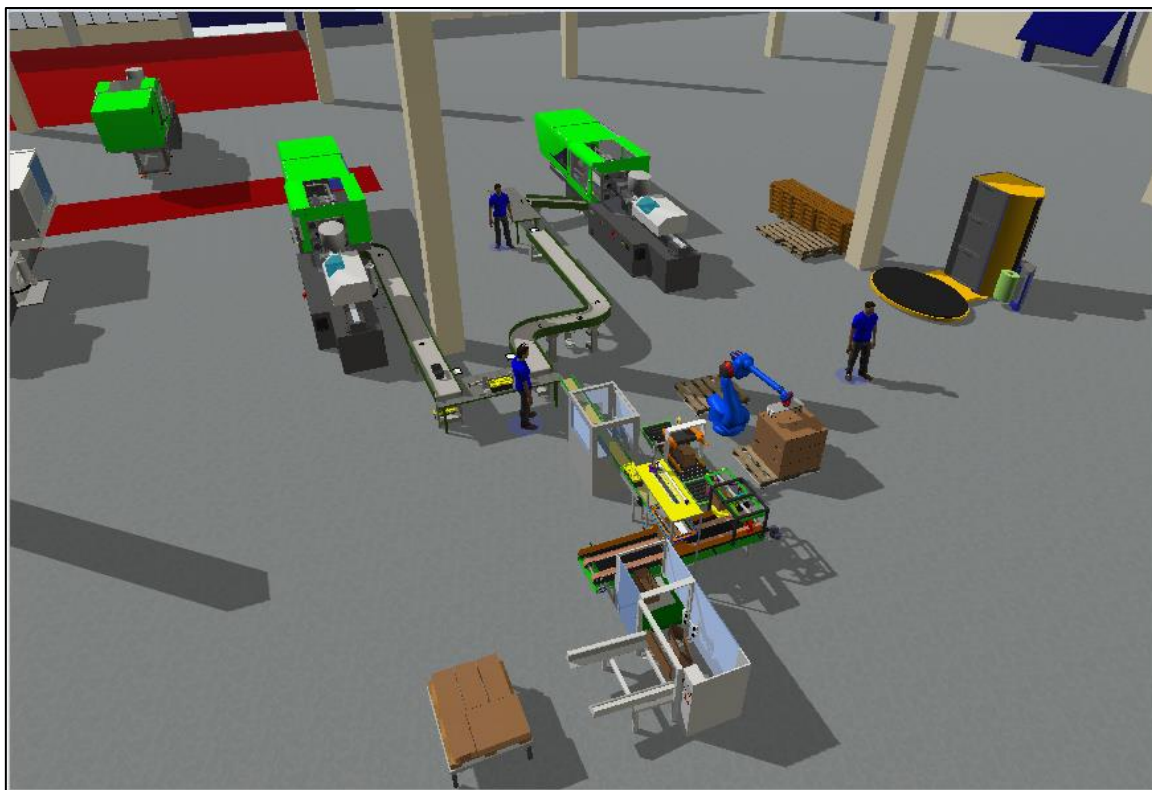
Com todos os dados de entrada do modelo computacional do estado futuro já estabelecidos e tratados, iniciou-se a construção do modelo computacional, que partiu dos princípios da simulação do mapeamento do fluxo de valor atual. Utilizou-se como base a planta baixa e a elevação dos blocos do setor de injetoras, mostrando ser possível alocar os recursos conforme o mapeamento do fluxo de valor futuro.

Inicialmente, o recurso responsável pela injeção da tampa foi deslocado para ficar mais próximo ao processo de injeção do baú. Consequentemente, a operação de montagem da tampa acompanhou essa mudança de layout.

Para estabelecer um fluxo contínuo, foram integradas esteiras que permitem a condução da tampa montada e do baú em direção ao agrupamento de processos. Em seguida, foram alocadas as máquinas responsáveis pelas etapas finais do sistema de fabricação.

Todo o processo produtivo foi integrado no pavilhão 1, sendo necessários apenas três colaboradores para o seu funcionamento: dois colaboradores para a obra de mão de obra direta e um colaborador de mão de obra indireta. A Figura 24 apresenta a construção do modelo computacional do sistema produtivo do estado futuro.

Figura 24 – Modelo computacional do estado futuro



Fonte: Do autor (2021).

A verificação do modelo computacional futuro foi realizada utilizando o mesmo método da simulação do mapeamento do fluxo de valor atual. Após finalizar a construção, realizou-se uma simulação correspondente a 2,2 dias de processo, sendo esse o tempo de trabalho encontrado na simulação do mapeamento de fluxo de valor atual e, com isso, foi possível comprovar se o modelo estava de acordo com as expectativas da direção da empresa TG, no que diz respeito ao fluxo do material.

Com a simulação, coletaram-se os dados da capacidade do sistema produtivo e transformaram-nos em dados para a validação do modelo operacional, que partiu das questões de pesquisa estabelecidas para a construção do estado futuro. Na Figura 25 é possível verificar a capacidade produtiva obtida mediante a simulação do estado futuro.

Figura 25 – Capacidade produtiva do estado futuro obtida através da simulação

Performance Measures		Dashboard Statistics		Statistics Tables		Console Output	
PerformanceMeasure2		Data Summary		Mean Based on		90% Confidence	
PerformanceMeasure2							
	Mean (90% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max	
Scenario 1	5965.00	<	5965.80	<	5966.60	0.84	5965.00 5967.00

Fonte: Do autor (2021).

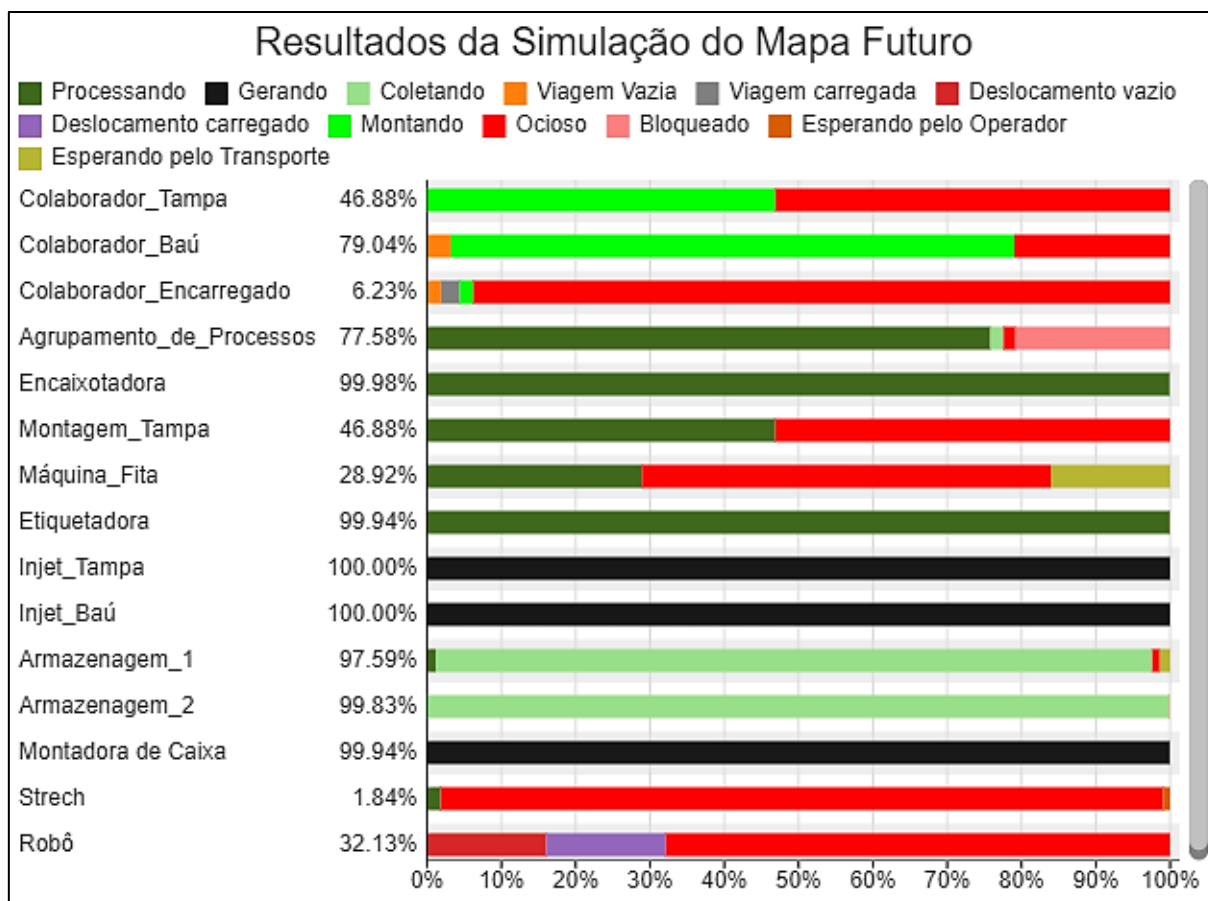
Diante dos indicadores encontrados, evidenciou-se que o estado futuro trabalhará com uma capacidade média de produção de 5.965,80 unidades, representando um incremento de 51,63% sobre o valor encontrado no estado atual. Além disso, o valor de *takt time* encontrado na simulação foi de 31,85 segundos, um valor inferior ao estipulado para o atendimento da demanda futura, que foi de 32,40 segundos, comprovando, com isso, que é possível concretizar a validação do sistema produtivo.

Para a análise dos resultados da simulação do estado futuro, considerou-se a fabricação de um lote que contém a quantidade da demanda almejada. Os recursos de fabricação analisados foram: injeção e montagem da tampa, injeção do baú, agrupamento de processos, máquina de etiquetar, máquina encaixotadora, máquina montadora de caixa de papelão, máquina de passar fita, robô, armazenagem do produto acabado no palete, máquina de estrechamento do palete.

Além dos processos de fabricação, também foram levados em consideração os colaboradores. Esse novo cenário é composto por apenas três colaboradores: um para a montagem da tampa, outro para o agrupamento dos processos, e um colaborador (encarregado) para o transporte do produto acabado até o estrechamento do palete e a alocação no estoque que aguarda pelo transporte para o centro logístico, além de incorporar e retirar os paletes do sistema produtivo.

Diante disso, apresentam-se os resultados da simulação do estado futuro considerando as condições do sistema produtivo. O Gráfico 5 indica o percentual de tempo gasto pelos recursos em diferentes atividades futuras.

Gráfico 5 – Percentual de tempo gasto pelo recurso em diferentes atividades futuras



Fonte: Do autor (2021).

Com os dados da simulação emitidos pelo software Flexsim, evidencia-se a porcentagem de agregação de valor e perdas integradas nos recursos no estado futuro. Os resultados apresentados indicam se o recurso utiliza a sua capacidade máxima de atuação e, em caso contrário, demonstra quais são os fatores que o impedem. Na Tabela 5 demonstra-se o percentual de perdas encontradas no sistema produtivo futuro.

Tabela 5 – Percentual de perdas encontradas no sistema produtivo futuro

RECURSO	Viagem ou deslocamento vazia	Viagem ou deslocamento carregado	Coletando	Ocioso	Bloqueado	Espera operador	Espera transporte	Total de Perdas
Colaborador tampa	-	-	-	53,12%	-	-	-	53,12%
Colaborador baú	3,21%	-	-	20,96%	-	-	-	24,17%
Colaborador encarregado	1,91%	2,48%	-	-	-	-	-	4,39%
Agrupamento de processos	-	-	1,75%	1,63%	20,80%	-	-	24,18%
Encaixotadora	-	-	-	0,07%	-	-	-	0,07%
Montagem tampa	-	-	-	53,12%	-	-	-	53,12%
Máquina fita	-	-	-	55,02%	-	-	16,06%	71,08%
Etiquetadora	-	-	-	0,06%	-	-	-	0,06%
Injetora tampa	-	-	-	-	-	-	-	0%
Injetora baú	-	-	-	-	-	-	-	0%
Armazenagem 1	-	-	96,44%	1,02%	-	-	1,39%	98,85%
Armazenagem 2	-	-	99,80%	-	-	-	-	99,80%
Montadora de caixa	-	-	-	0,06%	-	-	-	0,06%
<i>Strech</i>	-	-	-	97,95%	-	-	0,91%	98,86%
Robô	16,06%	-	-	67,87%	-	-	-	83,93%

Fonte: Do autor (2021).

No caso do colaborador encarregado, não será considerada a sua ociosidade, assim como foi feito durante a simulação do estado atual.

4.6 Análise dos sistemas produtivos: atual e futuro

Para desenvolver um comparativo entre os dois cenários, dividiu-se esse momento em duas partes: a primeira delas consiste em uma análise do mapeamento de fluxo de valor, enquanto que a segunda se refere aos resultados obtidos com a simulação.

Na análise do mapeamento de fluxo de valor atual, observou-se que o sistema produtivo possui diversas perdas inseridas. Essas perdas impactam diretamente no *lead time*, que é de 365.243,74 segundos, e no tempo de valor agregado, que é de 189,26 segundos. Destaca-se que esse tempo envolve cinco colaboradores distribuídos nas 11 atividades identificadas no mapeamento de fluxo de valor atual.

A análise do mapeamento de fluxo de valor futuro, com a integração das ferramentas da produção enxuta, resultou na redução de perdas. Com isso, o *lead time* passou para 262.518,6 segundos, e o tempo de valor agregado para 194,54 segundos, ou seja, aumentou-se o tempo de valor agregado por meio da retirada de atividades desnecessárias, impactando, ainda, no número de colaboradores envolvidos no processo produtivo, que foram reduzidos de cinco para três. Além disso, no mapeamento de fluxo de valor futuro foram identificadas dez atividades de agregação de valor ao produto.

O comparativo entre os resultados obtidos nas simulações possibilitou estabelecer o percentual de redução de perdas em cada recurso do processo produtivo, que foram possíveis graças à interação das ideias da produção enxuta com a construção do estado futuro.

A Tabela 6 apresenta a porcentagem de perdas reduzidas na construção do novo fluxo de valor das caixas plásticas para ferramentas.

Tabela 6 – Perdas reduzidas pela integração de ideias da produção enxuta

RECURSO	Viagem vazia	Viagem carregada	Coletando	Ociosos	Bloqueado	Esperando pelo operador	Esperando pelo transporte	TOTAL DE PERDAS
Colaborador tampa	3,45%	3,60%	-	-	-	-	-	7,05%
Colaborador baú	12,91%	7,22%	-	-	-	-	-	20,13%
Colaborador encarregado	-	-	-	-	-	-	-	0%
Colaborador montagem	43,77%	7,33%	-	6,32%	-	-	-	57,42%
Colaborador montagem 2	17,04%	7,25%	-	67,82%	0,57%	-	-	92,68%
Montagem tampa + baú	-	-	5,66%	32,09%	-	-	6,36%	44,11%
Embalagem	-	-	47,34%	11,91%	-	-	-	59,25%
Montagem tampa	-	-	-	-	-	-	3,42%	3,42%
Eixo metálico	-	-	-	24,90%	-	13,24%	47,81%	85,95%
Máquina fita	-	-	-	-	-	14,91%	30,99%	45,90%
Bandeja	-	-	-	34,73%	-	-	46,37%	81,10%
Etiquetagem	-	-	-	22,36%	32,03%	-	14,97%	69,36%
<i>Strech</i>	-	-	-	-	-	2,24%	1,18%	3,42%
Injetora tampa	-	-	-	-	-	-	-	0,00%
Injetora baú	-	-	-	-	4,32%	-	-	4,32%
Armazenagem 1	-	-	-	1,02%	-	-	-	1,02%
Armazenagem 2	-	-	-	-	-	-	-	0%

Fonte: Do autor (2021)

5 CONCLUSÃO

Com a análise do mapeamento de fluxo de valor e da simulação, evidenciaram-se grandes perdas integradas no sistema produtivo de injeção de caixas plásticas para ferramentas. Essas perdas são ocasionadas por diversos fatores, e um deles é o modelo de processamento utilizado pela empresa, que, atualmente, necessita de armazenagem dos componentes em todas as etapas produtivas, gerando estoques intermediários e acarretando em transportes, movimentações e esperas que não agregam valor ao produto final. O modelo produtivo utilizado gera uma superprodução devido ao desbalanceamento dos processos e impacta, inclusive, na geração de lotes defeituosos, uma vez que a inspeção de qualidade é realizada por amostragem.

A partir das perdas evidenciadas no mapeamento de fluxo de valor atual e na simulação do estado atual, desenvolveu-se um mapeamento do fluxo de valor futuro no qual foram aplicadas ideias da produção enxuta, como: *takt time*, fluxo contínuo, melhoramento de processo, ponto único de programação e sistema puxado. Para a construção do mapeamento de fluxo de valor futuro, realizou-se o balanceamento e o agrupamento de atividades para a aproximação dos processos.

A aplicação do estado futuro é uma alternativa para reduzir as perdas evidenciadas no estado atual. Prova disso são as alterações no sistema produtivo que impactaram na redução do *lead time*, no tempo de agregação de valor do produto, no número de colaboradores envolvidos no processo produtivo e, além disso, promoveram a redução das perdas.

A integração das ferramentas do mapeamento de fluxo de valor e da simulação, possibilita duas visões do sistema de manufatura. A primeira, permite visualizar as condições atuais do processo produtivo, evidenciando falhas que passam despercebidas no dia a dia. A segunda, é a visualização prévia de possíveis alterações no cenário produtivo, que possibilita verificar e quantificar a viabilidade das alterações.

Com a aplicação deste estudo, conclui-se que perdas sempre existirão nos processos produtivos, mas melhorias que visem à redução do *lead time* podem ser realizadas. Comprovou-se, ainda, que reduzir perdas no processo produtivo é, sim, uma forma de atender a demanda dos clientes com maior eficiência e agilidade.

REFERÊNCIAS

ABDULMALEK, F. A.; RAJGOPAL, J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. **International Journal of Production Economics**, [S. l.], v. 107, n. 1, p. 223-236, 2007. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez316.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0925527306002258?via%3Dihub>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

ANDRADE, E. L. D. **Introdução à pesquisa operacional: Métodos e modelos para análise de decisões**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO – ABIPLAST. **Perfil da Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico**. 2014. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/download/links/2015/perfil_abiplast_2014_web.pdf>. Acesso em: 03 out. 2020.

BATEMAN, E. et al. **Simulação de sistemas: aprimorando procesos de logística, serviços e manufatura**. Tradução de Alain de Norman et d" Audenhove. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicação**. São Paulo: do Autor, 2010.

DENNIS, P. **Produção Lean simplificada**. Tradução de Rosalia Angelita Neumann Garcia. Porto Alegre: [s. n.], 2008.

DETTY, R. B.; YINGLING, J. C. Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrte event simulation: A case study. **International Journal Of Production Research**, [S. l.], v. 38, n. 2, p. 429-445, nov. 2000. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1080/002075400189509>>. Acesso em: 17 set. 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. E-book. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2020.

- HINES, P.; RICH, N. The seven value stream mapping tools. **International Journal of Operations & Productions Management**, [S. l.], v. 17, p. 46-64, 1997. Disponível em: <<https://www-emerald.ez316.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/01443579710157989/full.html>>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- IMAI, M. **A estratégia para o sucesso competitivo**. 5. ed. São Paulo: IMAM, 1994.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. E-book. Disponível em: <http://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india/view>. Acesso em: 25 set. 2020.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2000.
- MCDONALD, T.; AKEN, E. M. V.; RENTES, A. F. Utilising Simulation to Enhance Value Stream mapping: A Manufacturing Case Application. **International Journal of Logistics Research and Application**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 213-232, 2 nov. 2002. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/10.1080/13675560210148696>>. Acesso em: 17 set. 2020.
- MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada ao just-in-time**. Tradução de Ronald Saraiva de Menezes. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**. Tradução de Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- ORTIZ, C. A. **Kaizen e implementação de eventos kaizen**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. E-book. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577807390/cfi/3!/4/4@0.00:48.1>>. Acesso em: 30 maio 2021.
- PASQUALINI, F.; ZAWISLAK, P. A. Value stream mapping in construction: A case study in a Brazilian construction company. In: **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, Sydney, n. 13, p. 19-21, jul. 2005. Disponível em: <https://leanconstruction.org.uk/wp-content/uploads/2018/10/Pasqualini-and-Zawislak-2005-Value-Stream-Mapping-in-Construction_-A-Case-Study-in-a-Brazilian-Construction-Company.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.
- PRADELLA, S.; FURTADO, J. C.; KIPPER, L. M. **Gestão de processos: da teoria à prática**. São Paulo: Atlas, 2016. E-book. Disponível em: <<http://www.univates.br/biblioteca>>. Acesso em: 23 set. 2020.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. E-book. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2020.

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

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

SAMARA, B. S.; BARROS, J. C. D. **Pesquisa de marketing**: Conceitos e metodologia. 3. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. E-book. Disponível em: <http://univates.bv3.digitalpages.com.br/users/publications/9788587918260/pages/_1>. Acesso em: 27 set. 2020.

SHIMOKAWA, K.; FUJIMOTO, T. **O nascimento Lean**: conversas com Taiichi Ohno, Eiji Toyoda e outras pessoas que deram forma ao modelo Toyota de gestão. Tradução de Félix José Nonnenmacher. Porto Alegre: Bookman, 2011.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Tradução de Eduardo Schaan. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

_____. **O Sistema Toyota de Produção**: o ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 2007. E-book. Disponível em: <<http://www.univates.br/biblioteca>>. Acesso em: 24 set. 2020.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHSTON, R. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018. E-book. Disponível em: <<http://www.univates.br/biblioteca>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção**: teoria e prática. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017. E-book. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597013726/cfi/6/10!/4/10@0:0>>. Acesso em: 30 maio 2021.

VENTURA, M. M. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **SOCERJ**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p. 383-386, set. 2007. Disponível em: <http://sociedades.cardiol.br/socerj/revista/2007_05/a2007_v20_n05_art10.pdf>. Acesso em: 27 set. 2020.

VILLELLA, C. S. S. **Mapeamento de processos como ferramenta de reestruturação e aprendizado organizacional**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/78638/171890.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 set. 2020.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine os desperdícios e crie riqueza. Tradução de Priscilla Martins Celeste e Ana Beatriz Rodrigues. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

_____. **Soluções enxutas**: como empresas e clientes podem juntos criar valor e riqueza. Tradução de Nivaldo Montingelli. Rio de Janeiro: Elsevier Campus, 2006.

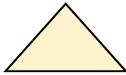
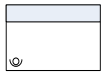
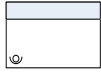
WOMACK, P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Tradução de Ivo Korytowski. 10. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

APÊNDICE A – ROTEIRO DO FLUXO DO MATERIAL

Roteiro do fluxo do material desenvolvido na fabricação das caixas plásticas para ferramentas no setor de injetoras							
Etapa	Ícone	Atividade	Operação	Transporte	Espera	Inspeção	Armazenagem
1		Componentes são enviados dos clientes para o setor de injetoras		X			
2		Estoque de componentes no setor de injetoras			X		
3		Injeção da tampa principal 17'	X				
4		A tampa principal é conduzida para a área de montagem através de uma esteira		X			
5		Montagem da tampa principal 17'	X				
6		Estoque de tampa é montada em um estaleiro			X		

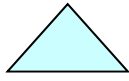
(Continua...)

(Continuação)

Roteiro do fluxo do material desenvolvido na fabricação das caixas plásticas para ferramentas no setor de injetoras							
Etapa	Ícone	Atividade	Operação	Transporte	Espera	Inspeção	Armazenagem
7		Estaleiro completo de tampa principal 17' é empurrado para um estoque maior		X			
8		Estoque de tampa montada 17', aguardando para ser encaminhada para a próxima etapa			X		
9		Estoque de tampa principal 17' montada sendo empurrada para o processo de injeção de baú		X			
10		Injeção do baú 17'	X				
11		O baú 17' é conduzido para a área de montagem através de uma esteira		X			
12		Montagem do Baú 17' + tampa principal 17'	X				
13		Estoque da tampa principal 17'+ baú 17' em um estaleiro			X		

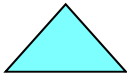
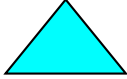
(Continua...)

(Continuação)

Roteiro do fluxo do material desenvolvido na fabricação das caixas plásticas para ferramentas no setor de injetoras							
Etapa	Ícone	Atividade	Operação	Transporte	Espera	Inspeção	Armazenagem
14		Estaleiro completo de tampa principal 17' + baú 17' são empurrados para um estoque maior		X			
15		Estoque de tampa principal 17' + baú 17' no pavilhão 1			X		
16		Estaleiro completo de tampa principal 17' + baú 17' são empurrados para o pavilhão 2		X			
17		Estoque de tampa principal 17' + baú 17' no pavilhão 2			X		
18		Empurra estoque de tampa principal 17' + baú para o processo de colocação da etiqueta		X			
19		Colocação da etiqueta 17'	X				
20		Estoque da tampa principal 17' + baú 17' + etiqueta + trava metálica			X		
21		Empurra etapa 51 para o processo de colocação do eixo metálico		X			

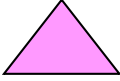
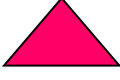
(Continua...)

(Continuação)

Roteiro do fluxo do material desenvolvido na fabricação das caixas plásticas para ferramentas no setor de injetoras							
Etapa	Ícone	Atividade	Operação	Transporte	Espera	Inspeção	Armazenagem
22		Colocação do eixo metálico 17'	X				
23		Estoque da caixa plástica para ferramenta montada			X		
24		Empurra etapa 54 para processo de colocação da bandeja		X			
25		Colocação da bandeja	X				
26		Estoque do produto acabado pronto para ser embalado			X		
27		Empurra etapa 57 para o processo de embalagem		X			
28		Processo de embalagem	X				
29		Estoque do produto encaixotado			X		
30		Empurra etapa 60 para o processo de fechamento da caixa		X			
31		Fechamento da caixa por meio da máquina de passar fita	X				

(Continua...)

(Conclusão)

Roteiro do fluxo do material desenvolvido na fabricação das caixas plásticas para ferramentas no setor de injetoras							
Etapa	Ícone	Atividade	Operação	Transporte	Espera	Inspeção	Armazenagem
32		Estoque do produto encaixotado para ser paletizado			X		
33		Transporte das caixas para uma paletização manual		X			
34		Paletização do produto acabado	X				
35		Estoque de material acabado no palete			X		
36		Empurra etapa 66 para o processo de plastificação do palete		X			
37		Plastificação do palete	X				
38		Empurra para o local de transporte os paletes que já sofreram a plastificação		X			
39		Estoque de produto acabado no pavilhão 2			X		
40		Produtos acabados para clientes		X			

Fonte: Do autor (2021).

APÊNDICE B – DADOS COLETADOS NOS PROCESSOS DAS CAIXAS PLÁSTICAS

a) Etiquetar

36) 00:00:07.303 / 00:08:17.378	29) 00:00:07.621 / 00:06:51.858	65) 00:00:10.404 / 00:16:34.299
Slowest:	30) 00:00:13.444 / 00:07:05.302	66) 00:00:10.218 / 00:16:44.517
48) 00:00:28.817 / 00:11:52.244	31) 00:00:13.830 / 00:07:19.132	67) 00:00:11.001 / 00:16:55.518
Average:	32) 00:00:14.853 / 00:07:33.985	68) 00:00:12.443 / 00:17:07.961
00:15.845	33) 00:00:10.868 / 00:07:44.853	69) 00:00:22.255 / 00:17:30.216
1) 00:00:11.973 / 00:00:11.973	34) 00:00:13.444 / 00:07:58.297	70) 00:00:17.486 / 00:17:47.702
2) 00:00:12.319 / 00:00:24.292	35) 00:00:11.778 / 00:08:10.075	71) 00:00:16.509 / 00:18:04.211
3) 00:00:12.647 / 00:00:36.939	36) 00:00:07.303 / 00:08:17.378	72) 00:00:22.534 / 00:18:26.745
4) 00:00:16.719 / 00:00:53.658	37) 00:00:28.431 / 00:08:45.809	73) 00:00:16.463 / 00:18:43.208
5) 00:00:09.509 / 00:01:03.167	38) 00:00:08.468 / 00:08:54.277	74) 00:00:17.825 / 00:19:01.033
6) 00:00:15.354 / 00:01:18.521	39) 00:00:27.134 / 00:09:21.411	75) 00:00:13.925 / 00:19:14.958
7) 00:00:11.430 / 00:01:29.951	40) 00:00:15.380 / 00:09:36.791	76) 00:00:16.487 / 00:19:31.445
8) 00:00:23.077 / 00:01:53.028	41) 00:00:13.824 / 00:09:50.615	77) 00:00:17.571 / 00:19:49.016
9) 00:00:18.492 / 00:02:11.520	42) 00:00:13.835 / 00:10:04.450	78) 00:00:11.885 / 00:20:00.901
10) 00:00:12.661 / 00:02:24.181	43) 00:00:14.251 / 00:10:18.701	79) 00:00:22.952 / 00:20:23.853
11) 00:00:13.413 / 00:02:37.594	44) 00:00:19.731 / 00:10:38.432	80) 00:00:17.716 / 00:20:41.569
12) 00:00:17.503 / 00:02:55.097	45) 00:00:10.113 / 00:10:48.545	81) 00:00:27.786 / 00:21:09.355
13) 00:00:14.009 / 00:03:09.106	46) 00:00:16.012 / 00:11:04.557	82) 00:00:15.442 / 00:21:24.797
14) 00:00:11.608 / 00:03:20.714	47) 00:00:18.870 / 00:11:23.427	83) 00:00:21.993 / 00:21:46.790
15) 00:00:11.003 / 00:03:31.717	48) 00:00:28.817 / 00:11:52.244	84) 00:00:17.689 / 00:22:04.479
16) 00:00:10.120 / 00:03:41.837	49) 00:00:17.714 / 00:12:09.958	85) 00:00:15.788 / 00:22:20.267
17) 00:00:14.222 / 00:03:56.059	50) 00:00:13.871 / 00:12:23.829	86) 00:00:14.916 / 00:22:35.183
18) 00:00:12.429 / 00:04:08.488	51) 00:00:14.746 / 00:12:38.575	87) 00:00:14.732 / 00:22:49.915
19) 00:00:11.257 / 00:04:19.745	52) 00:00:20.215 / 00:12:58.790	88) 00:00:18.032 / 00:23:07.947
20) 00:00:11.326 / 00:04:31.071	53) 00:00:13.828 / 00:13:12.618	89) 00:00:13.428 / 00:23:21.375
21) 00:00:16.859 / 00:04:47.930	54) 00:00:16.430 / 00:13:29.048	90) 00:00:28.637 / 00:23:50.012
22) 00:00:18.805 / 00:05:06.735	55) 00:00:18.763 / 00:13:47.811	91) 00:00:14.173 / 00:24:04.185
23) 00:00:14.215 / 00:05:20.950	56) 00:00:17.386 / 00:14:05.197	92) 00:00:15.420 / 00:24:19.605
24) 00:00:07.339 / 00:05:28.289	57) 00:00:18.989 / 00:14:24.186	93) 00:00:20.235 / 00:24:39.840
25) 00:00:08.256 / 00:05:36.545	58) 00:00:19.365 / 00:14:43.551	94) 00:00:18.509 / 00:24:58.349
26) 00:00:17.510 / 00:05:54.055	59) 00:00:13.726 / 00:14:57.277	95) 00:00:15.658 / 00:25:14.007
27) 00:00:28.474 / 00:06:22.529	60) 00:00:15.945 / 00:15:13.222	96) 00:00:12.418 / 00:25:26.425
28) 00:00:21.708 / 00:06:44.237	61) 00:00:17.746 / 00:15:30.968	97) 00:00:13.083 / 00:25:39.508
	62) 00:00:20.177 / 00:15:51.145	98) 00:00:11.816 / 00:25:51.324
	63) 00:00:19.242 / 00:16:10.387	99) 00:00:15.971 / 00:26:07.295
	64) 00:00:13.508 / 00:16:23.895	100) 00:00:10.013 / 00:26:17.308

b) Embalar

Average: 00:19.751			34) 00:00:20.012 / 00:12:38.582	68) 00:00:17.260 / 00:23:34.193
1) 00:00:20.758 / 00:00:20.758	35) 00:00:00.246 / 00:12:38.828	69) 00:00:19.412 / 00:23:53.605		
2) 00:00:33.998 / 00:00:54.756	36) 00:00:00.387 / 00:12:39.215	70) 00:00:24.639 / 00:24:18.244		
3) 00:00:21.816 / 00:01:16.572	37) 00:00:17.616 / 00:12:56.831	71) 00:00:26.419 / 00:24:44.663		
4) 00:00:24.148 / 00:01:40.720	38) 00:00:12.505 / 00:13:09.336	72) 00:00:00.950 / 00:24:45.613		
5) 00:00:28.115 / 00:02:08.835	39) 00:00:18.917 / 00:13:28.253	73) 00:00:19.416 / 00:25:05.029		
6) 00:00:24.424 / 00:02:33.259	40) 00:00:42.619 / 00:14:10.872	74) 00:00:09.627 / 00:25:14.656		
7) 00:00:14.303 / 00:02:47.562	41) 00:00:19.022 / 00:14:29.894	75) 00:00:18.534 / 00:25:33.190		
8) 00:00:14.420 / 00:03:01.982	42) 00:00:21.243 / 00:14:51.137	76) 00:00:17.715 / 00:25:50.905		
9) 00:00:17.724 / 00:03:19.706	43) 00:00:16.706 / 00:15:07.843	77) 00:00:14.302 / 00:26:05.207		
10) 00:00:26.358 / 00:03:46.064	44) 00:00:24.170 / 00:15:32.013	78) 00:00:00.528 / 00:26:05.735		
11) 00:00:11.696 / 00:03:57.760	45) 00:00:19.449 / 00:15:51.462	79) 00:00:09.944 / 00:26:15.679		
12) 00:00:31.920 / 00:04:29.680	46) 00:00:26.453 / 00:16:17.915	80) 00:00:19.493 / 00:26:35.172		
13) 00:00:31.822 / 00:05:01.502	47) 00:00:16.514 / 00:16:34.429	81) 00:00:13.316 / 00:26:48.488		
14) 00:00:15.673 / 00:05:17.175	48) 00:00:23.600 / 00:16:58.029	82) 00:00:21.292 / 00:27:09.780		
15) 00:00:22.591 / 00:05:39.766	49) 00:00:22.193 / 00:17:20.222	83) 00:00:13.114 / 00:27:22.894		
16) 00:00:17.697 / 00:05:57.463	50) 00:00:21.805 / 00:17:42.027	84) 00:00:18.852 / 00:27:41.746		
17) 00:00:16.317 / 00:06:13.780	51) 00:00:11.946 / 00:17:53.973	85) 00:00:13.035 / 00:27:54.781		
18) 00:00:28.929 / 00:06:42.709	52) 00:00:11.522 / 00:18:05.495	86) 00:00:18.293 / 00:28:13.074		
19) 00:00:15.249 / 00:06:57.958	53) 00:00:16.029 / 00:18:21.524	87) 00:00:25.582 / 00:28:38.656		
20) 00:00:35.897 / 00:07:33.855	54) 00:00:19.565 / 00:18:41.089	88) 00:00:25.521 / 00:29:04.177		
21) 00:00:24.488 / 00:07:58.343	55) 00:00:15.070 / 00:18:56.159	89) 00:00:15.198 / 00:29:19.375		
22) 00:00:28.972 / 00:08:27.315	56) 00:00:23.411 / 00:19:19.570	90) 00:00:47.858 / 00:30:07.233		
23) 00:00:34.397 / 00:09:01.712	57) 00:00:24.101 / 00:19:43.671	91) 00:00:19.234 / 00:30:26.467		
24) 00:00:26.995 / 00:09:28.707	58) 00:00:24.422 / 00:20:08.093	92) 00:00:20.010 / 00:30:46.477		
25) 00:00:19.729 / 00:09:48.436	59) 00:00:16.982 / 00:20:25.075	93) 00:00:16.916 / 00:31:03.393		
26) 00:00:23.356 / 00:10:11.792	60) 00:00:18.364 / 00:20:43.439	94) 00:00:15.926 / 00:31:19.319		
27) 00:00:20.620 / 00:10:32.412	61) 00:00:17.468 / 00:21:00.907	95) 00:00:24.073 / 00:31:43.392		
28) 00:00:18.328 / 00:10:50.740	62) 00:00:53.905 / 00:21:54.812	96) 00:00:16.837 / 00:32:00.229		
29) 00:00:18.760 / 00:11:09.500	63) 00:00:12.898 / 00:22:07.710	97) 00:00:26.467 / 00:32:26.696		
30) 00:00:12.972 / 00:11:22.472	64) 00:00:14.384 / 00:22:22.094	98) 00:00:14.615 / 00:32:41.311		
31) 00:00:14.596 / 00:11:37.068	65) 00:00:11.103 / 00:22:33.197	99) 00:00:20.682 / 00:33:01.993		
32) 00:00:24.384 / 00:12:01.452	66) 00:00:15.927 / 00:22:49.124	100) 00:00:13.855 / 00:33:15.848		
33) 00:00:17.118 / 00:12:18.570	67) 00:00:27.809 / 00:23:16.933	101) 00:00:13.734 / 00:33:29.582		
	68) 00:00:17.260 / 00:23:34.193			

c) Colocação do eixo metálico

Average: 00:05.910			28) 00:00:06.664 / 00:02:39.408	57) 00:00:06.875 / 00:05:55.998	86) 00:00:04.159 / 00:08:33.813
1) 00:00:06.595 / 00:00:06.595	29) 00:00:05.961 / 00:02:45.369	58) 00:00:05.112 / 00:06:01.110	87) 00:00:04.583 / 00:08:38.396		
2) 00:00:05.608 / 00:00:12.203	30) 00:00:08.076 / 00:02:53.445	59) 00:00:03.778 / 00:06:04.888	88) 00:00:05.293 / 00:08:43.689		
3) 00:00:06.311 / 00:00:18.514	31) 00:00:06.805 / 00:03:00.250	60) 00:00:05.285 / 00:06:10.173	89) 00:00:05.921 / 00:08:49.610		
4) 00:00:05.353 / 00:00:23.867	32) 00:00:06.347 / 00:03:06.597	61) 00:00:04.793 / 00:06:14.966	90) 00:00:04.623 / 00:08:54.233		
5) 00:00:05.284 / 00:00:29.151	33) 00:00:07.442 / 00:03:14.039	62) 00:00:05.772 / 00:06:20.738	91) 00:00:05.541 / 00:08:59.774		
6) 00:00:05.428 / 00:00:34.579	34) 00:00:08.606 / 00:03:22.645	63) 00:00:04.937 / 00:06:25.675	92) 00:00:06.138 / 00:09:05.912		
7) 00:00:06.062 / 00:00:40.641	35) 00:00:05.329 / 00:03:27.974	64) 00:00:05.528 / 00:06:31.203	93) 00:00:05.083 / 00:09:10.995		
8) 00:00:06.238 / 00:00:46.879	36) 00:00:05.042 / 00:03:33.016	65) 00:00:07.087 / 00:06:38.290	94) 00:00:06.312 / 00:09:17.307		
9) 00:00:06.739 / 00:00:53.618	37) 00:00:06.350 / 00:03:39.366	66) 00:00:04.901 / 00:06:43.191	95) 00:00:07.127 / 00:09:24.434		
10) 00:00:06.277 / 00:00:59.895	38) 00:00:05.087 / 00:03:44.453	67) 00:00:05.493 / 00:06:48.684	96) 00:00:05.150 / 00:09:29.584		
11) 00:00:05.286 / 00:01:05.181	39) 00:00:05.220 / 00:03:49.673	68) 00:00:06.173 / 00:06:54.857	97) 00:00:05.745 / 00:09:35.329		
12) 00:00:07.257 / 00:01:12.438	40) 00:00:08.715 / 00:03:58.388	69) 00:00:08.149 / 00:07:03.006	98) 00:00:03.279 / 00:09:38.608		
13) 00:00:07.758 / 00:01:20.196	41) 00:00:05.111 / 00:04:03.499	70) 00:00:03.741 / 00:07:06.747	99) 00:00:05.531 / 00:09:44.139		
14) 00:00:05.648 / 00:01:25.844	42) 00:00:07.264 / 00:04:10.763	71) 00:00:06.949 / 00:07:13.696	100) 00:00:06.880 / 00:09:51.019		
15) 00:00:08.396 / 00:01:34.240	43) 00:00:05.602 / 00:04:16.365	72) 00:00:04.970 / 00:07:18.666			
16) 00:00:04.973 / 00:01:39.213	44) 00:00:11.034 / 00:04:27.399	73) 00:00:06.770 / 00:07:25.436			
17) 00:00:05.565 / 00:01:39.778	45) 00:00:07.229 / 00:04:34.628	74) 00:00:04.869 / 00:07:30.305			
18) 00:00:05.324 / 00:01:45.102	46) 00:00:06.838 / 00:04:41.466	75) 00:00:06.803 / 00:07:37.108			
19) 00:00:05.608 / 00:01:50.710	47) 00:00:06.311 / 00:04:47.777	76) 00:00:04.546 / 00:07:41.654			
20) 00:00:07.442 / 00:01:58.152	48) 00:00:05.895 / 00:04:53.672	77) 00:00:03.882 / 00:07:45.536			
21) 00:00:04.725 / 00:02:02.877	49) 00:00:05.817 / 00:04:59.489	78) 00:00:04.975 / 00:07:50.511			
22) 00:00:05.857 / 00:02:08.734	50) 00:00:05.997 / 00:05:05.486	79) 00:00:06.243 / 00:07:56.754			
23) 00:00:04.835 / 00:02:13.569	51) 00:00:13.991 / 00:05:19.477	80) 00:00:05.711 / 00:08:02.465			
24) 00:00:04.793 / 00:02:18.362	52) 00:00:04.406 / 00:05:23.883	81) 00:00:04.619 / 00:08:07.084			
25) 00:00:04.862 / 00:02:23.224	53) 00:00:06.837 / 00:05:30.720	82) 00:00:06.311 / 00:08:13.395			
26) 00:00:04.444 / 00:02:27.668	54) 00:00:05.004 / 00:05:35.724	83) 00:00:04.936 / 00:08:18.331			
27) 00:00:05.076 / 00:02:32.744	55) 00:00:06.522 / 00:05:42.246	84) 00:00:05.217 / 00:08:23.548			
	56) 00:00:06.877 / 00:05:49.123	85) 00:00:06.106 / 00:08:29.654			

d) Montagem da tampa principal

Average: 00:17.260			
1) 00:00:28.785 / 00:00:28.785	28) 00:00:12.835 / 00:09:14.005	57) 00:00:14.103 / 00:17:37.664	85) 00:00:25.702 / 00:24:47.749
2) 00:00:18.318 / 00:00:47.103	29) 00:00:18.973 / 00:09:32.978	58) 00:00:13.048 / 00:17:50.712	86) 00:00:17.173 / 00:25:04.922
3) 00:00:14.201 / 00:01:01.304	30) 00:00:18.415 / 00:09:51.393	59) 00:00:14.668 / 00:18:05.380	87) 00:00:12.696 / 00:25:17.618
4) 00:00:14.449 / 00:01:15.753	31) 00:01:19.578 / 00:11:10.971	60) 00:00:20.173 / 00:18:25.553	88) 00:00:13.044 / 00:25:30.662
5) 00:00:14.871 / 00:01:30.624	32) 00:00:17.104 / 00:11:28.075	61) 00:00:11.850 / 00:18:37.403	89) 00:00:22.777 / 00:25:53.439
6) 00:00:14.345 / 00:01:44.969	33) 00:00:12.519 / 00:11:40.594	62) 00:00:13.402 / 00:18:50.805	90) 00:00:13.788 / 00:26:07.227
7) 00:00:14.093 / 00:01:59.062	34) 00:00:13.647 / 00:11:54.241	63) 00:00:22.507 / 00:19:13.312	91) 00:00:18.970 / 00:26:26.197
8) 00:00:14.484 / 00:02:13.546	35) 00:00:15.516 / 00:12:09.757	64) 00:00:12.553 / 00:19:25.865	92) 00:00:13.649 / 00:26:39.846
9) 00:00:10.189 / 00:02:23.735	36) 00:00:15.729 / 00:12:25.486	65) 00:00:12.977 / 00:19:38.842	93) 00:00:25.137 / 00:27:04.983
10) 00:00:21.559 / 00:02:45.294	37) 00:00:12.695 / 00:12:38.181	66) 00:00:22.048 / 00:20:00.890	94) 00:00:14.529 / 00:27:19.512
11) 00:00:15.825 / 00:03:01.119	38) 00:00:18.089 / 00:12:56.270	67) 00:00:12.029 / 00:20:12.919	95) 00:00:14.880 / 00:27:34.392
12) 00:00:18.188 / 00:03:19.307	39) 00:00:12.698 / 00:13:08.968	68) 00:00:12.485 / 00:20:25.404	96) 00:00:14.886 / 00:27:49.278
13) 00:00:17.377 / 00:03:36.684	40) 00:00:14.415 / 00:13:23.383	69) 00:00:18.445 / 00:20:43.849	97) 00:00:13.822 / 00:28:03.100
14) 00:00:16.539 / 00:03:53.223	41) 00:00:13.118 / 00:13:36.501	70) 00:00:17.392 / 00:21:01.241	98) 00:00:16.785 / 00:28:19.885
15) 00:00:16.331 / 00:04:09.554	42) 00:00:15.445 / 00:13:51.946	71) 00:00:16.366 / 00:21:17.607	99) 00:00:12.554 / 00:28:32.439
16) 00:00:15.805 / 00:04:25.359	43) 00:00:12.767 / 00:14:04.713	72) 00:00:12.488 / 00:21:30.095	100) 00:00:13.573 / 00:28:46.012
17) 00:00:19.780 / 00:04:45.139	44) 00:00:27.649 / 00:14:32.362	73) 00:00:13.474 / 00:21:43.569	
18) 00:00:14.068 / 00:04:59.207	45) 00:00:13.849 / 00:14:46.211	74) 00:00:15.937 / 00:21:59.506	
19) 00:00:13.996 / 00:05:13.203	46) 00:00:13.223 / 00:14:59.434	75) 00:00:13.580 / 00:22:13.086	
20) 00:02:00.922 / 00:07:14.125	47) 00:00:13.616 / 00:15:13.050	76) 00:00:12.734 / 00:22:25.820	
21) 00:00:12.971 / 00:07:27.096	48) 00:00:15.730 / 00:15:28.780	77) 00:00:21.340 / 00:22:47.160	
22) 00:00:12.698 / 00:07:39.794	49) 00:00:18.168 / 00:15:46.948	78) 00:00:13.465 / 00:23:00.625	
23) 00:00:12.874 / 00:07:52.668	50) 00:00:13.117 / 00:16:00.065	79) 00:00:15.249 / 00:23:15.874	
24) 00:00:12.519 / 00:08:05.187	51) 00:00:13.962 / 00:16:14.027	80) 00:00:14.780 / 00:23:30.654	
25) 00:00:12.553 / 00:08:17.740	52) 00:00:16.492 / 00:16:30.519	81) 00:00:15.308 / 00:23:45.962	
26) 00:00:10.895 / 00:08:28.635	53) 00:00:12.768 / 00:16:43.287	82) 00:00:12.119 / 00:23:58.081	
27) 00:00:32.535 / 00:09:01.170	54) 00:00:14.281 / 00:16:57.568	83) 00:00:12.583 / 00:24:10.664	
	55) 00:00:13.226 / 00:17:10.794	84) 00:00:11.383 / 00:24:22.047	
	56) 00:00:12.767 / 00:17:23.561		

e) Montagem do baú

Average: 00:17.437			
1) 00:00:11.576 / 00:00:11.576	28) 00:00:17.777 / 00:07:22.389	57) 00:00:16.775 / 00:16:41.437	85) 00:00:13.383 / 00:24:38.596
2) 00:00:11.678 / 00:00:23.254	29) 00:00:20.470 / 00:07:42.859	58) 00:00:16.473 / 00:16:57.910	86) 00:00:20.698 / 00:24:59.294
3) 00:00:12.145 / 00:00:35.399	30) 00:00:14.480 / 00:07:57.339	59) 00:00:14.426 / 00:17:12.336	87) 00:00:18.361 / 00:25:17.655
4) 00:00:16.717 / 00:00:52.116	31) 00:00:16.721 / 00:08:14.060	60) 00:00:18.292 / 00:17:30.628	88) 00:00:15.676 / 00:25:33.331
5) 00:00:25.393 / 00:01:17.509	32) 00:00:14.578 / 00:08:28.638	61) 00:00:16.562 / 00:17:47.190	89) 00:00:22.667 / 00:25:55.998
6) 00:00:18.433 / 00:01:35.942	33) 00:00:19.437 / 00:08:48.075	62) 00:00:16.656 / 00:18:03.846	90) 00:00:12.791 / 00:26:08.789
7) 00:00:14.563 / 00:01:50.505	34) 00:00:13.449 / 00:09:01.524	63) 00:00:25.644 / 00:18:29.490	91) 00:00:16.648 / 00:26:25.437
8) 00:00:14.398 / 00:02:04.903	35) 00:00:12.471 / 00:09:13.995	64) 00:00:18.719 / 00:18:48.209	92) 00:00:14.578 / 00:26:40.015
9) 00:00:06.407 / 00:02:11.310	36) 00:00:14.593 / 00:09:28.588	65) 00:00:22.468 / 00:19:10.677	93) 00:00:22.913 / 00:27:02.928
10) 00:00:12.472 / 00:02:23.782	37) 00:00:15.562 / 00:09:44.150	66) 00:00:15.449 / 00:19:26.126	94) 00:00:12.853 / 00:27:15.781
11) 00:00:11.393 / 00:02:35.175	38) 00:00:16.597 / 00:10:00.747	67) 00:00:18.651 / 00:19:44.777	95) 00:00:18.746 / 00:27:34.527
12) 00:00:11.522 / 00:02:46.697	39) 00:00:25.823 / 00:10:26.570	68) 00:00:11.338 / 00:19:56.115	96) 00:00:22.461 / 00:27:56.988
13) 00:00:15.442 / 00:03:02.139	40) 00:00:22.523 / 00:10:49.093	69) 00:00:16.470 / 00:20:12.585	97) 00:00:14.692 / 00:28:11.680
14) 00:00:12.929 / 00:03:15.068	41) 00:00:16.500 / 00:11:05.593	70) 00:00:12.370 / 00:20:24.955	98) 00:00:16.798 / 00:28:28.478
15) 00:00:11.455 / 00:03:26.523	42) 00:00:17.457 / 00:11:23.050	71) 00:00:23.611 / 00:20:48.566	99) 00:00:22.634 / 00:28:51.112
16) 00:00:15.004 / 00:03:41.527	43) 00:00:33.894 / 00:11:56.944	72) 00:00:11.967 / 00:21:00.533	100) 00:00:12.612 / 00:29:03.724
17) 00:00:13.673 / 00:03:55.200	44) 00:00:32.538 / 00:12:29.482	73) 00:00:15.521 / 00:21:16.054	
18) 00:00:16.555 / 00:04:11.755	45) 00:00:21.555 / 00:12:51.037	74) 00:00:25.452 / 00:21:41.506	
19) 00:00:14.488 / 00:04:26.243	46) 00:00:14.926 / 00:13:05.963	75) 00:00:13.367 / 00:21:54.873	
20) 00:00:18.433 / 00:04:44.676	47) 00:00:15.547 / 00:13:21.510	76) 00:00:16.764 / 00:22:11.637	
21) 00:00:19.744 / 00:05:04.420	48) 00:00:16.286 / 00:13:37.796	77) 00:00:26.986 / 00:22:38.623	
22) 00:00:14.266 / 00:05:18.686	49) 00:00:20.495 / 00:13:58.291	78) 00:00:13.628 / 00:22:52.251	
23) 00:00:17.470 / 00:05:36.156	50) 00:00:24.463 / 00:14:22.754	79) 00:00:12.622 / 00:23:04.873	
24) 00:00:16.574 / 00:05:52.730	51) 00:00:21.443 / 00:14:44.197	80) 00:00:22.515 / 00:23:27.388	
25) 00:00:36.490 / 00:06:29.220	52) 00:00:21.449 / 00:15:05.646	81) 00:00:13.001 / 00:23:40.389	
26) 00:00:15.116 / 00:06:44.336	53) 00:00:20.438 / 00:15:26.084	82) 00:00:12.679 / 00:23:53.068	
27) 00:00:20.276 / 00:07:04.612	54) 00:00:13.441 / 00:15:39.525	83) 00:00:17.590 / 00:24:10.658	
	55) 00:00:24.598 / 00:16:04.123	84) 00:00:14.555 / 00:24:25.213	
	56) 00:00:20.539 / 00:16:24.662		

f) Colocação da bandeja

Average: 00:09.709			
1) 00:00:09.128 / 00:00:09.128	28) 00:00:09.224 / 00:04:25.340	57) 00:00:07.204 / 00:09:22.911	86) 00:00:08.281 / 00:14:10.557
2) 00:00:07.410 / 00:00:16.538	29) 00:00:08.604 / 00:04:33.944	58) 00:00:10.457 / 00:09:33.368	87) 00:00:10.447 / 00:14:21.004
3) 00:00:07.870 / 00:00:24.408	30) 00:00:08.937 / 00:04:42.881	59) 00:00:09.777 / 00:09:43.145	88) 00:00:07.107 / 00:14:28.111
4) 00:00:08.272 / 00:00:32.680	31) 00:00:11.220 / 00:04:54.101	60) 00:00:08.213 / 00:09:51.358	89) 00:00:06.218 / 00:14:34.329
5) 00:00:05.404 / 00:00:38.084	32) 00:00:06.564 / 00:05:00.665	61) 00:00:09.711 / 00:10:01.069	90) 00:00:08.500 / 00:14:42.829
6) 00:00:11.392 / 00:00:49.476	33) 00:00:11.582 / 00:05:12.247	62) 00:00:07.481 / 00:10:08.550	91) 00:00:07.201 / 00:14:50.030
7) 00:00:09.393 / 00:00:58.869	34) 00:00:09.387 / 00:05:21.634	63) 00:00:10.496 / 00:10:19.046	92) 00:00:09.607 / 00:14:59.637
8) 00:00:05.389 / 00:01:04.258	35) 00:00:08.526 / 00:05:30.160	64) 00:00:10.522 / 00:10:29.568	93) 00:00:09.667 / 00:15:09.304
9) 00:00:07.518 / 00:01:11.776	36) 00:00:08.977 / 00:05:39.137	65) 00:00:09.234 / 00:10:38.802	94) 00:00:05.722 / 00:15:15.026
10) 00:00:07.948 / 00:01:19.724	37) 00:00:08.795 / 00:05:47.932	66) 00:00:09.878 / 00:10:48.680	95) 00:00:09.353 / 00:15:24.379
11) 00:00:09.654 / 00:01:29.378	38) 00:00:10.634 / 00:05:58.566	67) 00:00:09.776 / 00:10:58.456	96) 00:00:08.717 / 00:15:33.096
12) 00:00:10.026 / 00:01:39.404	39) 00:00:09.673 / 00:06:08.239	68) 00:00:13.493 / 00:11:11.949	97) 00:00:08.780 / 00:15:41.876
13) 00:00:12.362 / 00:01:51.766	40) 00:00:12.589 / 00:06:20.828	69) 00:00:07.568 / 00:11:19.517	98) 00:00:09.390 / 00:15:51.266
14) 00:00:09.147 / 00:02:00.913	41) 00:00:10.363 / 00:06:31.191	70) 00:00:11.569 / 00:11:31.086	99) 00:00:07.571 / 00:15:58.837
15) 00:00:11.706 / 00:02:12.619	42) 00:00:06.875 / 00:06:38.066	71) 00:00:08.638 / 00:11:39.724	100) 00:00:12.156 / 00:16:10.993
16) 00:00:09.421 / 00:02:22.040	43) 00:00:08.556 / 00:06:46.622	72) 00:00:09.744 / 00:11:49.468	
17) 00:00:07.557 / 00:02:29.597	44) 00:00:09.158 / 00:06:55.780	73) 00:00:08.318 / 00:11:57.786	
18) 00:00:10.239 / 00:02:39.836	45) 00:00:10.614 / 00:07:06.394	74) 00:00:16.722 / 00:12:14.508	
19) 00:00:12.401 / 00:02:52.237	46) 00:00:20.595 / 00:07:26.989	75) 00:00:12.328 / 00:12:26.836	
20) 00:00:10.387 / 00:03:02.624	47) 00:00:11.338 / 00:07:38.327	76) 00:00:09.013 / 00:12:35.849	
21) 00:00:08.368 / 00:03:10.992	48) 00:00:08.565 / 00:07:46.892	77) 00:00:07.782 / 00:12:43.631	
22) 00:00:18.831 / 00:03:29.823	49) 00:00:24.055 / 00:08:10.947	78) 00:00:15.071 / 00:12:58.702	
23) 00:00:08.919 / 00:03:38.742	50) 00:00:13.899 / 00:08:24.846	79) 00:00:08.381 / 00:13:07.083	
24) 00:00:08.178 / 00:03:46.920	51) 00:00:08.801 / 00:08:33.647	80) 00:00:05.779 / 00:13:12.862	
25) 00:00:04.854 / 00:03:51.774	52) 00:00:10.385 / 00:08:44.032	81) 00:00:09.839 / 00:13:22.701	
26) 00:00:10.780 / 00:04:02.554	53) 00:00:08.188 / 00:08:52.220	82) 00:00:07.409 / 00:13:30.110	
27) 00:00:13.562 / 00:04:16.116	54) 00:00:08.471 / 00:09:00.691	83) 00:00:10.988 / 00:13:41.098	
	55) 00:00:08.600 / 00:09:09.291	84) 00:00:11.489 / 00:13:52.587	
	56) 00:00:06.416 / 00:09:15.707	85) 00:00:09.689 / 00:14:02.276	

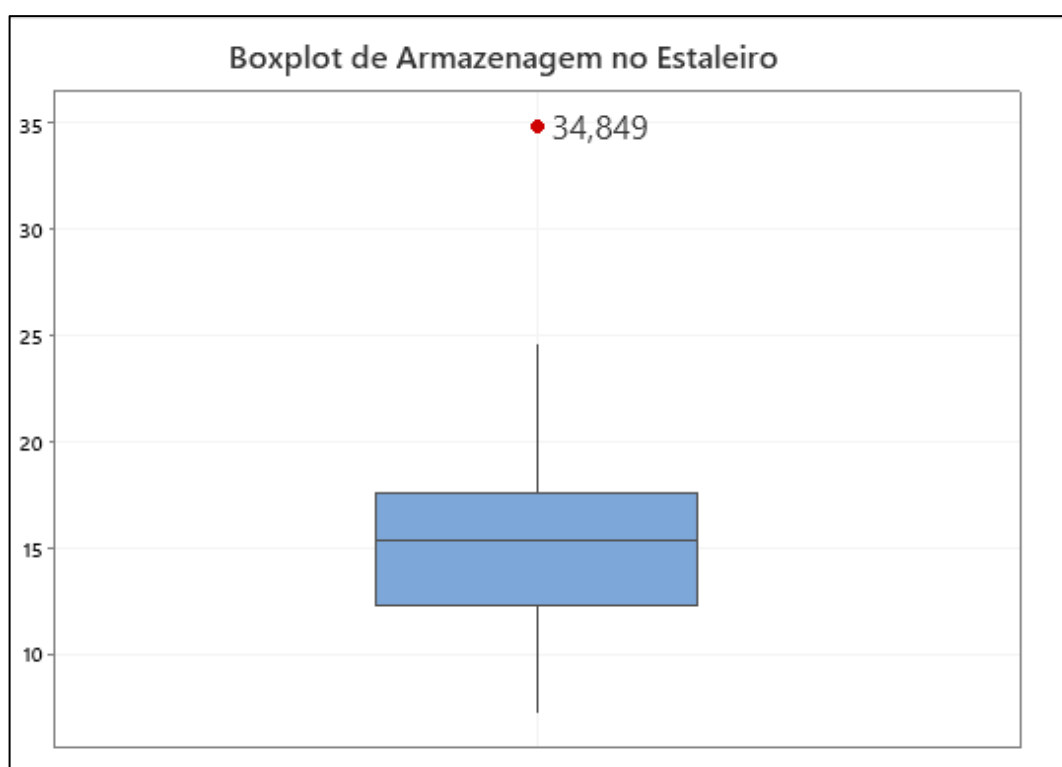
g) Armazenagem no estaleiro

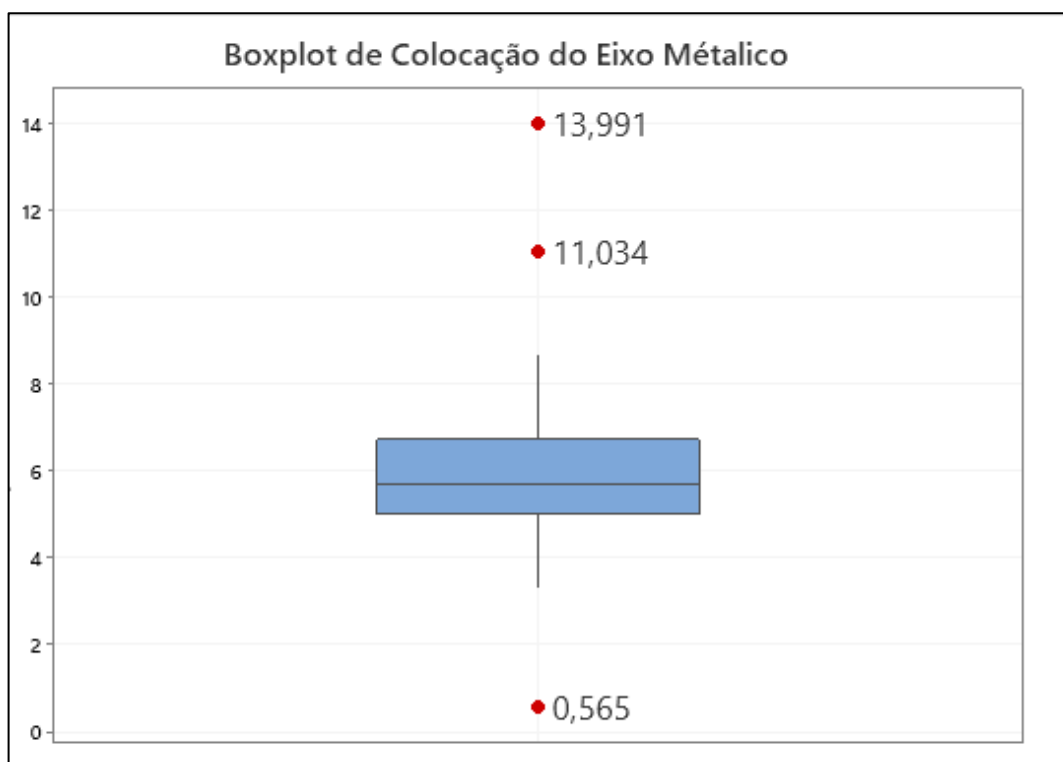
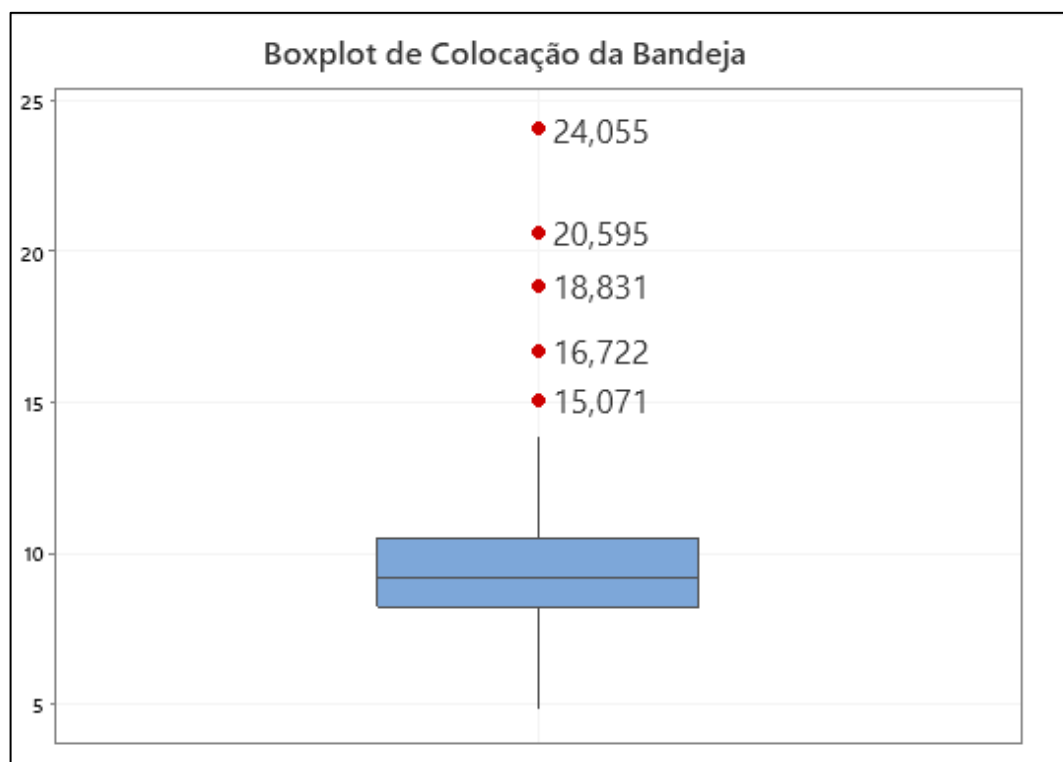
Average: 00:15.355			
1) 00:00:08.324 / 00:00:08.324	28) 00:00:12.434 / 00:07:20.530	57) 00:00:15.546 / 00:14:53.929	86) 00:00:13.705 / 00:22:44.376
2) 00:00:10.356 / 00:00:18.680	29) 00:00:20.687 / 00:07:41.217	58) 00:00:16.325 / 00:15:10.254	87) 00:00:16.882 / 00:23:01.258
3) 00:00:12.470 / 00:00:31.150	30) 00:00:16.329 / 00:07:57.546	59) 00:00:12.029 / 00:15:22.283	88) 00:00:14.880 / 00:23:16.138
4) 00:00:07.240 / 00:00:38.390	31) 00:00:15.696 / 00:08:13.242	60) 00:00:15.283 / 00:15:37.566	89) 00:00:16.932 / 00:23:33.070
5) 00:00:10.979 / 00:00:49.369	32) 00:00:19.587 / 00:08:32.829	61) 00:00:10.419 / 00:15:47.985	90) 00:00:16.489 / 00:23:49.559
6) 00:00:16.358 / 00:01:05.727	33) 00:00:16.700 / 00:08:49.529	62) 00:00:13.367 / 00:16:01.352	91) 00:00:10.452 / 00:24:00.011
7) 00:00:15.171 / 00:01:20.898	34) 00:00:15.851 / 00:09:05.380	63) 00:00:34.849 / 00:16:36.201	92) 00:00:11.060 / 00:24:11.071
8) 00:00:13.730 / 00:01:34.628	35) 00:00:12.243 / 00:09:17.623	64) 00:00:16.653 / 00:16:52.854	93) 00:00:10.093 / 00:24:21.164
9) 00:00:24.510 / 00:01:59.138	36) 00:00:09.207 / 00:09:26.830	65) 00:00:14.035 / 00:17:06.889	94) 00:00:12.619 / 00:24:33.783
10) 00:00:19.506 / 00:02:18.644	37) 00:00:14.438 / 00:09:41.268	66) 00:00:17.323 / 00:17:24.212	95) 00:00:07.847 / 00:24:41.630
11) 00:00:17.516 / 00:02:36.160	38) 00:00:18.451 / 00:09:59.719	67) 00:00:17.572 / 00:17:41.784	96) 00:00:10.037 / 00:24:51.667
12) 00:00:11.487 / 00:02:47.647	39) 00:00:17.386 / 00:10:17.105	68) 00:00:15.529 / 00:17:57.313	97) 00:00:11.853 / 00:25:03.520
13) 00:00:19.429 / 00:03:07.076	40) 00:00:10.280 / 00:10:27.385	69) 00:00:13.435 / 00:18:10.748	98) 00:00:09.702 / 00:25:13.222
14) 00:00:09.373 / 00:03:16.449	41) 00:00:14.245 / 00:10:41.630	70) 00:00:19.224 / 00:18:29.972	99) 00:00:11.167 / 00:25:24.389
15) 00:00:11.571 / 00:03:28.020	42) 00:00:23.866 / 00:11:05.496	71) 00:00:12.605 / 00:18:42.577	100) 00:00:11.160 / 00:25:35.549
16) 00:00:24.706 / 00:03:52.726	43) 00:00:11.407 / 00:11:16.903	72) 00:00:16.240 / 00:18:58.817	
17) 00:00:15.879 / 00:04:08.605	44) 00:00:10.832 / 00:11:27.735	73) 00:00:15.416 / 00:19:14.233	
18) 00:00:19.180 / 00:04:27.785	45) 00:00:15.643 / 00:11:43.378	74) 00:00:17.634 / 00:19:31.867	
19) 00:00:15.644 / 00:04:43.429	46) 00:00:12.388 / 00:11:55.766	75) 00:00:18.351 / 00:19:50.218	
20) 00:00:19.572 / 00:05:03.001	47) 00:00:16.706 / 00:12:12.472	76) 00:00:20.027 / 00:20:10.245	
21) 00:00:13.680 / 00:05:16.681	48) 00:00:14.723 / 00:12:27.195	77) 00:00:13.626 / 00:20:23.871	
22) 00:00:21.479 / 00:05:38.160	49) 00:00:18.429 / 00:12:45.624	78) 00:00:15.309 / 00:20:39.180	
23) 00:00:21.443 / 00:05:59.603	50) 00:00:14.493 / 00:13:00.117	79) 00:00:13.015 / 00:20:52.195	
24) 00:00:15.867 / 00:06:15.470	51) 00:00:18.358 / 00:13:18.475	80) 00:00:19.250 / 00:21:11.445	
25) 00:00:14.335 / 00:06:29.805	52) 00:00:13.356 / 00:13:31.831	81) 00:00:15.531 / 00:21:26.976	
26) 00:00:16.570 / 00:06:46.375	53) 00:00:14.568 / 00:13:46.399	82) 00:00:14.813 / 00:21:41.789	
27) 00:00:21.721 / 00:07:08.096	54) 00:00:19.501 / 00:14:05.900	83) 00:00:10.149 / 00:21:51.938	
	55) 00:00:20.355 / 00:14:26.255	84) 00:00:17.688 / 00:22:09.626	
	56) 00:00:12.128 / 00:14:38.383	85) 00:00:21.045 / 00:22:30.671	

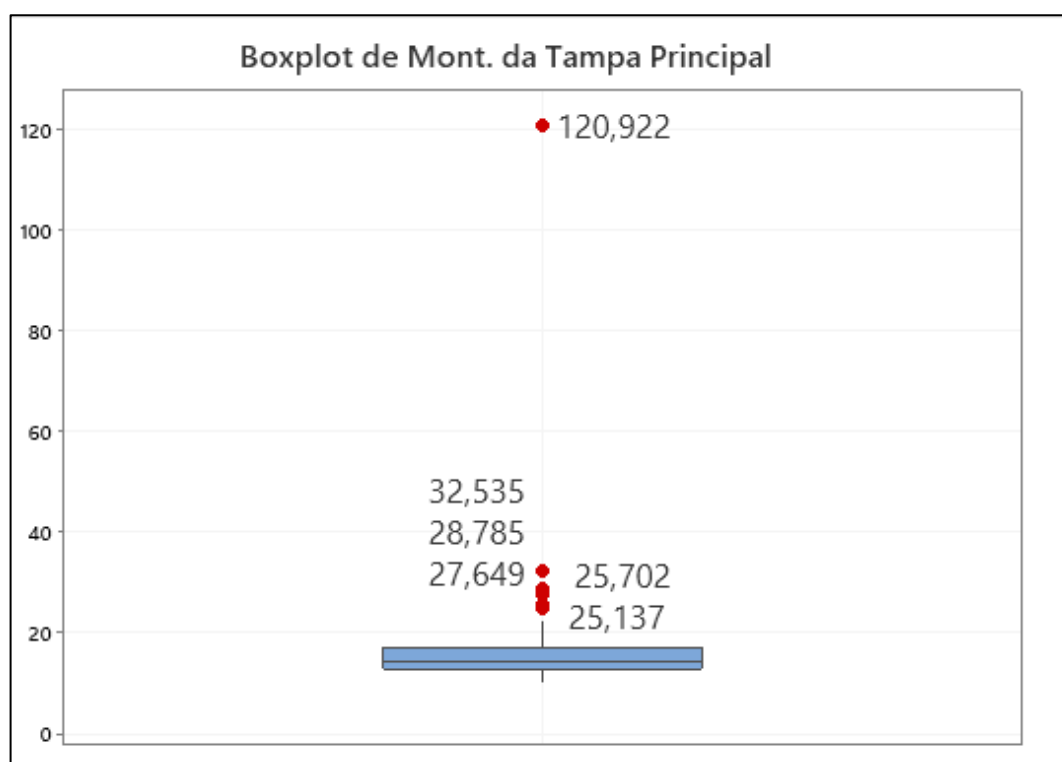
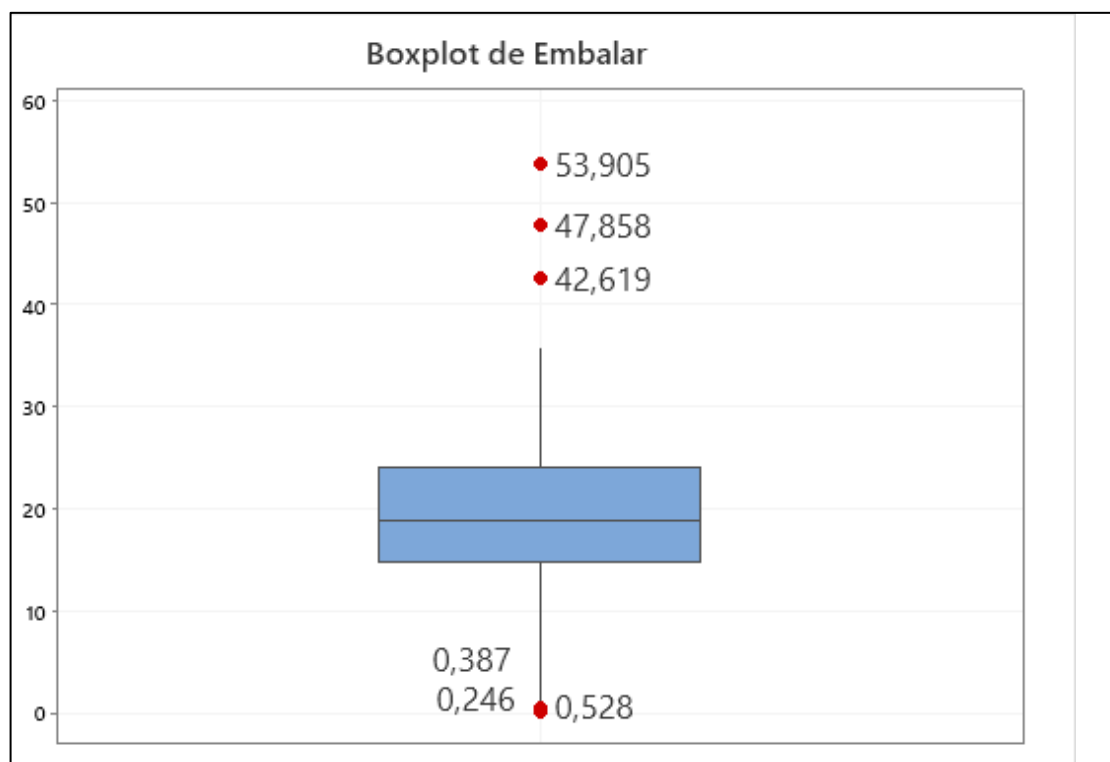
h) Agrupamento de processos

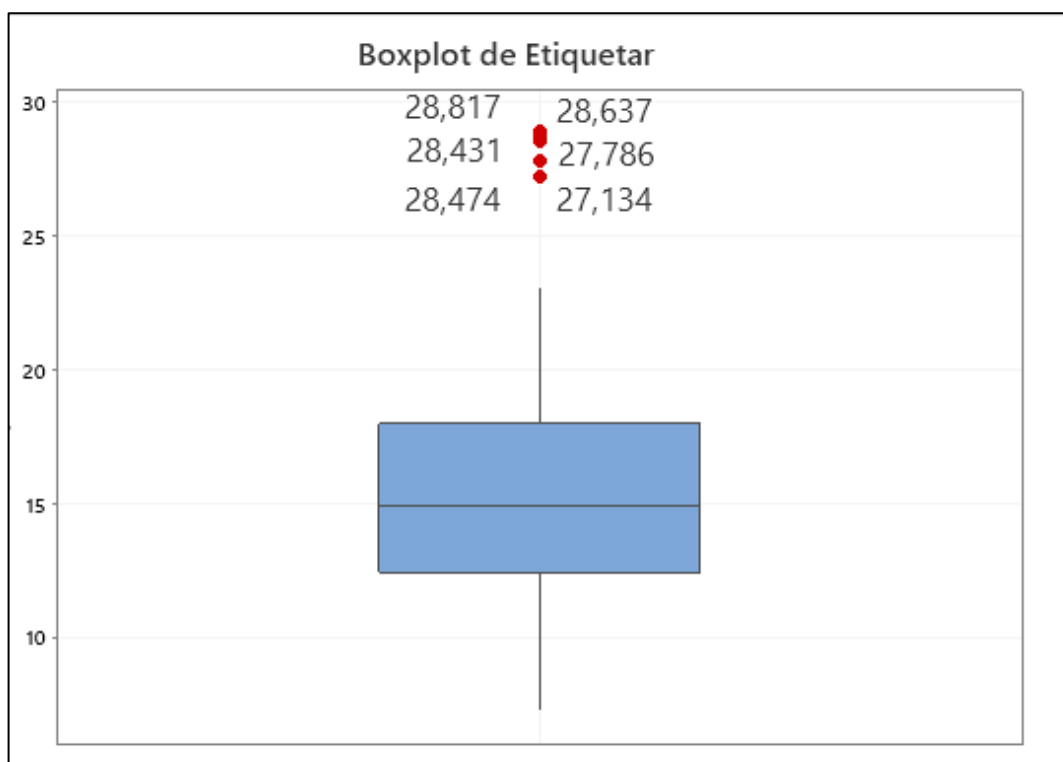
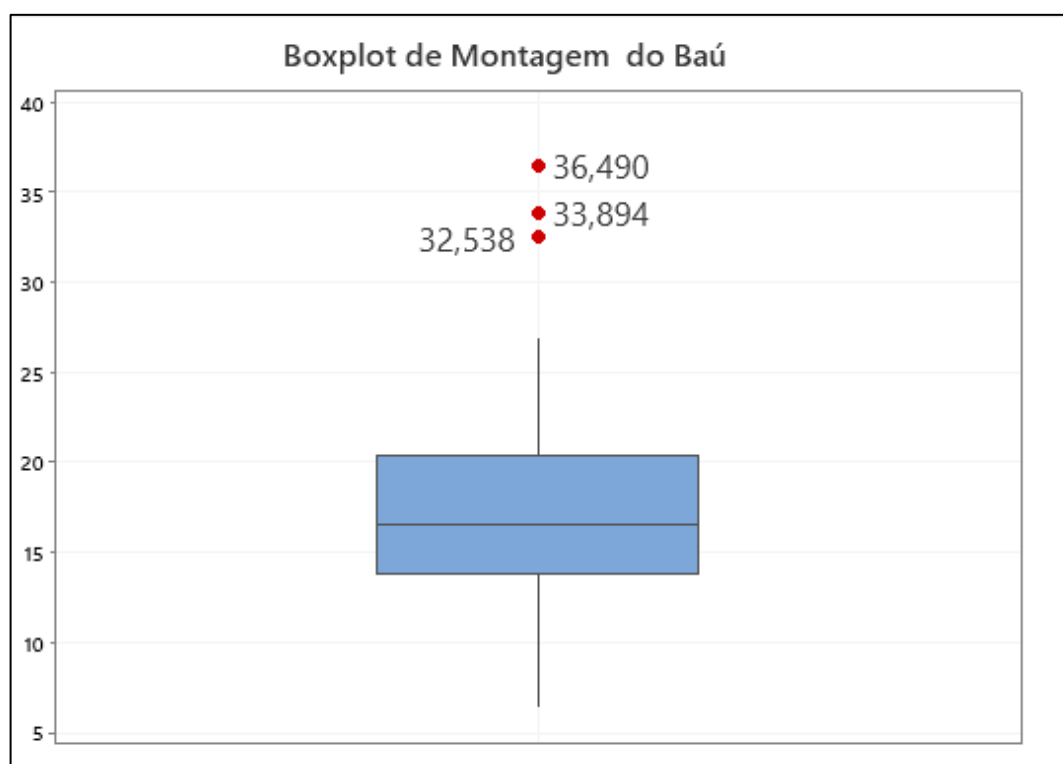
Average: 00:23.744	25) 00:00:26.543 / 00:10:03.369	52) 00:00:23.654 / 00:20:54.367	78) 00:00:24.446 / 00:30:53.526
	26) 00:00:22.113 / 00:10:25.482	53) 00:00:20.653 / 00:21:15.020	79) 00:00:24.242 / 00:31:17.768
	27) 00:00:25.262 / 00:10:50.744	54) 00:00:25.362 / 00:21:40.382	80) 00:00:22.704 / 00:31:40.472
1) 00:00:24.067 / 00:00:24.067	28) 00:00:21.158 / 00:11:11.902	55) 00:00:22.202 / 00:22:02.584	81) 00:00:22.789 / 00:32:03.261
2) 00:00:28.021 / 00:00:52.088	29) 00:00:24.734 / 00:11:36.636	56) 00:00:23.653 / 00:22:26.237	82) 00:00:24.672 / 00:32:27.933
3) 00:00:23.609 / 00:01:15.697	30) 00:00:22.970 / 00:11:59.606	57) 00:00:21.663 / 00:22:47.900	83) 00:00:25.721 / 00:32:53.654
4) 00:00:23.821 / 00:01:39.518	31) 00:00:21.952 / 00:12:21.558	58) 00:00:25.122 / 00:23:13.022	84) 00:00:26.675 / 00:33:20.329
5) 00:00:24.110 / 00:02:03.628	32) 00:00:26.028 / 00:12:47.586	59) 00:00:25.298 / 00:23:38.320	85) 00:00:22.593 / 00:33:42.922
6) 00:00:27.412 / 00:02:31.040	33) 00:00:22.362 / 00:13:09.948	60) 00:00:21.870 / 00:24:00.190	86) 00:00:23.893 / 00:34:06.815
7) 00:00:23.659 / 00:02:54.699	34) 00:00:27.418 / 00:13:37.366	61) 00:00:21.906 / 00:24:22.096	87) 00:00:23.100 / 00:34:29.915
8) 00:00:21.821 / 00:03:16.520	35) 00:00:23.262 / 00:14:00.628	62) 00:00:24.209 / 00:24:46.305	88) 00:00:25.972 / 00:34:55.887
9) 00:00:25.881 / 00:03:42.401	36) 00:00:22.512 / 00:14:23.140	63) 00:00:24.246 / 00:25:10.551	89) 00:00:23.218 / 00:35:19.105
10) 00:00:23.238 / 00:04:05.639	37) 00:00:21.755 / 00:14:44.895	64) 00:00:23.540 / 00:25:34.091	90) 00:00:22.249 / 00:35:41.354
11) 00:00:22.536 / 00:04:28.175	38) 00:00:22.981 / 00:15:07.876	65) 00:00:21.549 / 00:25:55.640	91) 00:00:24.754 / 00:36:06.108
12) 00:00:21.687 / 00:04:49.862	39) 00:00:24.144 / 00:15:32.020	66) 00:00:23.340 / 00:26:18.980	92) 00:00:22.644 / 00:36:28.752
13) 00:00:26.750 / 00:05:16.612	40) 00:00:22.932 / 00:15:54.952	67) 00:00:21.653 / 00:26:40.633	93) 00:00:22.770 / 00:36:51.522
14) 00:00:25.661 / 00:05:42.273	41) 00:00:22.925 / 00:16:17.877	68) 00:00:21.156 / 00:27:01.789	94) 00:00:21.506 / 00:37:13.028
15) 00:00:23.646 / 00:06:05.919	42) 00:00:23.622 / 00:16:41.499	69) 00:00:22.643 / 00:27:24.432	95) 00:00:24.159 / 00:37:37.187
16) 00:00:21.756 / 00:06:27.675	43) 00:00:24.204 / 00:17:05.703	70) 00:00:23.191 / 00:27:47.623	96) 00:00:22.841 / 00:38:00.028
17) 00:00:23.490 / 00:06:51.165	44) 00:00:23.298 / 00:17:29.001	71) 00:00:20.714 / 00:28:08.337	97) 00:00:24.575 / 00:38:24.603
18) 00:00:23.233 / 00:07:14.398	45) 00:00:21.115 / 00:17:50.116	72) 00:00:21.261 / 00:28:29.598	98) 00:00:21.951 / 00:38:46.554
19) 00:00:23.142 / 00:07:37.540	46) 00:00:34.288 / 00:18:24.404	73) 00:00:21.701 / 00:28:51.299	99) 00:00:22.933 / 00:39:09.487
20) 00:00:26.679 / 00:08:04.219	47) 00:00:25.714 / 00:18:50.118	74) 00:00:23.974 / 00:29:15.273	100) 00:00:24.936 / 00:39:34.423
21) 00:00:23.887 / 00:08:28.106	48) 00:00:25.051 / 00:19:15.169	75) 00:00:24.548 / 00:29:39.821	
22) 00:00:23.931 / 00:08:52.037	49) 00:00:26.794 / 00:19:41.963	76) 00:00:22.657 / 00:30:02.478	
23) 00:00:22.682 / 00:09:14.719	50) 00:00:23.524 / 00:20:05.487	77) 00:00:26.602 / 00:30:29.080	
24) 00:00:22.107 / 00:09:36.826	51) 00:00:25.226 / 00:20:30.713		

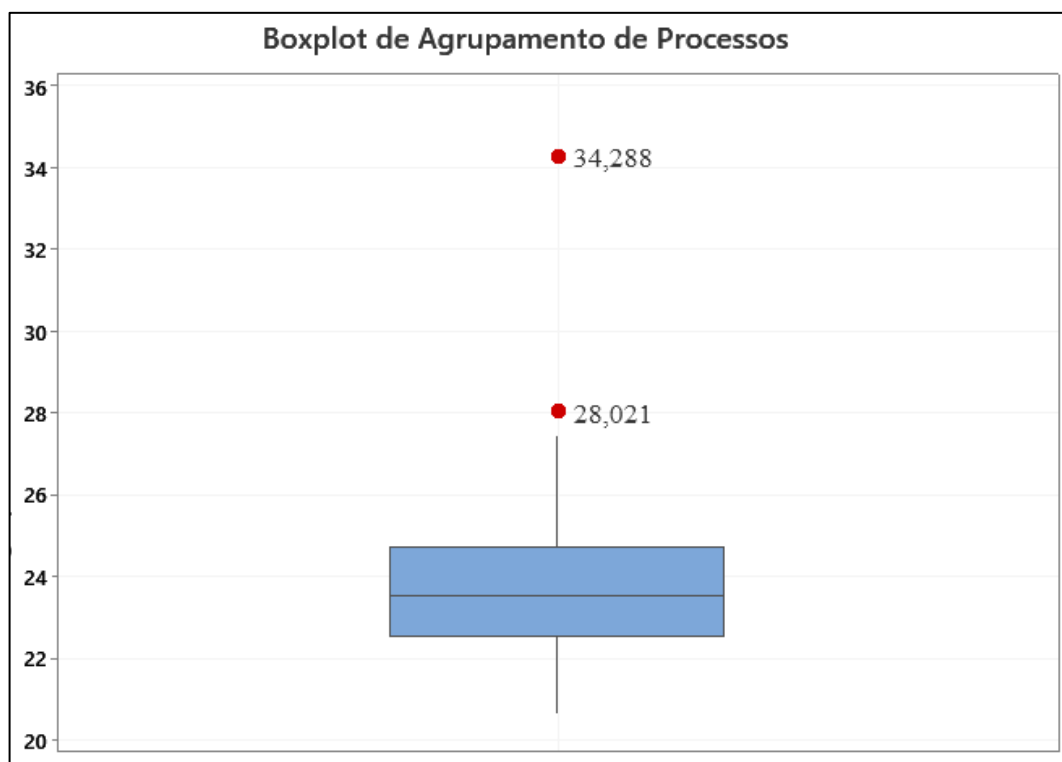
**APÊNDICE C – FERRAMENTA BOXPLOT NA IDENTIFICAÇÃO DE
OUTLIERS (PONTOS VERMELHOS)**



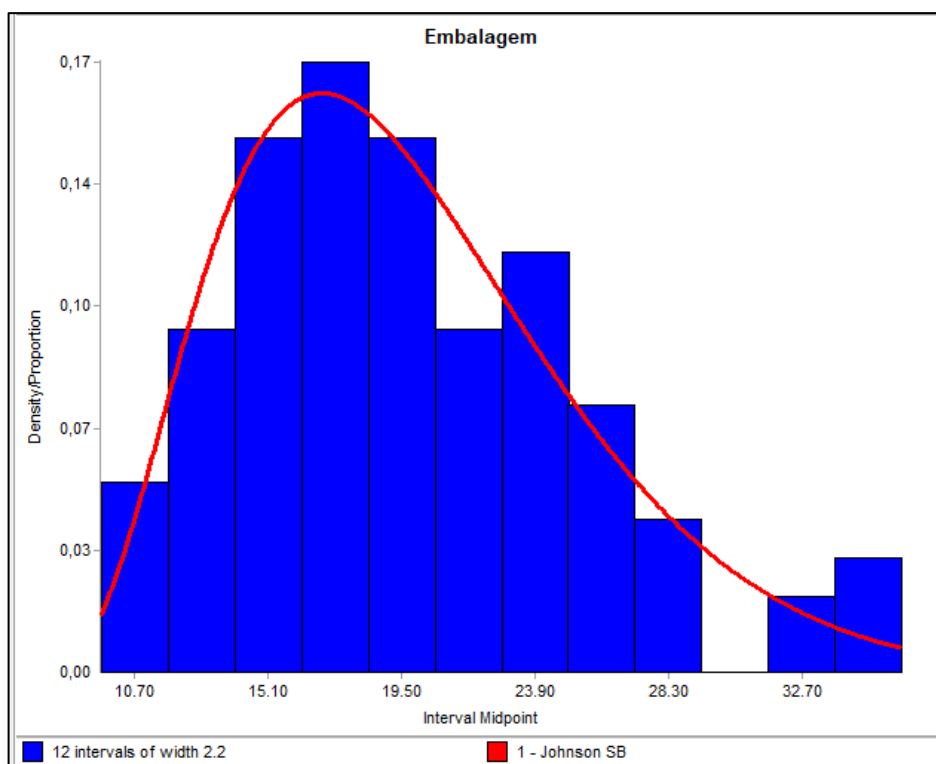


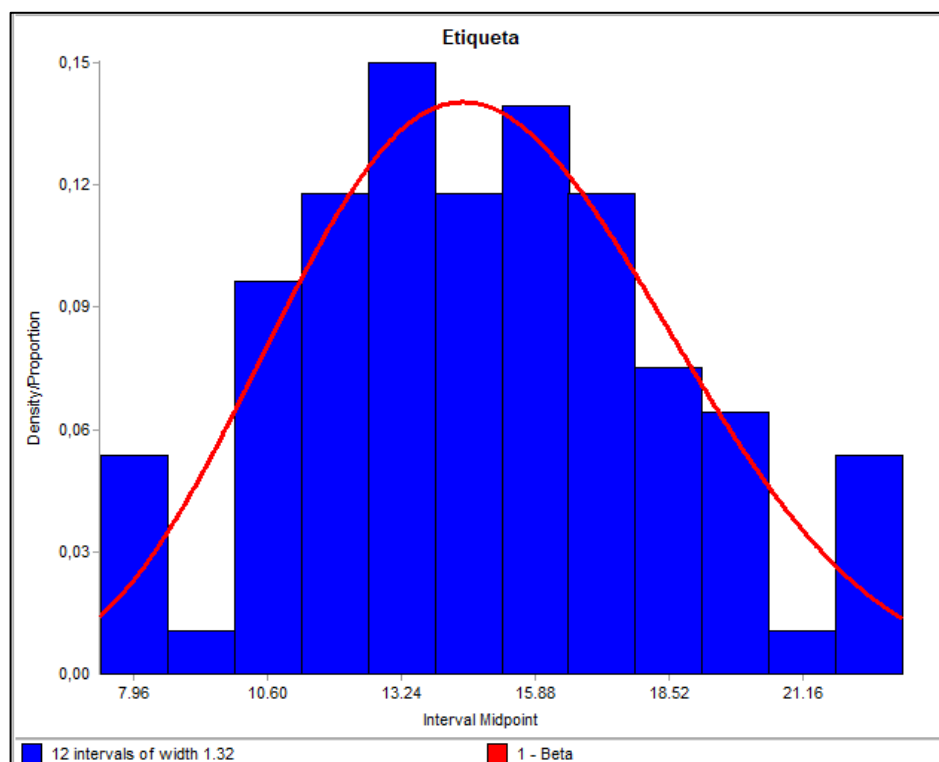
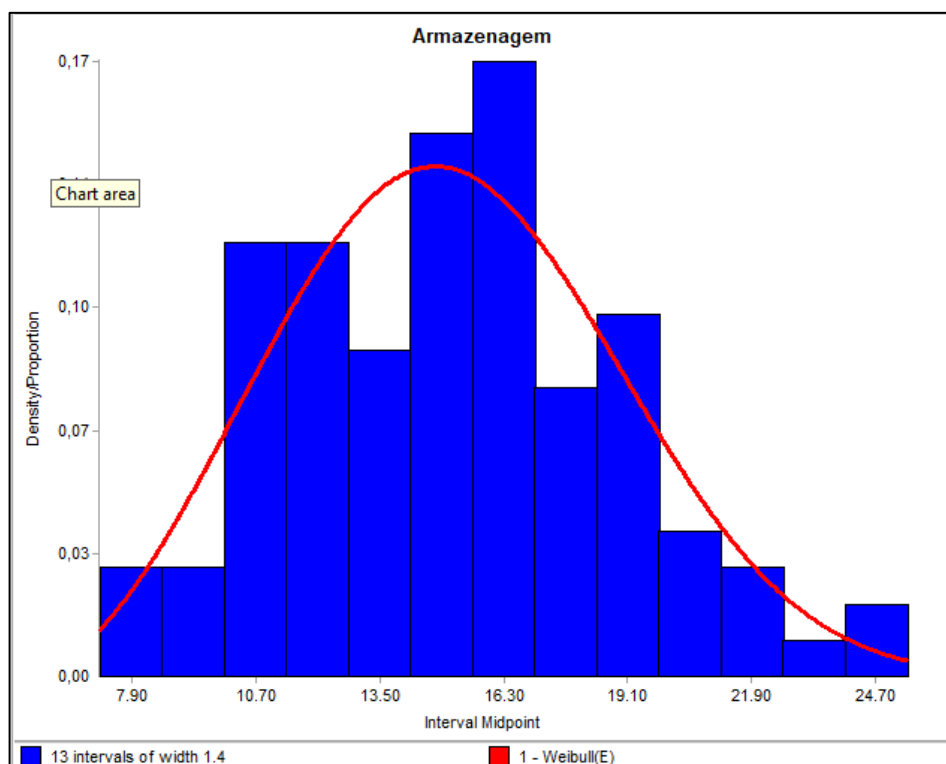


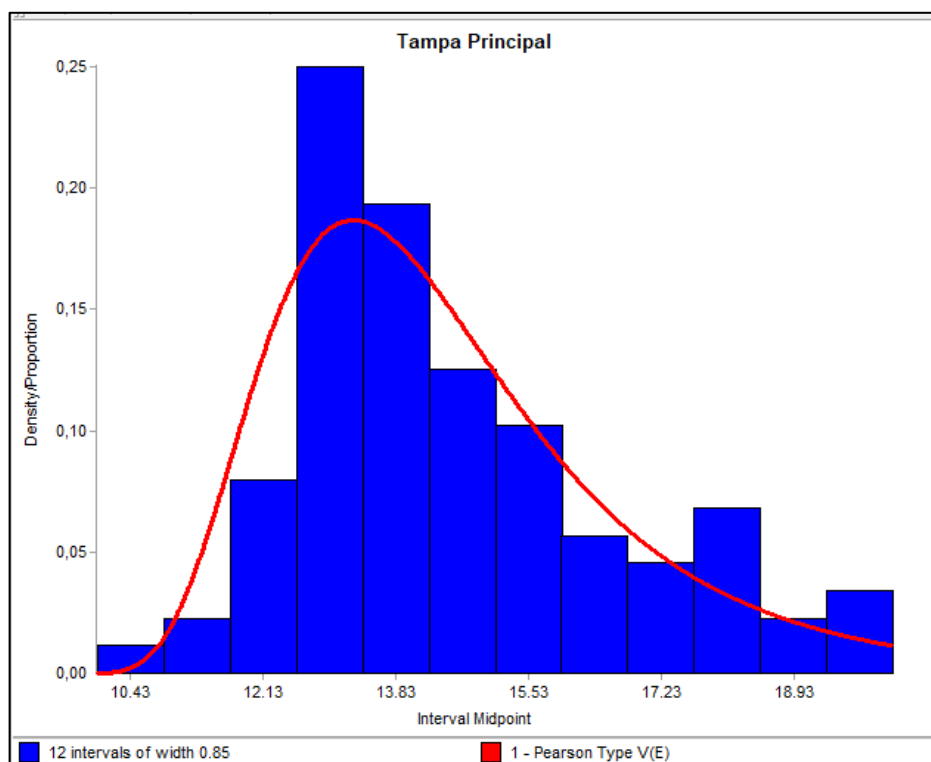
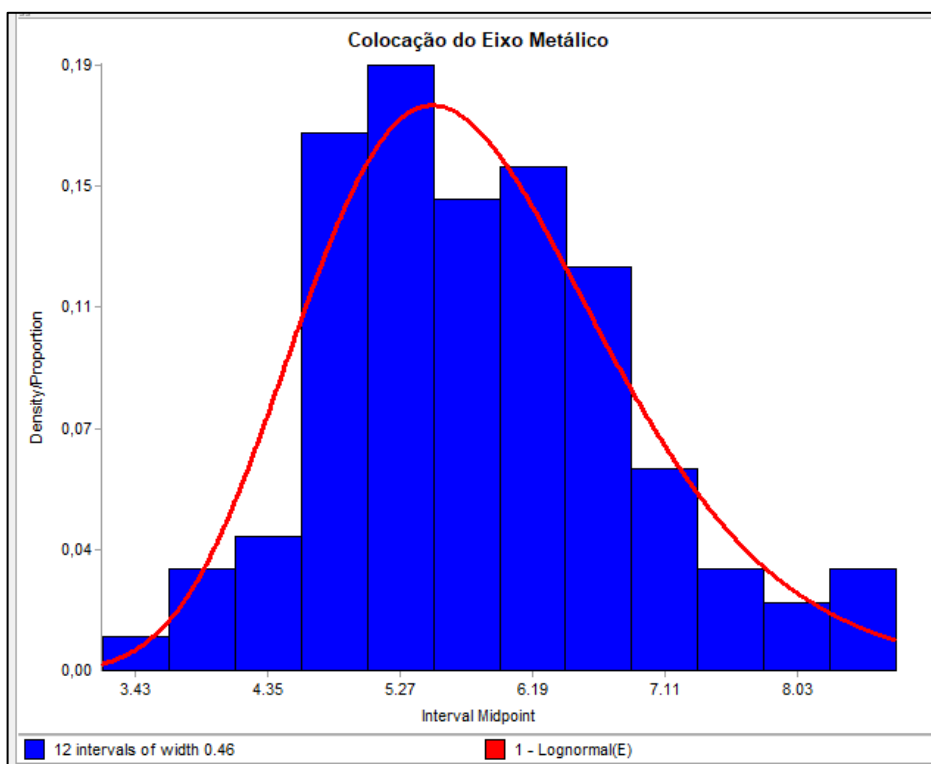


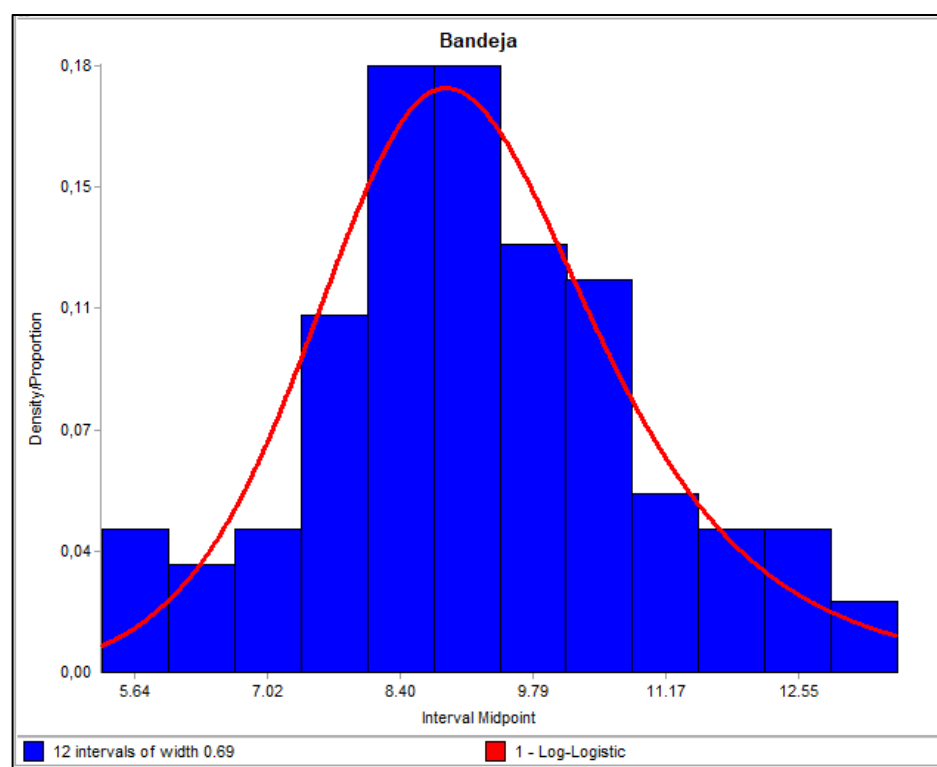
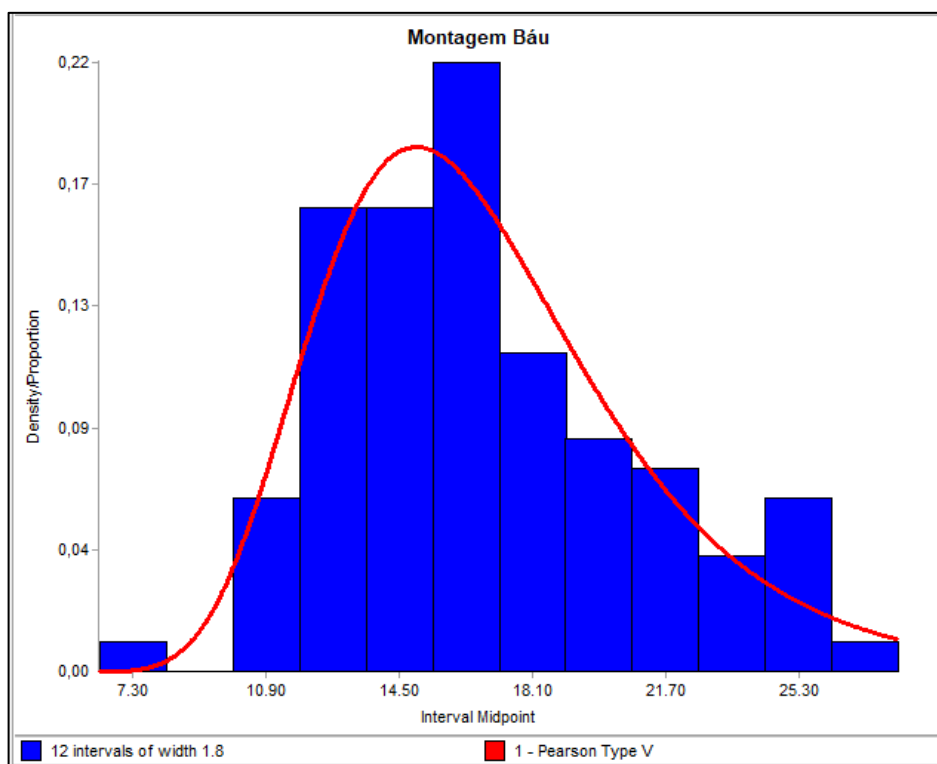


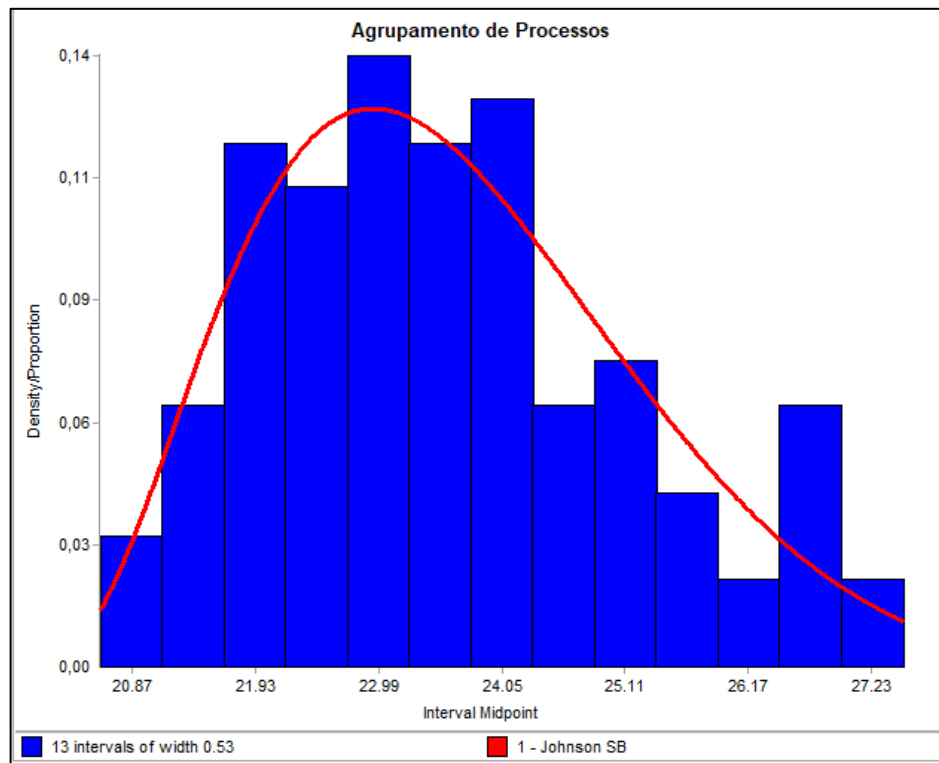
APÊNDICE D – HISTOGRAMAS DA DISTRIBUIÇÃO DAS PROBABILIDADES DOS PROCESSOS











APÊNDICE E – MODELO DE REPRESENTAÇÃO DOS DADOS TRATADOS NO SOFTWARE FLEXSIM

a) Armazenagem

Flexsim Representation of Model 1 - Weibull(E)	
Use:	
When using a picklist option:	
Distribution	Weibull
Location	5.435349
Scale	10.924544
Shape	2.813854
When using code:	
weibull(5.435349, 10.924544, 2.813854, <stream>)	

b) Etiqueta

Flexsim Representation of Model 1 - Beta	
Use:	
When using a picklist option:	
Distribution	Beta
Minimum	1.721849
Maximum	36.578451
Shape1	7.715754
Shape2	12.625895
When using code:	
beta(1.721849, 36.578451, 7.715754, 12.625895, <stream>)	

c) Embalagem

Flexsim Representation of Model 1 - Johnson SB**Use:****When using a picklist option:**

Distribution	Johnson Bounded
Minimum	6.479821
Maximum	58.370156
Shape1	1.899757
Shape2	1.640475

When using code:**johnsonbounded(6.479821, 58.370156, 1.899757, 1.640475, <stream>)**

d) Colocação do eixo metálico

Flexsim Representation of Model 1 - Lognormal(E)**Use:****When using a picklist option:**

Distribution	Lognormal
Location	0.408582
Scale	5.310554
Shape	0.203422

When using code:**lognormal2(0.408582, 5.310554, 0.203422, <stream>)**

e) Tampa principal

Flexsim Representation of Model 1 - Pearson Type V(E)**Use:****When using a picklist option:**

Distribution	Pearson Type 5
Location	8.114669
Scale	51.861655
Shape	9.012165

When using code:**pearson5(8.114669, 51.861655, 9.012165, <stream>)**

f) Montagem baú

Flexsim Representation of Model 1 - Pearson Type V

Use:

When using a picklist option:

Distribution	Pearson Type 5
Location	0.000000
Scale	259.414431
Shape	16.294029

When using code:
`pearsont5( 0.000000, 259.414431, 16.294029, <stream>)`

g) Bandeja

Flexsim Representation of Model 1 - Log-Logistic

Use:

When using a picklist option:

Distribution	Log-Logistic
Location	0.000000
Scale	9.110203
Shape	9.200289

When using code:
`loglogistic( 0.000000, 9.110203, 9.200289, <stream>)`

h) Agrupamento de processos

Flexsim Representation of Model 1 - Johnson SB

Use:

When using a picklist option:

Distribution	Johnson Bounded
Minimum	19.645347
Maximum	31.626418
Shape1	1.199458
Shape2	1.541721

When using code:
`johnsonbounded( 19.645347, 31.626418, 1.199458, 1.541721, <stream>)`