

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS TRINDADE  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

Lucas Vambommel

**APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM BUSCA DA MELHORIA  
OPERACIONAL DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BISNAGAS POLIMÉRICAS**

Florianópolis

2022

Lucas Vambommel

**APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM BUSCA DA MELHORIA  
OPERACIONAL DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BISNAGAS POLIMÉRICAS**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Grau de Engenheiro Mecânico com habilitação em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Ernani Vieira

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Vambommel, Lucas

Aplicação de simulação computacional em busca da melhoria operacional de uma linha de produção de bisnagas poliméricas / Lucas Vambommel ; orientador, Guilherme Ernani Vieira, 2022.

115 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,  
Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, Florianópolis,  
2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção Mecânica. 2. Simulação Computacional. 3. Diagrama de Pareto. 4. Proposição de melhorias. 5. OEE. I. Vieira, Guilherme Ernani. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Produção Mecânica. III. Título.

Lucas Vambommel

**APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM BUSCA DA MELHORIA  
OPERACIONAL DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BISNAGAS POLIMÉRICAS**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro Mecânico”, com habilitação em Produção, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 07 de março de 2022.

---

Prof.<sup>a</sup> Mônica Maria Mendes Luna, Dra.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Guilherme Ernani Vieira, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Maurício Uriona Maldonado, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Sérgio Fernando Mayerle, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus grandes amigos, à minha namorada, aos meus queridos pais e familiares.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço meu Pai Renato, minha Mãe Maria Helena e minhas irmãs Bruna e Júlia por me proporcionarem os princípios, ensinamentos, condições e todo apoio para que fosse possível eu alcançar meus objetivos.

Agradeço aos meus padrinhos Lauri e Lúcia pelo apoio e conselhos durante todo esse período.

A minha namorada Marihá, que sempre me deu forças, tendo papel fundamental para que eu chegasse até aqui.

Ao meu orientador Prof. Dr. Guilherme Ernani Vieira, que me auxiliou na escolha desse tema e me apoiou em todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores Maurício e Sérgio pela atenção e disponibilidade de avaliar o presente trabalho.

A C-Pack e seus colaboradores, por todo auxílio e a oportunidade de desenvolver esse trabalho dentro da empresa.

Aos meus amigos, em especial aos que fiz durante a graduação, Ezequiel, Juliano Becker, Juliano Matias e Lucas, que de fato fizeram com que a caminhada da graduação tenha sido uma experiência grandiosa com momentos inesquecíveis e lembranças permanentes.

Aos professores e servidores da UFSC que fizeram parte do meu crescimento pessoal.  
A todos, meu muito obrigado.

Estar decidido, acima de qualquer coisa, é o segredo do êxito.  
(Henry Ford)

## RESUMO

Este trabalho tem como propósito, aplicar simulação computacional em uma linha produtiva de uma indústria produtora de bisnagas poliméricas. Tendo como objetivo comparar diferentes cenários sobre as propostas de melhorias e a capacidade de atendimento da demanda de diferentes máquinas. Para realização da análise, o trabalho segue em duas frentes. Na primeira foi elaborado o mapeamento do processo produtivo da linha analisada, seguido da aplicação do diagrama de Pareto e diagrama de Ishikawa, onde foram estabelecidos quais são as mudanças necessárias para mitigar os problemas identificados. Dessa forma, as ações de melhorias foram estabelecidas por meio do método 5W2H. Na segunda frente de trabalho, foi desenvolvido um modelo de simulação que é capaz de emular a situação atual da linha de produção. Com as ações necessárias estabelecidas e modelo de simulação construído, faz-se a simulação dessas ações em diferentes cenários. Por fim, os resultados são avaliados utilizando o indicador de OEE para mensuração e comparação entre os resultados de cada um dos cenários de simulação e o resultado atual da empresa, onde a máquina Flexo tem capacidade de atender a demanda de duas linhas Decoplas, quando operando em capacidade máxima. Também verificou-se que a melhoria sobre guia partida contribui mais para o aumento do OEE se comparada as demais melhorias propostas.

**Palavras-chave:** Simulação computacional. Pareto. Ishikawa. Promodel. OEE.

## ABSTRACT

The purpose of this paper is to apply computer simulation to a production line of a polymeric tube industry. The objective is to compare different scenarios about the improvement proposals and the capacity to meet the demand of different machines. To conduct the analysis, the paper is divided into two parts. In the first one, the mapping of the production process of the analyzed line was elaborated, followed by the application of the Pareto diagram and the Ishikawa diagram, where the necessary changes to mitigate the identified problems were established. Thus, the improvement actions were established by means of the 5W2H method. In the second part, a simulation model was developed that is able to emulate the current situation of the production line. With the necessary actions established and the simulation model built, these actions are simulated in different scenarios. Finally, the results are evaluated using the OEE indicator to measure and compare the results of each of the simulation scenarios with the company's current results, where the Flexo machine is capable of meeting the demand of two Decoplas lines when operating at full capacity. It was also found that the improvement in the starting guide contributes more to the increase in OEE when compared to the other proposed improvements.

**Keywords:** Computer simulation. Pareto. Ishikawa. Proposição de melhorias. OEE.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Valor bruto da produção por segmento em bilhões de reais.....	20
Figura 2 - Linha Decoplas .....	22
Figura 3 - Evolução do tubo em cada etapa do processo. ....	23
Figura 22 - Principais Metodologias. ....	28
Figura 23 - Tela principal do ProModel. ....	31
Figura 24 - Representação do mapeamento de processos em <i>Bizage</i> .....	32
Figura 25 - Diagrama de Pareto. ....	35
Figura 26 - Diagrama de Ishikawa .....	38
Figura 27 - Relação índices OEE com as respectivas perdas .....	43
Figura 28 - Sistemática do cálculo do OEE.....	44
Figura 29 - Caracterização da Pesquisa.....	46
Figura 30 - Metodologias adaptada .....	47
Figura 31 - Cronograma de atividades. ....	48
Figura 4 - Representação esquemática da Flexografia .....	52
Figura 5 - Final do processo de flexografia.....	52
Figura 6 - Bobina com filme impresso na Flexo. ....	53
Figura 7 – Refiladora (Rotoflex). ....	53
Figura 8 - Refiladora separando em duas bobinas.....	54
Figura 9 - Representação do tubo sem tampa e ombro. ....	55
Figura 10 - Tubo sem tampa e ombro. ....	55
Figura 11 - Representação esquemática de uma extrusora de polímeros .....	55
Figura 12 - Representação do tubo com ombro.....	56
Figura 13 - Tubo com ombro. ....	57
Figura 14 - Representação esquemática do processo de heading na PTH.....	57
Figura 15 - Representação esquemática do processo de injeção de tampas.....	58
Figura 16 - Representação de tampas <i>flip-top</i> .....	59
Figura 17 - Tampa <i>flip-top</i> .....	59
Figura 18 - TCX aplicando tampa.....	60
Figura 19 - Tubo com ombro e tampa aplicada.....	60
Figura 20 - TEXA.....	61
Figura 21 - Tubos embalados. ....	61

Figura 32 - Arranjo Físico da linha .....	62
Figura 33 - Mapeamento de processos. ....	63
Figura 34 - Diagrama de Ishikawa para parada por guia partida .....	74
Figura 35 - Diagrama de Ishikawa para parada por insumo.....	75
Figura 36 - Diagrama de Ishikawa para parada por <i>setup</i> da Flexo. ....	75
Figura 37 - Desenho da modelagem no Promodel. ....	82
Figura 38 – Locais utilizados. ....	83
Figura 39 – Configuração para as entradas de bisnagas no sistema.....	83
Figura 40 – Configuração do processamento na Refiladora e Flexo. ....	83
Figura 41 – Configurações das simulações. ....	84
Figura 42 – Configuração do processamento na D1. ....	87

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Principais elementos do mapeamento de processos.....	33
Quadro 2 - Exemplo de aplicação do método 5W2H.....	40
Quadro 3 - Dados de produção do trimestre de 2021.....	64
Quadro 4 - Categorias de paradas.....	66
Quadro 5 - Subcategorias de ajustes e <i>setup</i> 's da linha Decoplas.....	67
Quadro 6 - Subcategorias de ajustes e <i>setup</i> 's da Flexo.....	68
Quadro 7 – Dados de produção e perdas da simulação do sistema real.....	85
Quadro 8 – Máximo e mínimo do intervalo de confiança.....	86
Quadro 9 - Produção e perdas da Decoplas com utilização total.....	89
Quadro 10 - Produção e perdas para 3 linhas Decoplas.....	90
Quadro 11 - Produção e perdas para 3 linhas Decoplas com utilização total.....	91
Quadro 12 - Produção e perdas com instalação da câmera (otimista).....	95
Quadro 13 - Produção e perdas com instalação da câmera (realista).....	96
Quadro 14 - Produção e perdas com instalação da câmera (pessimista).....	97
Quadro 15 - Produção e perdas com uso correto do ferramental e troca de fita (otimista).....	98
Quadro 16 - Produção e perdas com uso correto do ferramental e troca de fita (realista). .....	99
Quadro 17 - Produção e perdas com uso correto do ferramental e troca de fita (pessimista).....	100
Quadro 18 - Tempos das melhorias em cada cenário.....	101
Quadro 19 - Produção e perdas com todas as melhorias aplicadas (otimista).....	102
Quadro 20 - Produção e perdas com todas as melhorias aplicadas (realista).....	103
Quadro 21 - Produção e perdas com todas as melhorias aplicadas (pessimista).....	104
Quadro 22 - OEE atual.....	104
Quadro 23 – Intervalo de confiança da ociosidade na Flexo.....	105
Quadro 24 - OEE com a instalação da câmera.....	106
Quadro 25 - Intervalo de confiança da quantidade de refugo e ociosidade na decoplas .....	107
Quadro 26 - OEE com as melhorias na Decoplas.....	107

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Crescimento da produção física por classes em embalagens (Crescimento anual).....	21
Tabela 2 - Principais elementos do diagrama de Ishikawa.....	36
Tabela 3 - Categorias do diagrama de Ishikawa.....	37
Tabela 4 - 5W2H. ....	39
Tabela 5 - Tipos de perdas abordadas no OEE.....	42
Tabela 6 - Dados de produção acumulada do trimestre .....	65
Tabela 7 - Tempos disponíveis e tempos de paradas da Decoplas.....	77
Tabela 8 - Tempo disponível e tempo de paradas tratados por dia da Decoplas.....	78
Tabela 9 - Tempos sem parada planejada da Decoplas. ....	78
Tabela 10 - Tempos disponíveis e tempos de paradas da Flexo.....	80
Tabela 11 - Tempo disponível e tempos de paradas tratados por dia da Flexo.....	80
Tabela 12 - Tempos sem parada planejada da Flexo.....	81
Tabela 13 – Tempos de paradas Decoplas com utilização total. ....	88
Tabela 14 – Tempo disponível da Flexo (otimista).....	92
Tabela 15 - Tempo disponível da Flexo (realista).....	93
Tabela 16 - Tempo disponível da Flexo (pessimista).....	94

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Valor bruto da produção em bilhões de reais.....	20
Gráfico 2 - Produção de bisnagas (em milhões).....	21
Gráfico 3 - Representatividade da linha D1. ....	22
Gráfico 4 - Motivos de perdas. ....	69
Gráfico 5 - Diagrama de Pareto com o tempo de paradas por categorias na linha Decoplas .....	70
Gráfico 6 - Diagrama de Pareto com o tempo de paradas por ajustes na linha Decoplas .....	71
Gráfico 7 - Diagrama de Pareto com o tempo de paradas por categorias na Flexo....	72
Gráfico 8 - Diagrama de Pareto com o tempo de paradas por ajustes na Flexo.....	73
Gráfico 9 - Refugo Decoplas.....	79
Gráfico 10 – Utilização atual das máquinas.....	83
Gráfico 11 - Dados da linha com a utilização total. ....	89
Gráfico 12 - Dados da capacidade da Flexo.....	90
Gráfico 13 - Dados capacidade Flexo com 2 Decoplas com utilização total. ....	91
Gráfico 14 - Capacidade com alteração do <i>setup</i> Flexo (otimista) .....	92
Gráfico 15 - Capacidade com alteração do <i>setup</i> Flexo (realista).....	93
Gráfico 16 - Capacidade com alteração do <i>setup</i> Flexo (pessimista).....	94
Gráfico 17 - Capacidade com instalação da câmera (otimista). ....	95
Gráfico 18 - Capacidade com instalação da câmera (realista).....	96
Gráfico 19 - Capacidade com instalação da câmera (pessimista) .....	97
Gráfico 20 - Capacidade com uso correto do ferramental e troca de fita (otimista) ..	98
Gráfico 21 - Capacidade com uso correto do ferramental e troca de fita (realista)....	99
Gráfico 22 - Capacidade com uso correto do ferramental e troca de fita (pessimista). .....	100
Gráfico 23 - Capacidade com todas as melhorias aplicadas (otimista).....	101
Gráfico 24 - Capacidade com todas as melhorias aplicadas (realista) .....	102
Gráfico 25 - Capacidade com todas as melhorias aplicadas (pessimista) .....	103
Gráfico 26 - Comparação dos OEE com o OEE atual na Flexo.....	106
Gráfico 27 - Comparação dos OEE com o OEE atual na Decoplas .....	108

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

ABRE – Associação Brasileira de Embalagens

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PIA – Pesquisa Industrial Anual

OPs – Ordens de Produção

Qtd – Quantidade

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	19
<b>1.1.1</b>	<b>Processo Produtivo .....</b>	<b>22</b>
1.2	OBJETIVOS .....	23
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>23</b>
1.3	JUSTIFICATIVA .....	24
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	25
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	25
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>26</b>
2.1	MODELAGEM E SIMULAÇÃO .....	26
<b>2.1.1</b>	<b>Simulação Computacional .....</b>	<b>26</b>
2.1.1.1	<i>Etapa de planejamento .....</i>	28
2.1.1.2	<i>Etapa de modelagem.....</i>	29
2.1.1.3	<i>Etapa de experimentação .....</i>	29
2.1.1.4	<i>Etapa para tomada de decisão .....</i>	30
<b>2.1.2</b>	<b>Software de Simulação .....</b>	<b>30</b>
2.2	ELABORAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIAS.....	32
<b>2.2.1</b>	<b>Mapeamento de Processos .....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Técnicas de Análise dos Processos.....</b>	<b>33</b>
2.2.2.1	<i>Diagrama de Pareto .....</i>	34
2.2.2.2	<i>Diagrama de Ishikawa.....</i>	35
2.2.2.3	<i>Método 5W2H.....</i>	38
<b>2.2.3</b>	<b>Indicador de Eficiência.....</b>	<b>40</b>

<b>3</b>	<b>MÉTODOS ADOTADOS .....</b>	<b>45</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DE PESQUISA .....	45
3.2	ETAPAS DE PESQUISA.....	46
<b>3.2.1</b>	<b>Materiais .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Métodos.....</b>	<b>47</b>
3.2.2.1	<i>Formulação e análise do problema.....</i>	47
3.2.2.2	<i>Planejamento do projeto.....</i>	48
3.2.2.3	<i>Formulação do modelo conceitual .....</i>	48
3.2.2.4	<i>Coleta e análise de dados .....</i>	48
3.2.2.5	<i>Tradução do modelo.....</i>	49
3.2.2.6	<i>Verificação e validação do modelo .....</i>	49
3.2.2.7	<i>Projeto experimental .....</i>	50
3.2.2.8	<i>Análise estatística dos resultados.....</i>	50
3.2.2.9	<i>Comparação e identificação das melhores soluções.....</i>	50
3.2.2.10	<i>Documentação e apresentação dos resultados.....</i>	50
<b>4</b>	<b>MODELO DESENVOLVIDO.....</b>	<b>51</b>
4.1	DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO.....	51
<b>4.1.1</b>	<b>Flexografia.....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Refilamento .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Extrusão.....</b>	<b>54</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Heading.....</b>	<b>56</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Injeção de tampas .....</b>	<b>58</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Aplicação de tampa.....</b>	<b>59</b>
<b>4.1.7</b>	<b>Embalagem dos tubos.....</b>	<b>60</b>
4.2	MAPEAMENTO DOS PROCESSOS DA EMPRESA .....	61
4.3	MELHORIAS PROPOSTAS .....	63
<b>4.3.1</b>	<b>Dados Coletados.....</b>	<b>63</b>

4.3.2	Aplicação do diagrama de Pareto .....	69
4.3.3	Aplicação do método de Ishikawa .....	73
4.3.4	Aplicação do método de 5W2H .....	76
4.4	SIMULAÇÃO .....	76
4.4.1	Simulação do modelo real .....	76
5	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>87</b>
5.1	CENÁRIOS PROPOSTOS.....	87
5.1.1	Utilização total da Decoplas.....	88
5.1.2	Capacidade atual da Flexo.....	89
5.1.3	<i>Setup</i> .....	91
5.1.4	Insumo .....	95
5.1.5	Guia de partida .....	97
5.1.6	Todas as melhorias aplicadas .....	100
5.2	OEE REAL .....	104
5.3	OEE APLICADO ÀS MELHORIAS AOS CENÁRIOS PROPOSTAS .....	105
6	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>109</b>
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	109
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>111</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo visa contextualizar o tema abordado neste trabalho, demonstrar o processo produtivo, justificar a pesquisa e expor seus objetivos, além de trazer a delimitação e a estrutura do trabalho.

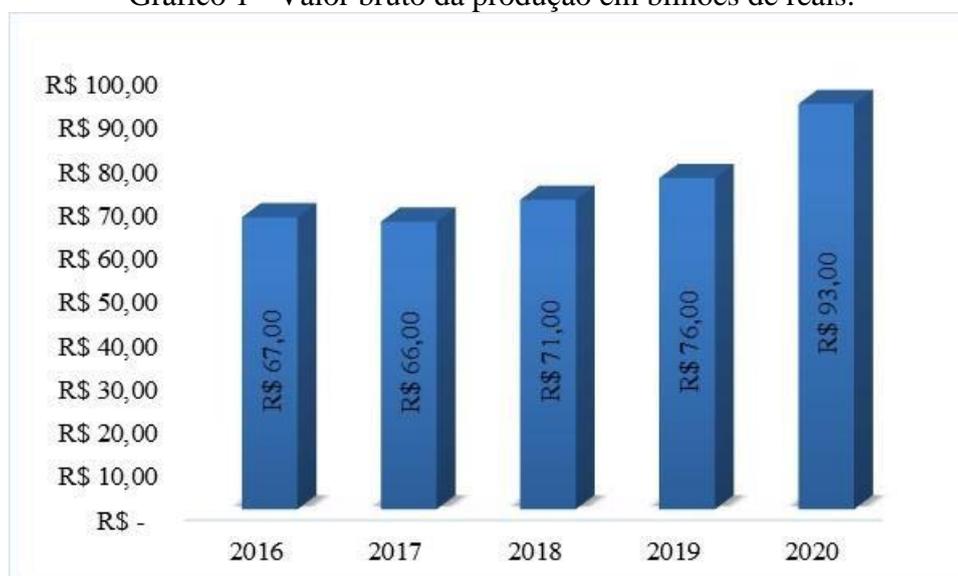
### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Empresas que têm como parte de seus objetivos manter-se competitivas no mercado, devem atender às expectativas de seus clientes, produzindo cada vez com mais qualidade, mantendo seus processos e procedimentos internos com a menor variabilidade possível e reduzindo custos desnecessários (CONTADOR, 1998).

De acordo com Godke (2016), as exigências do mercado e a competitividade têm aumentado nos últimos anos, estimulando as indústrias de diferentes setores a buscarem otimizar seus processos produtivos, por consequência, diminuir ao máximo seus desperdícios. Com as constantes mudanças e exigências do mercado, as empresas devem continuamente buscar pela eficiência, sendo sempre capazes de produzir mais com custo cada vez mais baixo. O setor de embalagens plásticas segue essas mesmas exigências (HANSEN, 2006).

As embalagens plásticas vêm ganhando cada vez mais espaço dentro da indústria moderna, apresentando propriedades variadas e versatilidade muitas vezes não encontrada nas embalagens de materiais tradicionais. Segundo a Associação Brasileira de Embalagem (ABRE), no ano de 2020 o valor bruto da produção física de embalagens atingiu R\$92,9 bilhões.

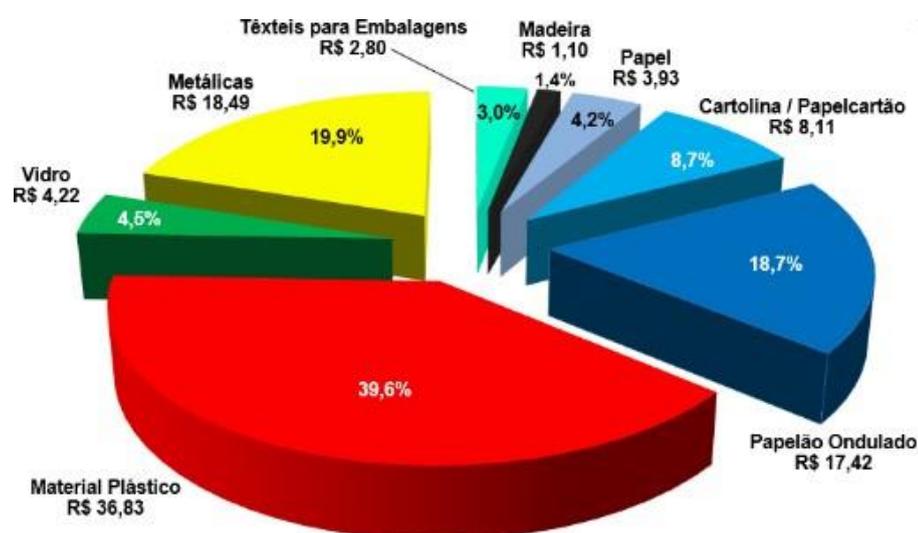
Gráfico 1 - Valor bruto da produção em bilhões de reais.



Fonte: IBGE (2021).

O setor de embalagens plásticas apresentou a maior participação desse montante, correspondendo a 39,6% do total.

Figura 1 - Valor bruto da produção por segmento em bilhões de reais.



Fonte: IBGE – PIA (2021).

Apesar de estar passando por uma crise causada por uma pandemia mundial, a produção de embalagens plásticas manteve-se em crescimento, algo que não aconteceu com os

demais materiais, esse crescimento da produção mostra a importância do plástico como material para embalagens, como pode ser observado na tabela 1.

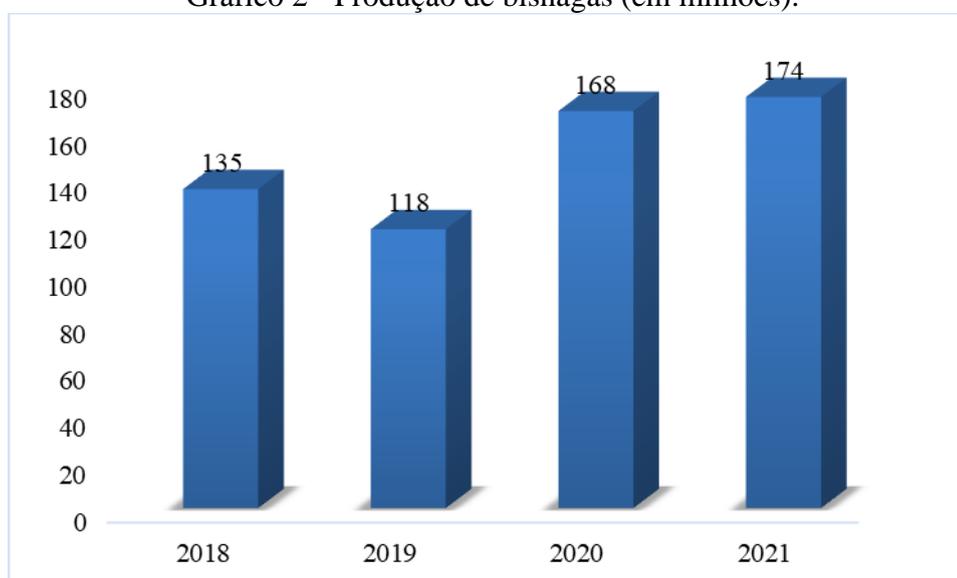
Tabela 1 - Crescimento da produção física por classes em embalagens (Crescimento anual).

	2017	2018	2019	2020
<b>EMBALAGENS</b>	1,9%	2,6%	3,1%	0,5%
<b>Plástico</b>	3,2%	2,2%	2,5%	6,8%
<b>Vidro</b>	3,4%	1,7%	12,2%	-16,4%
<b>Metálicas</b>	-2,8%	2,8%	6,1%	-1,1%
<b>Papel/Papelão</b>	2,9%	2,9%	0,6%	1,0%
<b>Madeira</b>	0,6%	6,6%	-21,2%	-24,1%

Fonte: IBGE (2021).

Neste trabalho, será analisada uma linha de produção específica de uma indústria produtora de bisnagas de polímero. Atualmente a C-Pack é líder no mercado latino-americano neste segmento. Em 2021 a empresa produziu 174,2 milhões de bisnagas. Esta empresa atende principalmente o mercado de cosméticos, que vem crescendo ao longo dos anos. Dessa forma, mesmo em um período de pandemia, a fábrica aumentou o volume de produção anual.

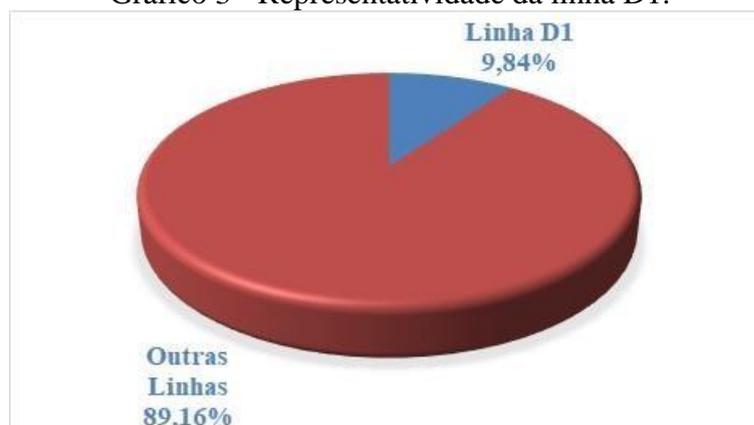
Gráfico 2 - Produção de bisnagas (em milhões).



Fonte: C-Pack (2021).

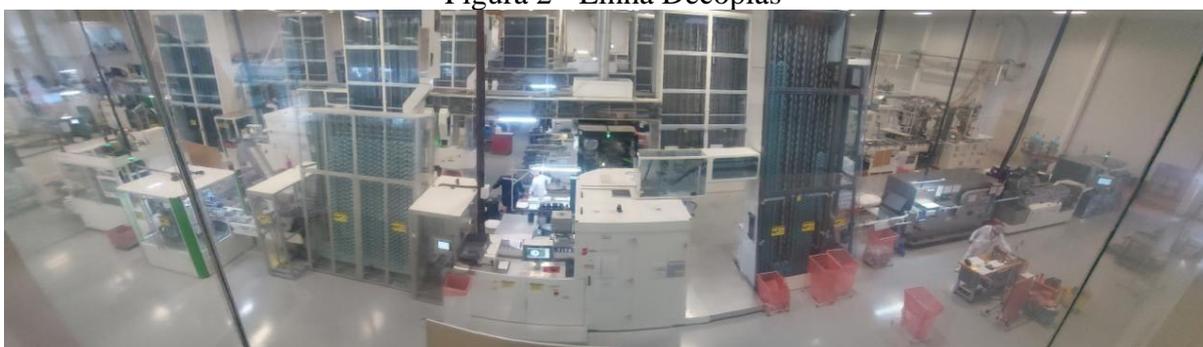
A linha é responsável pela produção de 9,84% das bisnagas prontas produzidas em toda fábrica. No gráfico 3, pode ser observada a representatividade da linha em comparação às demais e na figura 2 é apresentada a linha de produção que será analisada.

Gráfico 3 - Representatividade da linha D1.



Fonte: C-Pack (2021).

Figura 2 - Linha Decoplas



Fonte: Autor (2022).

### 1.1.1 Processo Produtivo

A C-Pack produz tubos plásticos utilizados como embalagem para diversos produtos, entre eles, cosméticos e farmacêuticos. Estes tubos podem ser divididos em quatro partes: Filme, luva (tubo extrudado), ombro (extremidade na qual se encaixa a tampa ao tubo) e a tampa. Para a produção dessas quatro partes, são realizados processos distintos em diversas máquinas e assim podem ser ordenados em sete etapas: impressão (filme), refilamento (ajuste da geometria do filme) extrusão (luva), *heading* (aplicação do ombro à luva), injeção (produção da tampa), aplicação da tampa ao tubo e embalagem dos tubos.

A primeira etapa representa a extrusão onde o tubo com o filme (decoração) aplicado, em seguida a segunda etapa é representada pelo *heading* onde o tubo está com o ombro aplicado, pôr fim a terceira etapa é aplicação da tampa. A figura 3 mostra a evolução de uma bisnaga em cada processo.

Figura 3 - Evolução do tubo em cada etapa do processo.



Fonte: C-Pack (2018).

## 1.2 OBJETIVOS

Aplicar um modelo de simulação para comparação de cenários em uma linha de produção de bisnagas poliméricas de uma indústria da grande Florianópolis, visando a melhoria de processo e ampliação da produção.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

- Propor e analisar possíveis melhorias e mudanças na linha de produção;
- Simular diferentes cenários, a fim de encontrar melhores estratégias, auxiliando na tomada de decisão;
- Avaliar a possibilidade de aumento de produção;

- Mapear a linha de produção;
- Analisar o modelo adequado quanto a redução de incertezas.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Diante da constante competitividade nas indústrias, a busca por maximizar a produtividade, minimizar custos e riscos, juntamente com os desafios e dificuldades enfrentadas pelo cenário econômico mundial, otimizar recursos a fim de ter um maior aproveitamento dos mesmos, buscando a melhora do desempenho, se tornam cada vez mais relevantes. Quando os recursos são geridos de forma eficiente, esse setor se torna um diferencial competitivo, uma vez que disponibiliza formas para a empresa obter vantagens a curto, médio e longo prazo. Com o aumento da produtividade e disponibilidade, principalmente em períodos de crise, tais vantagens se tornam mais desejadas (TUBINO, 1999).

Eficiência e produtividade são termos que constantemente são utilizados dentro da esfera da produção e, segundo Ohno (1997), essa relação trata da capacidade de realizar atividades com o mínimo de desperdício e/ou custos, sempre buscando maximizar a quantidade produzida pela máquina, alcançando o máximo de sua capacidade produtiva.

Em um setor competitivo, empresas que possuem uma grande fatia do mercado necessitam estabelecer estratégias que sejam eficientes e capazes de produzir e atender a este mercado (KLIPPEL, 2005).

Neste sentido, o presente estudo visa abordar, os principais motivos que influenciam na produtividade, disponibilidade e refugo da linha, assim como propor melhorias e simular o impacto que essas mudanças irão causar nos indicadores, tendo como objeto de estudo uma linha recém implantada em uma empresa de grande porte na produção de bisnagas poliméricas. O presente estudo também visa avaliar por meio de simulação a possibilidade de expansão do parque fabril com aquisição de novas linhas.

Dentre os fatores que influenciam o indicador utilizado atualmente na empresa estão as paradas de máquina, redução na velocidade de produção e quantidade de material refugado.

Justifica-se, portanto, a abordagem de metodologias para proposição na melhoria de processos produtivos e a utilização de simulação, assim como a possibilidade de aquisição de novas linhas Decoplas, com os recursos existentes atualmente na Flexografia.

#### 1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Para garantir maior foco à análise no desenvolvimento do presente trabalho é realizada a delimitação do escopo da pesquisa. Este estudo está limitado a analisar uma linha específica da fábrica, englobando apenas as máquinas que fazem parte dela. Setores e áreas que fornecem insumos e suporte à linha não serão tratadas. Os produtos, apesar de suas inúmeras diferenças, serão tratados como um único produto acabado. Vale ressaltar que o trabalho foca na simulação de diferentes cenários que serão propostos, mas não apresentará a aplicação ou análise de viabilidade técnica ou financeira sobre as proposições.

#### 1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em 6 capítulos, no primeiro capítulo está apresentado a introdução, em seguida, no segundo capítulo, é apresentado o referencial teórico que disserta sobre simulação computacional e sua aplicação para análise das propostas de melhorias, apresentando metodologias e ferramentas capazes de identificá-las, assim como a apresentação de métricas aptas a avaliar essas alterações no sistema produtivo, com base na literatura.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia para aplicação das ferramentas, a elaboração das propostas de melhorias e a modelagem da simulação.

O quarto capítulo apresenta o mapeamento dos processos que ocorrem na linha, o tratamento dos dados coletados na empresa para a aplicação do diagrama de Pareto, em seguida a escolha dos principais motivos de paradas onde serão aplicados o diagrama de Ishikawa e o método 5W2H, logo, definindo como e quais ações serão necessárias para mitigar essas paradas. Ainda neste capítulo serão expostos os dados necessários para a criação do protótipo de simulação, assim como a própria simulação da linha.

O quinto capítulo apresenta a simulação e os resultados das melhorias propostas e seus respectivos cenários de avaliação. Após os cenários serem simulados, ocorrerá a coleta dos resultados fornecidos pelo Promodel, esses dados são inseridos no cálculo do OEE e assim comparado com o indicador de OEE existente na empresa referente ao período analisado. Por fim, no sexto capítulo é apresentada a conclusão e a indicação para futuros trabalhos.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo serão abordadas as definições fundamentais e os conteúdos necessários para o entendimento do trabalho apresentado. Logo, serão apresentados diversos conceitos para cada tema, tendo como objetivo seguir diferentes linhas de pensamentos, para encontrar um maior embasamento teórico.

### **2.1 MODELAGEM E SIMULAÇÃO**

A modelagem de simulação surgiu com o objetivo de realizar experimentos por meio de computadores, utilizando técnicas numéricas e modelos lógicos. Essas modelagens alcançam um grau elevado de precisão ao descrever um sistema de produção para longos períodos, oferecendo dessa maneira a possibilidade de prever quais serão os resultados encontrados antes mesmo de efetivamente executar, construir ou alterar um projeto (NAYLOR, 2009).

#### **2.1.1 Simulação Computacional**

Segundo Freitas Filho (2008), a simulação é o processo de modelar, através de um modelo matemático computacional, uma estrutura física. Afirma, ainda, que por meio da simulação computacional é possível representar um sistema real e analisar seu comportamento, podendo assim entender quais serão os resultados para diferentes cenários de aplicação, sem que seja necessário construir ou modificar essa estrutura fisicamente.

De acordo com Pegden (1990), a simulação é o processo de realizar experimentos com um modelo computacional projetado para simular um sistema real, com o propósito de estudar e entender o comportamento do sistema simulado, a fim de compreender o comportamento e assim estabelecer e avaliar estratégia para sua operação, inclusive analisar as possíveis mudanças no sistema produtivo ou até mesmo em mudanças no cenário em que esse sistema esteja inserido.

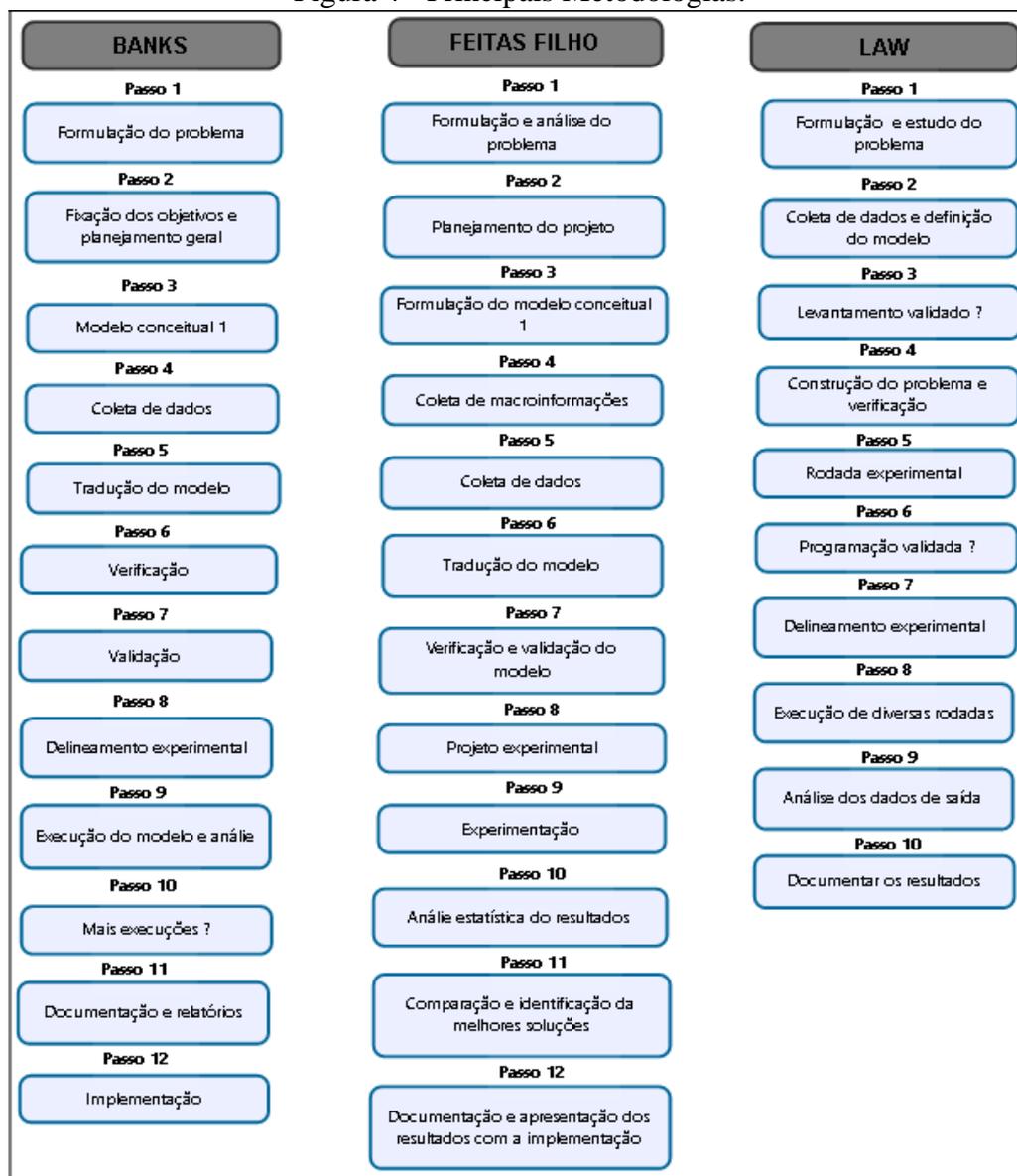
Já Schappo (2006) define que, “simulação computacional usa técnicas matemáticas, aplicadas por computadores, para simular o funcionamento de operações ou processos situações reais”.

As ferramentas de simulação oferecem a possibilidade de simular o processo atual, testar diversas alternativas e cenários e assim comparar com o cenário atual, obtendo uma visão prévia da aplicabilidade do novo projeto. A simulação discreta é uma das principais abordagens da simulação computacional onde são descritos os eventos que ocorrem de forma relativamente espaçada durante o tempo. Essa abordagem utiliza funções probabilísticas, podendo modelar sistemas mais complexos (VIEIRA, 2006).

Para o desenvolvimento e construção de simulação, existem diversas metodologias que foram propostas por autores da área. Dessa forma serão descritas três metodologias com grande citação e aplicação na área.

A escolha recaiu sobre as metodologias apresentadas em Banks et al. (2010), Law (2007) e Freitas Filho (2008). Na figura 4 estão expostos a sequência de passos citados por cada autor.

Figura 4 - Principais Metodologias.



Fonte: Adaptado de Banks et al. (2010), Law (2007) e Freitas Filho (2008).

De acordo com a figura 4, os passos para o estudo de modelagem de simulação podem ser agrupados em quatro etapas: etapa de planejamento, modelagem, experimentação e tomada de decisão.

### 2.1.1.1 Etapa de planejamento

Formulação e análise do problema, deve-se definir de forma clara os objetivos e propósitos do problema que será abordado pela modelagem de simulação.

Planejamento do projeto é composto pela verificação dos recursos disponíveis, sendo eles, os custos, dados e necessidades para todos os cenários que serão analisados. Também deve ser construído um cronograma com as atividades que serão desenvolvidas no projeto.

A formulação do modelo conceitual trata-se construção de um esboço do sistema que será simulado, descrevendo quais são as variáveis desse sistema assim como as interações lógicas existentes.

Por fim, a coleta das macros informações e dados. Neste passo serão coletados os dados, informações, fatos e estatísticas fundamentais. Essas informações podem ser oriundas de observações, experimentos ou arquivos históricos.

#### *2.1.1.2 Etapa de modelagem*

Coleta de dados e informações encontrados no sistema real.

Tradução do modelo é o passo que transforma o modelo conceitual em linguagem de programação utilizada na simulação. De modo geral são utilizados softwares de simulação para a execução desse passo.

Verificação e validação trata da análise e verificação dos dados e resultados obtidos pela simulação, onde são comparados ao sistema real. Diversas técnicas estatísticas podem ser utilizadas, quando os dados reais não estão disponíveis para comparação, como a utilização de intervalos de confiança.

#### *2.1.1.3 Etapa de experimentação*

Projeto experimental final é o conjunto de experimentos e dados que sejam capazes de produzir às informações desejadas, sendo necessário detalhar como a simulação foi realizada, a fim de atender às expectativas inerentes ao projeto.

Experimentação é o passo em que são executadas as simulações e assim coletados os resultados e informações dos cenários desejados.

Análise estatística dos resultados, trata-se da análise e interpretação dos obtidos na simulação. Neste ponto deve ser verificado a necessidade de uma maior quantidade de replicações para que seja alcançada a precisão estatística desejada.

#### 2.1.1.4 Etapa para tomada de decisão

Comparação de sistemas e identificação das melhores soluções é o passo em que ocorre a comparação da simulação obtida com modelos já existentes, analisando qual sistema entrega o resultado mais adequado.

Documentação trata-se de esclarecer tudo o que foi desenvolvido durante o projeto, deixando de forma clara, para que no futuro esse mesmo projeto possa servir como um manual de uso do modelo, dos resultados que foram obtidos e caso seja necessário, para modificações no mesmo.

Apresentação dos resultados e implementação é o passo que busca apresentar os resultados e esses devem demonstrar os esforços das etapas que foram desenvolvidas, questões técnicas e operacionais. Neste passo a animação em 3D pode ser utilizada para facilitar o entendimento do modelo de simulação implementado.

### 2.1.2 Software de Simulação

A realização de um projeto industrial sempre apresentará a necessidade de envolver recursos humanos, materiais e financeiros, e, por consequência investimentos consideráveis. Sendo assim, as empresas antes de implementar um novo negócio, sistema ou até mesmo adquirir novos equipamentos, tem expectativa de que o retorno financeiro seja maior que o valor investido.

A simulação por meio de ferramentas computacionais é um método de avaliar a viabilidade das propostas e se elas trarão os benefícios e vantagens desejadas, sem que haja desperdícios e utilizando poucos recursos.

Dessa forma serão apresentadas características do ProModel®, este *software* foi desenvolvido pela ProModel Corporation. No ProModel® o modelo de animação e simulação estão vinculados desde o início da modelagem (JUNQUEIRA, 2018).

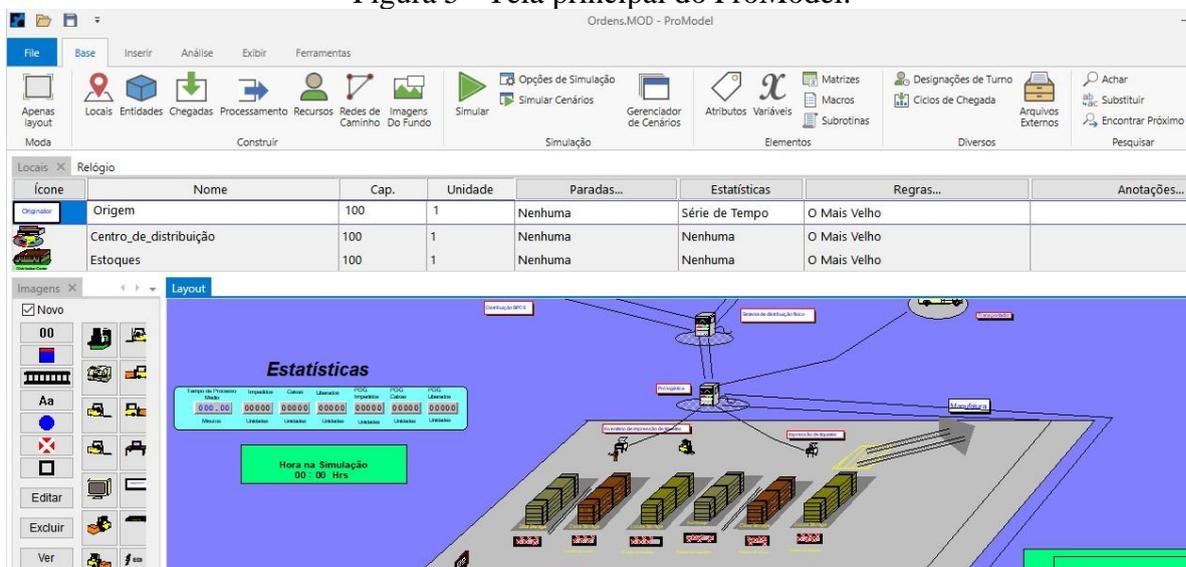
Segundo Junqueira (2018), os principais elementos deste *software* são:

- **LOCATIONS:** São elementos fixos onde as operações acontecem. São definidos nos locais: capacidade, unidades e regras de atendimento.

- **ENTITIES:** São elementos móveis que sofrem alguma transformação nos **LOCATIONS**. Podem representar matéria-prima, produtos, documentos, informações, pessoas etc. O ProModel® possibilita parametrizar as características das entidades (velocidade, dimensões, tipo).
- **ARRIVALS:** É preciso definir a forma como as entidades chegam ao sistema. Através de **ARRIVALS**, definem-se parâmetros como local da chegada da entidade no sistema, quantidade, frequência e distribuições de probabilidade.
- **PROCESSING:** Os processos definem as interligações entre os locais, os tempos de operação, os recursos necessários, a lógica de movimentação, os roteamentos de entidades etc.
- **RESOURCES:** Os recursos são elementos necessários para a operação das entidades. Podem corresponder a equipamentos de transporte ou recursos humanos. O modelador pode definir características específicas às mesmas.
- **PATH NETWORKS:** Definem o caminho pelo qual os recursos se movimentam, e as inter-relações desses recursos com os locais e entidades.

Também é possível inserir comandos específicos de simulação e criar rotinas específicas através do *Logic Builder*. Este recurso do *software* oferece uma maior flexibilidade para programação de diferentes lógicas, em função de diferentes sistemas em estudo.

Figura 5 - Tela principal do ProModel.



Fonte: Elaboração própria (2022).

## 2.2 ELABORAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIAS

Nesta seção são apresentadas as metodologias necessárias para embasar a criação de propostas que sejam capazes de trazer melhorias para pontos críticos dentro da operação de uma linha produtiva.

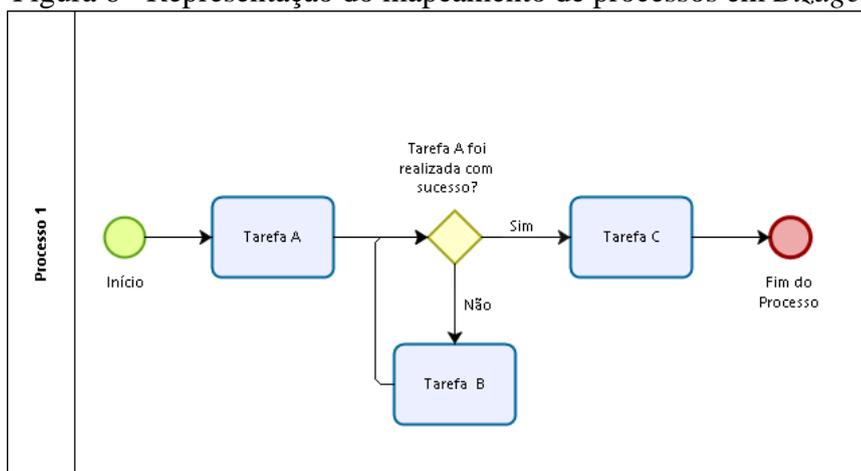
### 2.2.1 Mapeamento de Processos

O mapeamento dos processos é basicamente uma ferramenta gerencial capaz de apresentar os processos existentes de uma indústria. Essa ferramenta tem como princípio ajudar a melhorar os processos e assim tornar possível a visualização de prováveis melhorias nessa organização (JOHANSSON et al., 1995).

Segundo Villela (2000), “o mapeamento de processos é de grande importância para gestores e empresas que tem como objetivos propor melhorias nos seus processos produtivos”.

De acordo com Hunt (1996), o objetivo principal do mapeamento de processos é sugerir soluções para possíveis problemas ou, se necessário, propor a implementação de novos processos. A elaboração de um mapeamento de processos, além de permitir uma maior visibilidade e clareza do fluxo da cadeia produtiva de uma organização também proporciona oportunidades de melhoria para mesma, bem como auxilia na padronização dos processos da empresa. A seguir é apresentado na Figura 6 um modelo de mapeamento de processos.

Figura 6 - Representação do mapeamento de processos em Bizage.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Seguindo o que pode ser observado na Figura 6, o procedimento mais adequado para a construção de um mapeamento de processos, consiste em utilizar verbos no infinitivo, ou seja, para que o verbo não esteja relacionado com nenhum tempo, para que dessa forma seja demonstrado que as ações ainda serão realizadas (PEREIRA et al., 2018).

A simbologia utilizada no mapeamento de processos é simples e de fácil entendimento, logo, no quadro 1 são apresentados os principais símbolos e seus respectivos significados.

Quadro 1 Principais elementos do mapeamento de processos.

Elemento	Descrição	Simbologia
Evento de início	Indicação de início do processo.	
Evento de término	Indicação de fim do processo.	
Tarefa	Representa as atividades que devem ser desenvolvidas no processo.	
Gateway	Representa um ponto de decisão, neste ponto o processo é separado em dois caminhos, o processo seguirá determinado caminho de acordo com a resposta (afirmativa ou negativa).	
Fluxo de processo	Demonstra o sentido em que o fluxo das atividades deve seguir no processo.	

Fonte: Elaboração própria (2022).

### 2.2.2 Técnicas de Análise dos Processos

Realizar o mapeamento do processo produtivo é o primeiro passo para que seja possível realizar melhorias na organização. Em seguida é necessário realizar uma avaliação qualitativa dos principais pontos considerados críticos no processo anteriormente mapeado,

para essa análise existem diversas ferramentas que auxiliam na verificação de eventuais problemas e assim elaborar e propor melhorias ao processo. Entre elas estão o Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa e o Método 5W2H para a elaboração de um plano de ação capaz de atender as necessidades das melhorias propostas.

### 2.2.2.1 Diagrama de Pareto

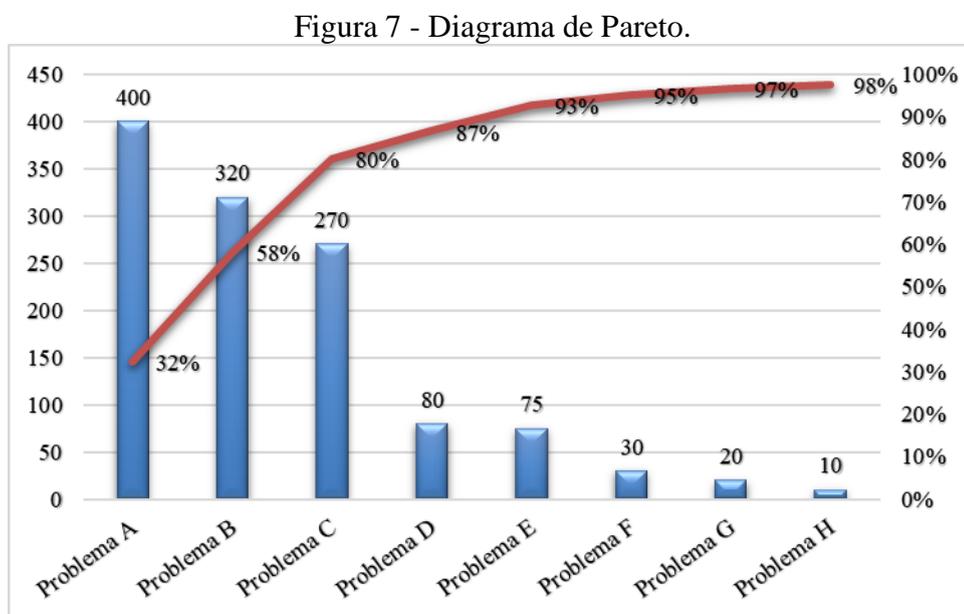
O diagrama de Pareto é definido como um recurso gráfico, formado por barras verticais, onde estão dispostas as informações de forma evidentes e visualmente claras. As informações demonstradas através do diagrama de Pareto permitem determinar e estabelecer metas numéricas possíveis de serem atingidas (WERKEMA,1995).

O princípio de Pareto foi desenvolvido pelo Engenheiro Romeno Joseph Juran na década de 50, onde ele utilizou a teoria de interação entre massas e elite, mais conhecida como “Teorias das Elites”, teoria desenvolvida pelo sociólogo e economista Italiano Vilfredo Pareto, que em seus estudos identificou que a distribuição de renda acontecia de forma desigual, dado que 80% das riquezas estavam em posse de 20% da população. Quando esse diagrama é aplicado a realidade de uma empresa, ele mostra que os problemas mais custosos ou que mais afetam uma empresa vêm da origem de poucas causas, sabendo dessa informação, pode-se concentrar as forças nos problemas que após resolvidos trarão um maior resultado. Logo, o princípio de Pareto afirma que 20% dos problemas que afetam uma empresa, podem representar 80% das perdas, sejam estas, perda de disponibilidade, produtividade e refugo (CARPINETTI, 2010).

De acordo com Carpinetti (2010), as etapas para a construção de um diagrama de Pareto são as seguintes:

- Selecionar os tipos de problemas ou causas que se pretende comparar, frequência de ocorrência de diferentes tipos de defeitos resultantes de um processo, ou causas para ocorrência de um problema. Esta seleção é feita através de dados coletados ou através de discussão em grupo (*brainstorming*).
- Selecionar a unidade de comparação.
- Definir o período sobre o qual os dados serão coletados.
- Coletar os dados no local.
- Listar na ordem decrescente as categorias da esquerda para a direita, no eixo horizontal, na ordem de frequência de ocorrência.

Na figura 7 está apresentado um modelo de diagrama de Pareto.



Fonte: Elaboração própria (2022).

#### 2.2.2.2 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de *Ishikawa* também é conhecido como diagrama de espinha de peixe ou diagrama de causa e efeito, sendo assim é uma das ferramentas da qualidade utilizadas como apoio no desenvolvimento da qualidade e/ou no auxílio à tomada de decisão para diversificados problemas. Essa ferramenta recebeu o mesmo nome do seu criador, Kaoru Ishikawa, engenheiro de controle de qualidade que durante as décadas de 40, 50 e 60, desenvolveu métodos de análise de controle de qualidade que foram empregados em empresas japonesas (CAUCHICK, 2001).

Segundo Marshall Junior et al. (2008), o diagrama de *Ishikawa* é uma ferramenta usada para encontrar possíveis e prováveis motivos que são a causa de determinados problemas (efeitos), onde essas causas são agrupadas em categorias e semelhanças estabelecidas, como apresentado na tabela 2.

Tabela 2 - Principais elementos do diagrama de Ishikawa.

<b>Principais Elementos</b>	<b>Descrição</b>
<b>Efeito</b>	Aquilo que é produzido ou acontece por uma causa, resultado, consequência.
<b>Problema</b>	Dificuldade na obtenção de um determinado objetivo ou resultado esperado, uma situação difícil que exige uma solução, no Diagrama de Ishikawa é comum que o problema apareça como um questionamento.
<b>Categoria</b>	Locais ou meios em que podem ser a fonte das causas dos problemas.
<b>Causa primária ou Principal</b>	Causas que são mais notáveis, essas causas principais deverão agrupar as sub causas.
<b>Causa secundária</b>	São as sub causas das causas principais, são ramificações que podem ter gerado a causa principal.

Fonte: Adaptado de Diagrama de Ishikawa (2022).

O método de Ishikawa parte do princípio de que cada problema tem um número limitado de causas primárias. Como inicialmente ele foi elaborado com o intuito de ser utilizado nas indústrias, as causas são agrupadas ou associadas a 6 categorias, também conhecidas como 6 M, sendo elas, máquina, mão de obra, medida, método, materiais e meio ambiente.

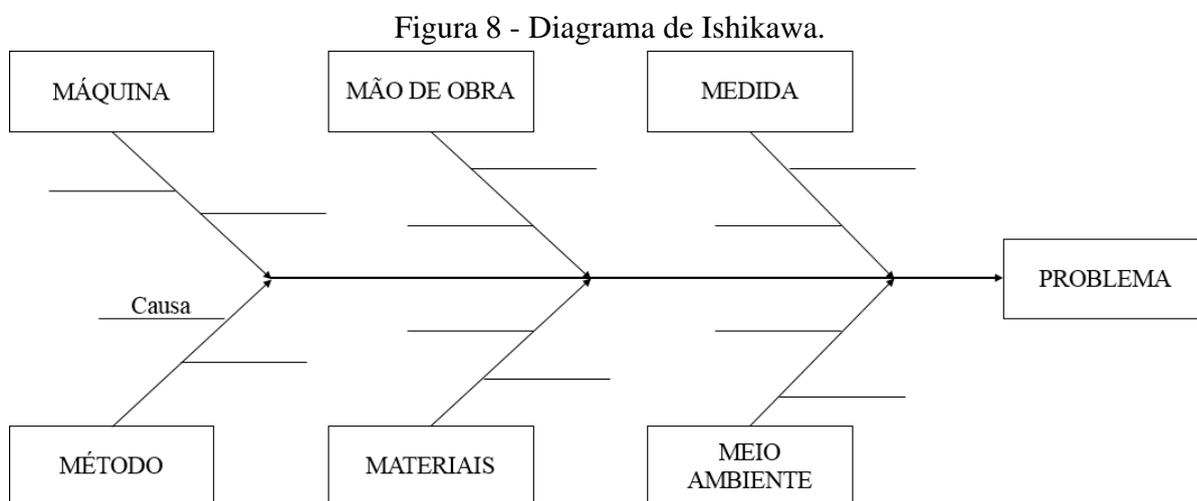
Tabela 3 - Categorias do diagrama de Ishikawa.

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Máquina</b>	Causas originadas por problemas com as máquinas da fábrica	Falha no maquinário, funcionamento incorreto da máquina, máquina causando defeito do processo
<b>Mão de Obra</b>	Causas originadas de atitudes e dificuldades dos operadores na execução do processo	Imprudência, falta de qualificação ou treinamento, pressa ao realizar as atividades.
<b>Medida</b>	Causas que envolvem as métricas que são usadas para medir, monitorar e controlar o trabalho.	Falha nos indicadores, metas, calibração de instrumentos de medição.
<b>Método</b>	Procedimentos e métodos utilizados para realização das atividades.	Falhas no planejamento, na execução do que foi planejado, não utilização de ferramentas adequadas.
<b>Materiais</b>	Causas originadas da matéria-prima ou o material que foi utilizado no processo não está em conformidade com as exigências para a realização do trabalho	Matéria-prima de baixa qualidade, tamanho incorreto, material fora do prazo de validade ou fora da temperatura ideal.
<b>Meio Ambiente</b>	Causas originadas no ambiente interno e ambiente externo da empresa.	Poluição, temperaturas extremas, falta de espaço, layout, barulho, má organização, sujeira.

Fonte: Adaptado de Marshall Junior et al. (2008)

O diagrama de- Ishikawa tem como uma de suas grandes vantagens, simplificar processos considerados complexos dividindo-os em processos mais simples e, por consequência, mais controláveis. (TUBINO, 2000 apud HOLANDA; PINTO, 2009)

Essa ferramenta pode ser construída seguindo algumas etapas, que são a discussão do assunto que deve ser analisado, descrição do problema que será tratado, levantamento das possíveis causas agrupadas em categorias e pôr fim a análise do diagrama (Marshall Junior et al. (2008)).



Fonte: Adaptado de Marshall Junior et al. (2008)

### 2.2.2.3 Método 5W2H

Segundo Marshall Junior et al. (2008) a ferramenta 5W2H foi desenvolvida com a disseminação das técnicas de gestão da qualidade. Dessa forma, é uma ferramenta com foco na elaboração de planos de ação e no embasamento de procedimentos associados a indicadores. O termo 5W2H vem da abreviação de 7 palavras da língua inglesa, que são expostas e explicadas na tabela 4.

Tabela 4 - 5W2H.

<b>5W2H</b>	<b>Tradução</b>	<b>Questionamento</b>
<i>What</i>	O quê	O que será feito?
<i>When</i>	Quando	Quando será feito?
<i>Who</i>	Quem	Quem irá fazer?
<i>Where</i>	Onde	Onde será feito?
<i>Why</i>	Por quê	Por que será feito?
<i>How</i>	Como	Como será feito?
<i>How Much</i>	Quanto	Quanto irá custar?

Fonte: Elaboração própria (2022).

A aplicação desse método é encontrar respostas para essas sete perguntas e interligá-las, para que assim ao final obtenha-se um plano de ação detalhado, compreensível e capaz de trazer melhorias ao processo. Um exemplo de um formulário com um plano de ação preenchido pode ser visto no quadro 2.

Quadro 2 - Exemplo de aplicação do método 5W2H.

O que?	Quem?	Quando?	Onde?	Por quê?	Como?	Quanto?
Agenda de revisões periódicas de maquinário.	Gerente de qualidade.	02/02/2022	Quadro de horários do setor.	Problemas mais prejudiciais podem ser evitados em maquinário antigo com revisões mais frequentes.	Fixando um calendário no quadro de horários.	R\$ 1.000,00 mensais
Comparação entre revisões e compra de maquinário novo	Fábio	16/abril	Excel	Comprovando que o investimento em máquinas tem um retorno mais rápido que o gasto com manutenção.	Utiliza-se o histórico de manutenções que foram realizadas nos últimos 6 meses.	Sem custo inicial

Fonte: Adaptado de 5W2H. (2021)

### 2.2.3 Indicador de Eficiência

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é um método de medição amplamente utilizado no setor industrial auxiliando na avaliação dos equipamentos de uma fábrica e ligada diretamente à busca por melhorias. O OEE é um indicador utilizado para acompanhar a produtividade da fábrica, tendo como critério para sua concepção a disponibilidade, produtividade e qualidade da produção (KODA, 2012).

De acordo com Hansen (2006), “o objetivo do OEE como indicador é apresentar a eficiência do processo produtivo, sendo definido a partir do produto entre disponibilidade, produtividade e qualidade”.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Produção Real}}{\text{Tempo de produção Teórico}}$$

$$\text{produtividade} = \frac{\text{Taxa de Produção Real}}{\text{Taxa de Produção Teórica}}$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Quantidade de Produtos Bons}}{\text{Quantidade Total produzida}}$$

Dessa forma o OEE expõe as máquinas e/ou áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias e quantifica as melhorias desenvolvidas nos equipamentos ou processos ao longo do tempo. De tal maneira é possível identificar quais são as máquinas que estão tendo uma menor eficiência e assim concentrar esforços nos pontos com mais necessidade (JONSSON E LESSHMMAR, 1999 apud SANTOS E SANTOS, 2007).

Segundo Hansen (2006) deve-se priorizar e focar em processos gargalos dentro das áreas mais críticas da produção, tendo em vista que estas áreas têm maior impacto no processo produtivo, então, quando gerenciadas de modo que o processo se torne eficiente, os impactos são mais significativos e visíveis nesses setores da empresa. Por estar baseada principalmente em perdas, sejam elas de tempo, velocidade de produção, quantidade de produto e/ou qualidade do produto, o principal objetivo da gestão de OEE é buscar atingir níveis mais altos de produção. Contudo, é importante entender sobre as perdas inerentes aos processos de fabricação.

De acordo com Suzuki (1994) existem oito tipos de perdas inerentes aos processos que devem ser tratadas no OEE, são elas: parada, ajuste de produção, falha no equipamento, falha no processo, perda normal de produção, perda anormal de produção, defeitos de qualidade, reprocesso. Essas perdas serão detalhadas e exemplificadas na tabela 5.

Tabela 5 - Tipos de perdas abordadas no OEE.

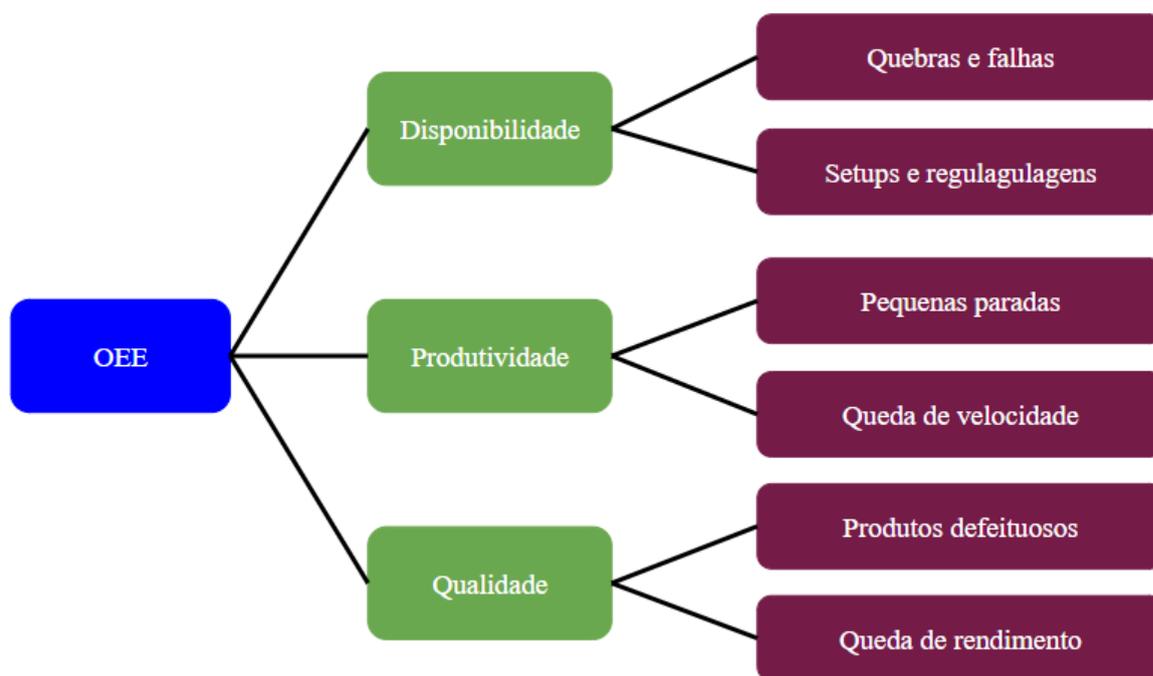
<b>Perdas</b>	<b>Definição</b>	<b>Exemplo</b>
<b>Por parada</b>	Tempo perdido quando a produção é pausada para manutenção planejada ou serviços periódicos previstos.	Trabalho de parada, serviços periódicos, inspeções obrigatórias, inspeções autônomas, trabalho de reparos gerais.
<b>Por ajuste de produção</b>	Tempo perdido quando mudanças em suprimentos exigem ajustes para os planos de produção.	Parada por ajuste de produção
<b>Por falha de equipamento</b>	Tempo perdido quando a máquina repentinamente tem suas funções específicas pausadas ou perdidas.	Máquinas com defeitos, motores queimados, danificados ou quebrados
<b>Por falha no processo</b>	Tempo perdido devido a paradas sobre fatores externos à máquina, como mudanças ou defeitos na matéria-prima que está sendo processada e problemas causados por operadores.	Vazamentos, má operação, entupimentos, rompimentos.
<b>Normal de produção</b>	Tempo perdido no reinício, paradas e trocas de fabricação na máquina.	Redução de produção devido ao aquecimento no início da produção ou resfriamento na parada.
<b>Anormal de produção</b>	Quando ocorre a perda de taxa de produção na máquina por mau desempenho ou anomalias.	Operação com velocidade abaixo do programado
<b>Por defeito de qualidade</b>	Perda devido a produção de produtos que são refugados, sejam essas perdas físicas de produtos refugados ou financeiras de produtos com baixa qualidade.	Perdas devido a produtos fora do padrão de qualidade estabelecidos.
<b>Por reprocesso</b>	Perdas por retrabalho e retornar o material ao processo	Produtos que reiniciam o processo devido a não conformidade.

Fonte: Suzuki. (1994)

De acordo Hansen (2006) uma das grandes vantagens da utilização do OEE é a capacidade de transmitir as informações dos benefícios que foram adquiridos durante o processo de melhoria, que por sua vez é aplicado em uma indústria ou negócio, fazendo com que gestores tenham maior facilidade e auxílio na tomada de decisão. Dessa forma, o OEE além de uma métrica para entender a evolução de processo produtivo, também subsidia os gestores a definirem quais ações devem ser realizadas.

A figura 9 apresenta o índice de OEE juntamente com as perdas relacionadas a cada uma das categorias que fazem parte do cálculo do OEE.

Figura 9 - Relação índices OEE com as respectivas perdas



Fonte: Adaptado de SANTOS, SANTOS (2007)

O indicador OEE é basicamente calculado multiplicando o índice de disponibilidade, índice de desempenho e índice de qualidade, a sistemática do cálculo é apresentada na figura 10.

Figura 10 - Sistemática do cálculo do OEE



Fonte: SANTOS, SANTOS (2007)

### 3 MÉTODOS ADOTADOS

Esta seção apresenta o método de pesquisa e desenvolvimento utilizados neste trabalho, além disso também aborda as etapas adotadas para a presente pesquisa.

Segundo Lakatos e Marconi (1991), um método de pesquisa é um grande conjunto de atividades que devem estar apresentadas de forma organizada e classificada de forma racional, a fim de orientar a geração de conhecimentos válidos, indicando um caminho a ser seguido”. Por fim, este tópico também aborda as etapas adotadas para a presente pesquisa.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DE PESQUISA

O presente trabalho está estruturado como uma pesquisa aplicada, pois busca encontrar melhorias e soluções sobre uma linha de produção específica de uma indústria. A pesquisa aplicada tem por objetivo produzir conhecimento para aplicação prática, a fim de proporcionar soluções para problemas específicos (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

De acordo com os objetivos do trabalho, este será fundamentado em uma pesquisa exploratória, pois serão utilizados dados coletados na empresa para construir os possíveis cenários. A pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o objeto de estudo, buscando construir hipóteses para um determinado problema (GIL, 2006).

Quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, experimental e documental, quanto à primeira técnica, será elaborada a partir de materiais já publicados, sendo esses materiais constituídos principalmente de livros e artigos. A pesquisa experimental, busca determinar os possíveis cenários para o estudo e selecionar variáveis capazes de influenciá-los, onde serão definidas formas de controle e de observação dos efeitos sobre os cenários. As referências bibliográficas, apresentadas no capítulo anterior, são referências consideradas pilares importantes dos temas debatidos nas seções futuras (SILVA, E. L. e MENEZES, E. M., 2000).

A pesquisa documental será válida devido à utilização de materiais não tratados analiticamente como suporte à pesquisa bibliográfica, como por exemplo, documentos e relatórios da empresa, que tratam do cenário produtivo. Com o intuito de alcançar os objetivos e tratar os dados, o estudo terá uma abordagem quantitativa, visto, que deverá obter resultados mensuráveis sobre os diferentes cenários que serão analisados na linha produtiva. Neste trabalho serão utilizados dados secundários existentes na empresa (GIL, 2006).

Segundo Cauchick et al (2012, p. 47), a pesquisa quantitativa refere-se a “estabelecer variáveis, mensurá-las e analisar dados”.

Figura 11 - Caracterização da Pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2022).

## 3.2 ETAPAS DE PESQUISA

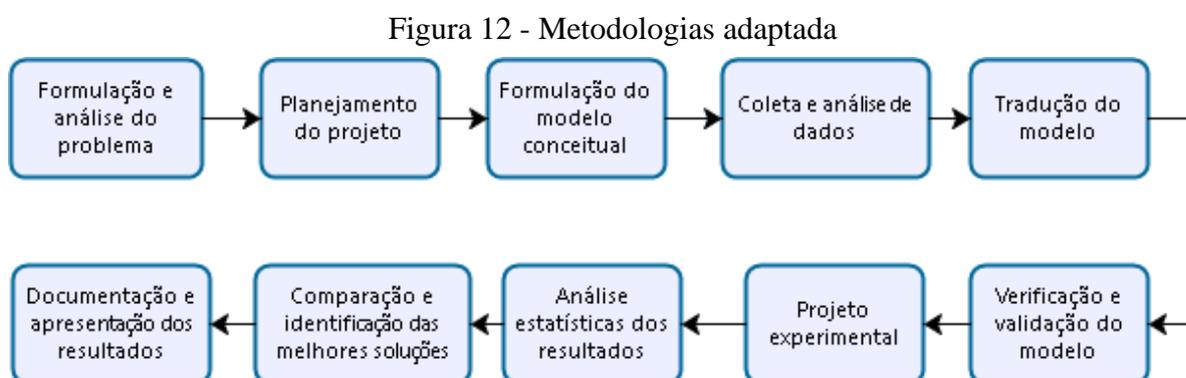
O estudo realizado nesta pesquisa buscou seguir as etapas citadas no referencial teórico com base em materiais disponíveis e métodos apresentados durante o curso de graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

### 3.2.1 Materiais

Para o desenvolvimento deste presente trabalho, foi realizada uma ampla leitura a partir do banco de dados dos repositórios das universidades e Google acadêmico, nessa busca não houve restrição de data de publicação. Foram consultados livros, teses e artigos sobre o tema, as referências utilizadas foram avaliadas de acordo com a sua relevância sobre o assunto. Os dados e informações referentes às máquinas estudadas neste presente trabalho, foram consultados documentos e histórico presente na empresa.

### 3.2.2 Métodos

De acordo com a referência bibliográfica abordada nos capítulos anteriores, na figura 12 será apresentado a metodologia a ser seguida para a construção da modelagem e simulação do sistema estudado, são 10 passos que estão baseados pelos autores anteriormente citados e adaptado para atender da melhor forma a necessidade do sistema.



Fonte: Elaboração própria (2022).

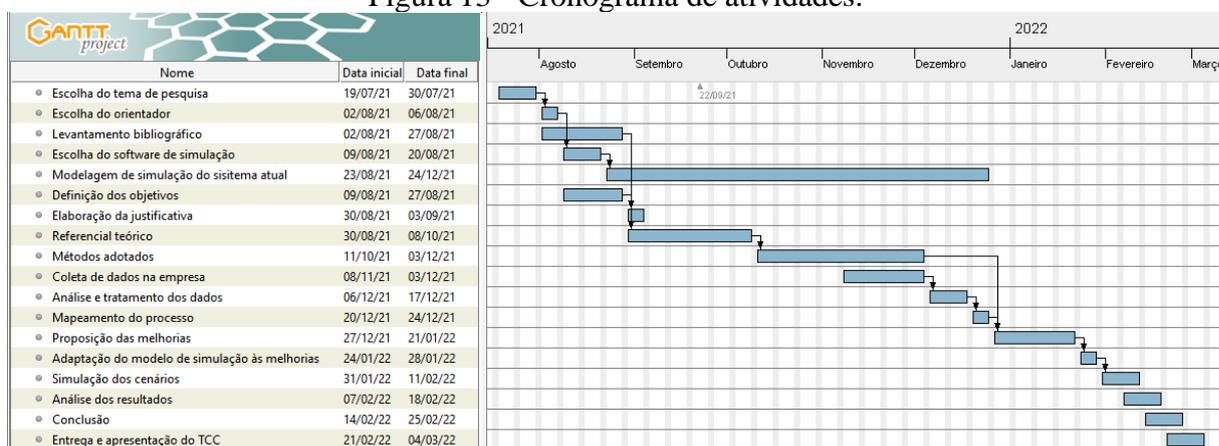
#### 3.2.2.1 *Formulação e análise do problema*

A primeira etapa foi constituída da formulação do problema, onde identificou-se a necessidade de melhoria nas máquinas de um processo produtivo, além de avaliar as possibilidades de uma máquina em específico atender a demanda de novas linhas. Foram descritas com detalhes as máquinas e os processos que compõem a linha de produção, dessa maneira, foram necessárias observações feitas *in-loco*, conversas com gestores e operadores das máquinas, além de participar de reuniões semanais onde foram discutidos os problemas e possíveis pontos de melhorias. Com a posse de tais informações foi possível delimitar o estudo, com isso deixou-se claro pontos e fatores que não seriam abordados e variáveis que não entraram na análise.

### 3.2.2.2 Planejamento do projeto

Para que fosse desenvolvida uma lógica de acompanhamento de cada objetivo do trabalho e da evolução de cada etapa, foi construído um cronograma com as macroetapas, que serviu como apoio para a sequência e monitoramento dessas etapas, a fim de garantir a abordagem de todas as macroetapas, assim como manter a sua finalização dentro prazo.

Figura 13 - Cronograma de atividades.



Fonte: Elaboração própria (2022).

### 3.2.2.3 Formulação do modelo conceitual

Para facilitar a compreensão dos processos e decisões que são tomadas em cada máquina que faz parte dessa linha produtiva, foi desenvolvido um modelo conceitual da linha, onde estão apresentados um mapeamento simplificado deste sistema produtivo, no desenvolvimento desse mapeamento utilizou-se o *software Bizage*.

### 3.2.2.4 Coleta e análise de dados

Juntamente com a formulação do modelo conceitual ocorreu a coleta de dados, esse processo se deu pela leitura de livros, artigos e documentos que abordavam o mesmo tema deste trabalho. A coleta ocorreu em duas frentes, informações vindas de livros e artigos publicados e de documentos da empresa.

As informações e dados coletados possibilitaram identificar ferramentas, métodos, métricas e ações capazes de identificar situações pontuais que podem ser a causa de perda de produtividade e disponibilidade das máquinas. A partir do cruzamento das informações encontradas com a utilização dessas ferramentas e dos dados coletados na empresa, pode-se criar cenários que foram analisados no projeto experimental.

As ferramentas utilizadas foram o diagrama de Pareto, por meio dele foi possível determinar quais os motivos de paradas que mais afetam a produtividade e disponibilidade da linha. O diagrama de Ishikawa foi utilizado para encontrar a causa raiz dos problemas levantados na análise dos Paretos, por fim, o método 5W2H auxiliou na elaboração de planos de ação capazes de mitigar ou até mesmo extinguir os fatores causadores de perda de produtividade e disponibilidade e por consequência aumentar indicador de OEE.

#### 3.2.2.5 Tradução do modelo

Dando sequência ao modelo conceitual, é realizado a tradução do modelo, nesta etapa é realizado a modelagem computacional da atual situação da linha de produção em um *software* de simulação ProModel®. A criação desse modelo exigiu a inserção de dados coletados anteriormente na empresa, sendo os principais, taxa de chegada, probabilidade de ser refugado, tempo de processamento, tempo de operação, tempo de paradas programadas, tempo de paradas não programadas e quantidade de Ordens de Produção (OP).

Com a execução do modelo foram gerados os resultados da simulação que irão ser usados na validação do modelo.

#### 3.2.2.6 Verificação e validação do modelo

Para validação do modelo, foram realizados diversos ajustes na modelagem, sendo que os resultados encontrados têm um intervalo de confiança de 95%. O modelo será validado após análise e comparação dos dados coletados na empresa e os resultados advindos da simulação, sendo que os dados comparados foram: produção na máquina de flexografia (Flexo), produção na Decoplas, refugo na Flexo e refugo na Decoplas. Foram utilizados os dados de 3 meses do ano de 2021, setembro, outubro e novembro, a escolha desse horizonte de tempo se deu por serem o mais recente até o momento, e por ser um período em que a linha obteve resultados mais estáveis.

### *3.2.2.7 Projeto experimental*

O projeto experimental apresentará diversos cenários que serão simulados no ProModel a fim de avaliar se as sugestões encontradas por meio da aplicação das ferramentas abordadas na seção 2.2 trarão benefícios reais para a linha. Nesta etapa também serão simulados cenários que avaliam a capacidade de uma máquina de flexografia atender a demanda da expansão da fábrica, ou seja, suprir a necessidade de mais linhas Decoplas.

### *3.2.2.8 Análise estatística dos resultados*

Com todos os cenários determinados, serão coletados os resultados fornecidos pelo ProModel, em seguida estes serão tabelados para melhor compreensão, eles serão separados por categorias, sendo elas, manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção ferramental, manutenção planejada, sem programa, sem mão de obra, produção de amostras, aprovação em máquina, falta de energia elétrica, falta/defeito de insumo, aguardando peça, defeito de filme/clichê, mão de obra realocada, *setup*, ajustes, ajuste de cor em máquina, revalidando cartela, para que assim seja possível aplicá-los na métrica utilizada atualmente na empresa e apresentada na seção 2.2.3, o indicador de OEE.

### *3.2.2.9 Comparação e identificação das melhores soluções*

Após a simulação dos cenários e tratamento dos resultados encontrados, eles serão aplicados na métrica de OEE, para que dessa forma seja estabelecido quais medidas serão mais eficazes e com maior retorno. Seja por meio da produtividade, disponibilidade e/ou redução de perdas e análise da demanda máxima que uma máquina de flexografia é capaz de atender.

### *3.2.2.10 Documentação e apresentação dos resultados*

Por fim, nesta etapa, por se tratar de um estudo de caráter acadêmico, a documentação consiste na própria redação deste trabalho, os resultados encontrados serão apresentados no capítulo 5.

## **4 MODELO DESENVOLVIDO**

Esta seção será estruturada baseando-se nas etapas apresentadas na seção 3.2.2. Inicialmente, será apresentado o mapeamento de processos da linha produtiva e todos os elementos relevantes, como as categorias de paradas e os dados coletados, tornando possível o entendimento do problema e análises sobre as melhorias propostas. Na sequência serão aplicadas as ferramentas abordadas na seção 2.2, para que sejam apresentadas as propostas de melhorias.

Para analisar e avaliar quais as propostas que trarão maiores benefícios para a linha, os dados serão aplicados nos indicadores de OEE e comparados entre si e ao sistema com as configurações atuais. Além disso, serão simuladas essas mudanças em diferentes cenários, otimista, realista e pessimista, por fim, serão simulados diferentes cenários para verificar a possibilidade da Flexo ser capaz de absorver a demanda de mais linhas Decoplas.

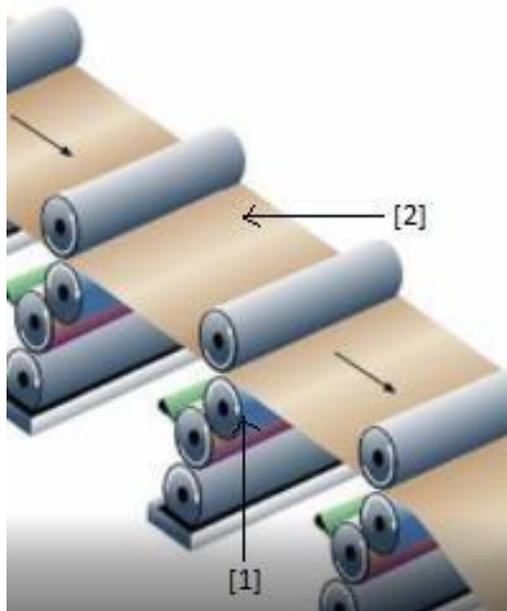
### **4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO**

Nesta seção será apresentada de forma detalhada e sequencial, o funcionamento das máquinas e seus processos produtivos, assim como, a evolução das bisnagas até sua forma final.

#### **4.1.1 Flexografia**

O processo de flexografia é composto pela impressão direta no filme que será decorado, logo, para a impressão são utilizados clichês em relevo, esses são responsáveis pela transferência da tinta para a superfície do filme. Os clichês são presos em cilindros (porta clichês), que por sua vez rotacionam sobre o filme ao passo que ele avança, no local em que acontece o contato entre clichê e filme é realizada impressão da imagem, como observado na figura 14.

Figura 14 - Representação esquemática da Flexografia.



Fonte: Projetopack (2021)

[1] Clichê. [2] Filme impresso.

O filme é inserido na máquina em bobinas “em branco”, assim no decorrer do processo de impressão o filme é puxado na extremidade oposta da máquina, onde ele é rebobinado com a impressão já seca. Durante o processo o operador marca os locais onde observou-se uma impressão fora das especificações de qualidade, sendo assim, a retirada desse material ocorrerá apenas no processo seguinte. Na figura 15 pode ser observado o final do processo de flexografia.

Figura 15 - Final do processo de flexografia.



Fonte: C-Pack (2022).



No refilamento são realizados mais dois processos, apara das arestas para adequação geométrica do filme e a separação em duas bobinas, caso a imagem tenha sido impressa de forma espelhada, como pode ser visto na figura 18.

Figura 18 - Refiladora separando em duas bobinas.

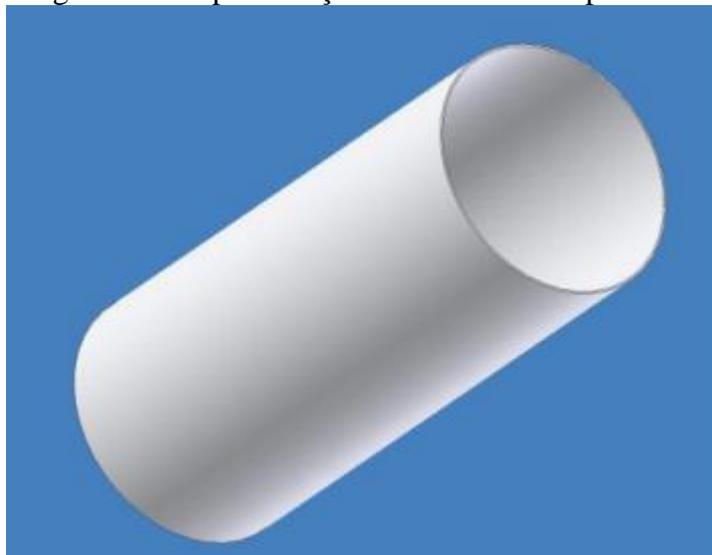


Fonte: C-Pack (2022).

#### 4.1.3 Extrusão

O processo de produção dos tubos inicia-se com a extrusão das luvas, diferente dos processos convencionais da empresa. Na linha Decoplas o tubo assim que extrudado já sai decorado, isso acontece de maneira simultânea, no mesmo momento em que acontece a extrusão do tubo o filme produzido na flexografia é puxado e fixado ao tubo, isso ocorre sem adição de cola ou adesivos, essa adesão entre tubo e filme acontece por calor. Na figura 9 e figura 10 são apresentados um tubo sem ombro.

Figura 19 - Representação do tubo sem tampa e ombro.



Fonte: C-Pack (2013).

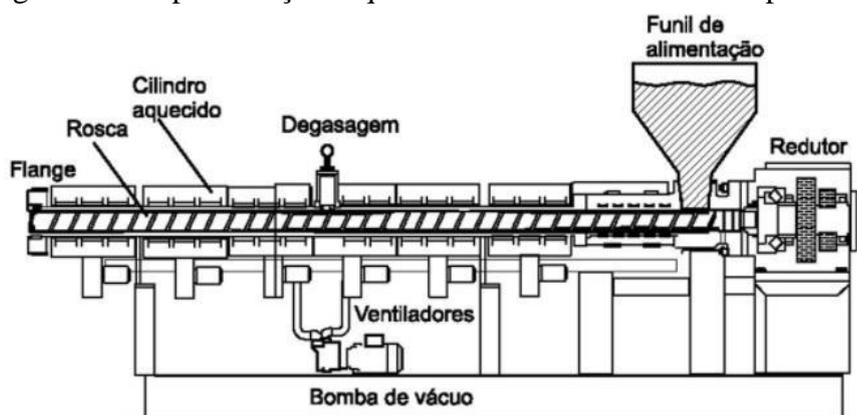
Figura 20 - Tubo sem tampa e ombro.



Fonte: C-Pack (2021).

É chamado de extrusão o processo em que ocorre a passagem forçada de um material, neste caso um polímero, através de uma matriz por meio de pressão. A extrusora apresenta três partes principais: o funil de alimentação, o canhão e a matriz. A Figura 11 ilustra o esquema de uma extrusora de polímeros.

Figura 21 - Representação esquemática de uma extrusora de polímeros



Fonte: C-Pack (2012)

- Funil de alimentação: é o local onde o polímero no estado sólido, geralmente no formato de pellets, é colocado antes do início do processo de extrusão. Neste mesmo local acontece a dosagem do material.
- Canhão: local onde fica alojada a rosca e é dividido em quatro partes, são eles, zona de alimentação, zona de homogeneização, zona de compressão e zona de dosagem.
- Matriz: fica no final do canhão e é a responsável por garantir a forma final do produto.

O material sai da extrusora na forma cilíndrica e em seguida o polímero ainda no estado viscoso, passa por uma etapa de resfriamento e calibração para que não perca a forma inicial. Posteriormente, passa pelo sistema de corte que separa o cilindro contínuo em luvas cilíndricas, todas com o mesmo tamanho. Após o corte, o tubo passa por um sensor que mede automaticamente o diâmetro do tubo extrudado, caso não esteja dentro das tolerâncias previstas, o tubo é descartado. Isso garante que o produto ficará dentro das especificações de qualidade.

#### 4.1.4 Heading

A etapa seguinte à produção das luvas é a colocação do ombro do tubo. Nas figuras 22 e figura 23 são apresentados tubos com o ombro aplicado na luva.

Figura 22 - Representação do tubo com ombro.



Fonte: C-Pack (2013)

Figura 23 - Tubo com ombro.

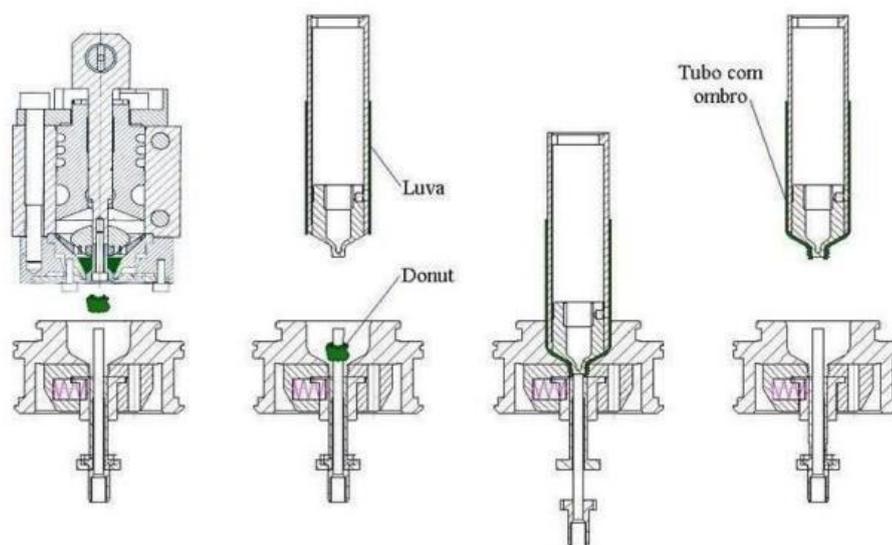


Fonte: C-Pack (2022)

O ombro é o local que faz o acoplamento entre o tubo e a tampa. Ele é produzido pelo processo de extrusão-compressão. Este processo, também chamado de *heading*, tem como princípio a extrusão de uma pequena porção de material polimérico no formato cilíndrico, *donut*, e a posterior compressão do *donut* com o tubo, para que haja uma união das duas partes.

O *heading* inicia com a extrusão do polímero, ainda no estado amolecido, dentro de uma matriz gelada que possui o formato final do ombro. O material é então comprimido por um mandril, que possui o formato interno do ombro, o qual já está envolvido pela luva. Após acontecer o resfriamento das partes, o tubo com o ombro é retirado da matriz. A Figura 24 mostra as etapas do processo de *heading*.

Figura 24 - Representação esquemática do processo de heading na PTH.

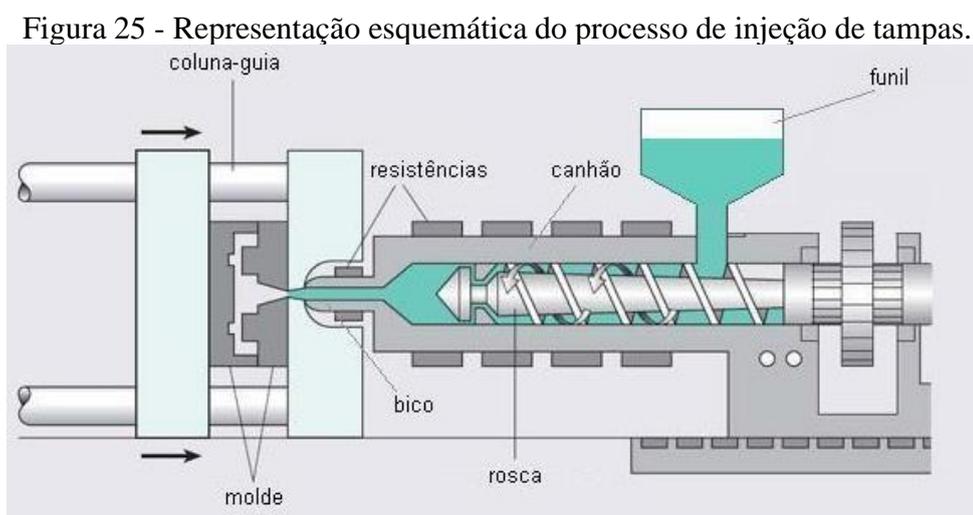


Fonte: C-Pack (2013)

#### 4.1.5 Injeção de tampas

O processo de injeção consiste basicamente no preenchimento de um molde frio através da injeção em alta pressão do material no estado amolecido, seguido da extração do produto, já resfriado, por meio de equipamentos auxiliares, como pinos extratores ou ar comprimido. Este é um processo cíclico que apresenta as seguintes etapas: dosagem do material, aquecimento, injeção no molde fechado, resfriamento até estabilidade dimensional e extração do produto.

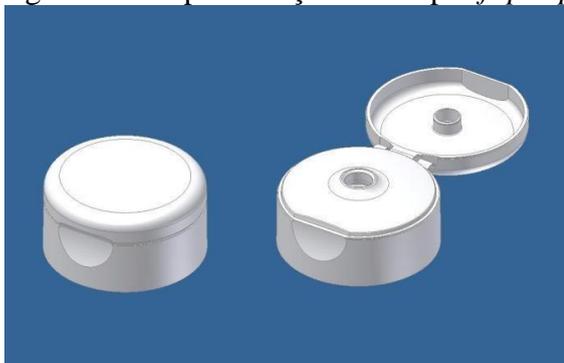
Uma máquina de injeção é composta por quatro principais partes: funil de alimentação, cilindro de plastificação, rosca sem fim e molde. O processo de injeção inicia-se com o preenchimento do cilindro de plastificação com o material polimérico. O cilindro é envolvido por resistências e equipado com uma rosca sem fim que, juntos, plastificam e homogeneízam o material. O polímero plastificado é então injetado em um molde frio e fechado onde solidifica-se a fim de obter a forma final, como pode ser observado na figura 25.



Fonte: C-Pack (2012)

Na C-Pack o processo de injeção é utilizado na produção das tampas. As figuras 26 e figura 27 mostram um exemplo de tampa *flip-top* que pode ser produzida na C-Pack.

Figura 26 - Representação de tampas *flip-top*.



Fonte: C-Pack (2013)

Figura 27 - Tampa *flip-top*.



Fonte: C-Pack (2022)

#### 4.1.6 Aplicação de tampa

As tampas produzidas nas injetoras são levadas para a máquina TCX que aplicam as tampas nos tubos, neste processo ocorrem duas aplicações distintas, aplicação por pressão (*snap*) e aplicação rotacionada (rosca) essa variação ocorre de acordo com o modelo da tampa.

Figura 28 - TCX aplicando tampa.



Fonte: Coremaster (2021)

Figura 29 - Tubo com ombro e tampa aplicada.



Fonte: C-Pack (2022)

#### 4.1.7 Embalagem dos tubos

Nesta etapa os tubos já prontos são processados na máquina TEXA, conforme visto na figura 30, onde são alinhados e colocados todos ao mesmo tempo dentro de uma caixa, com a quantidade exata de tubos que deve conter nesta embalagem, os tubos são colocados com a tampa posicionada para baixo, conforme demonstrado na figura 31, dessa forma os tubos ficam na posição correta solicitada pelo cliente.

Figura 30 - TEXA.



Fonte: Coremaster (2021)

Figura 31 - Tubos embalados.

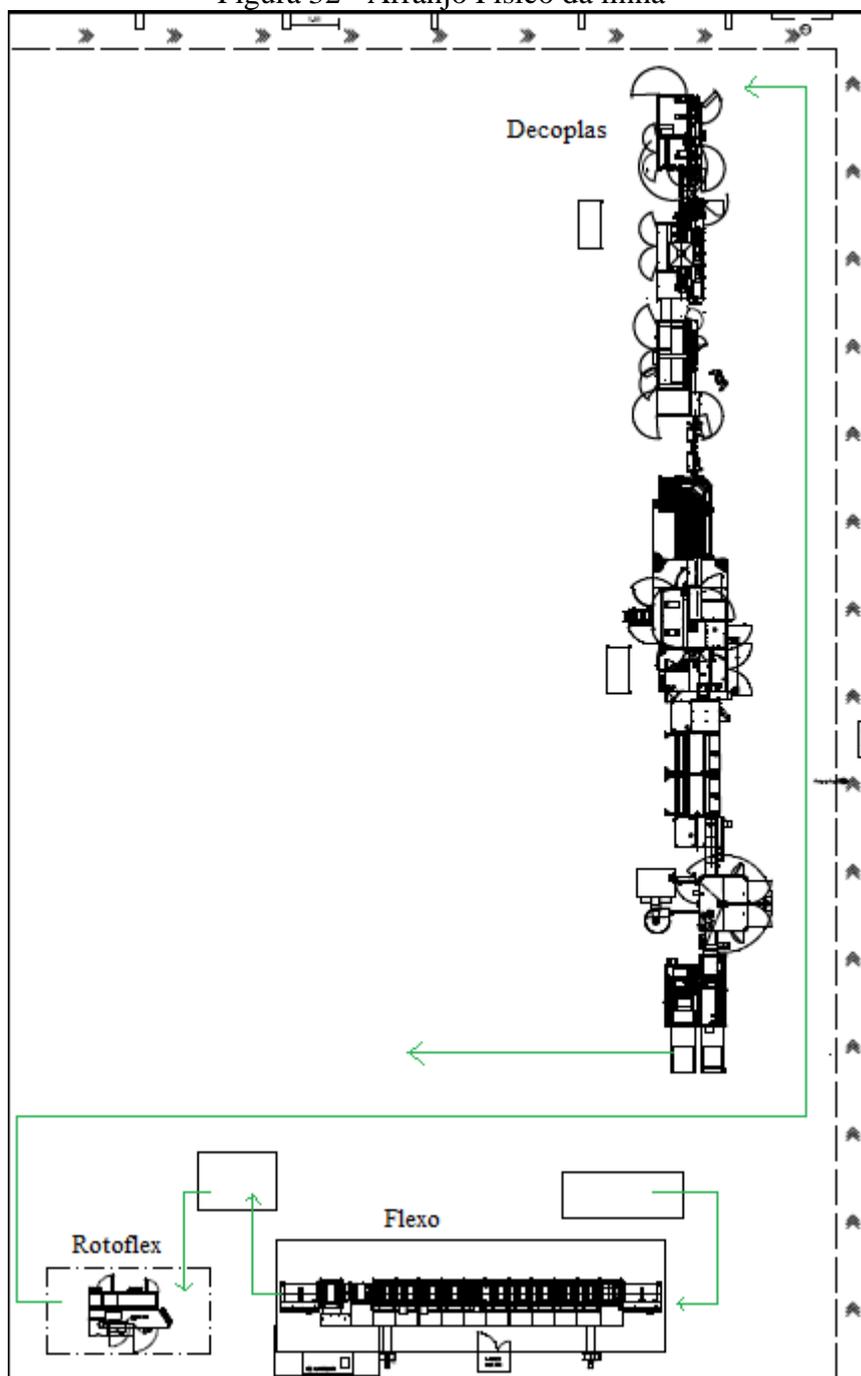


Fonte: Coremaster (2021)

## 4.2 MAPEAMENTO DOS PROCESSOS DA EMPRESA

O sistema produtivo, como explanado na seção 4.1.1, trata-se de uma linha de produção com estrutura produtiva organizada da seguinte forma: o processo segue todos os passos anteriormente explicados, na sequência ocorre a inspeção por amostragem do lote finalizado, caso a amostragem encontre bisnagas em não conformidade com padrão de qualidade, o lote é segregado e deve ser retrabalhado pela linha. Na figura 32 está apresentada uma ilustração do arranjo físico da linha e o caminho que a bisnaga percorre para ser produzida.

Figura 32 - Arranjo Físico da linha

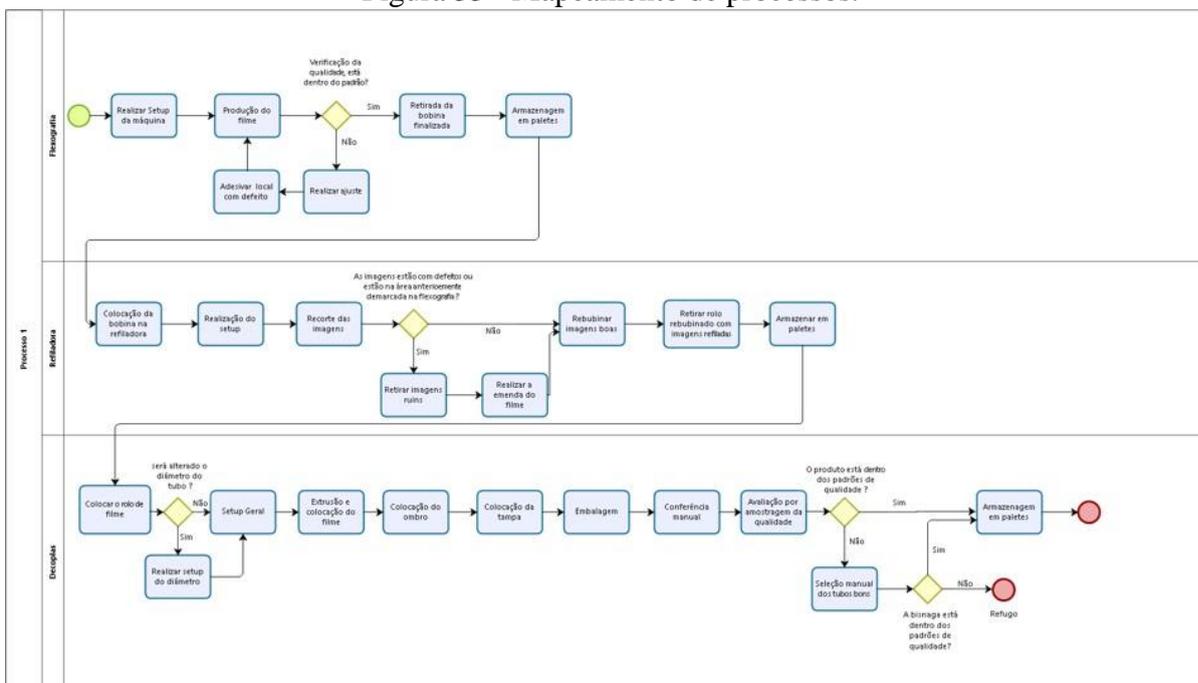


Fonte: Elaboração própria (2022).

Na produção há diversos tipos de tampas, algumas opções de diâmetro e infinitas possibilidades de decoração do tubo. Desse modo um produto nunca será igual a outro produzido anteriormente. Porém, durante o estudo será considerado apenas um único modelo de produto, visto que facilitará a análise.

Para uma melhor compreensão dos processos decisórios na linha quanto à produção, foi desenvolvido o mapeamento. Neste mapeamento estão apresentadas decisões e a evolução do processo de produção da bisnaga realizado na linha. Na figura 33 está apresentado o mapeamento de processos da empresa

Figura 33 - Mapeamento de processos.



Fonte: Elaboração própria (2022).

### 4.3 MELHORIAS PROPOSTAS

Neste capítulo serão aplicadas as técnicas apresentadas na seção 2.2.2, para que seja possível encontrar os principais problemas da linha e assim desenvolver melhorias que possam trazer benefícios para a mesma, seja melhoria na produtividade, disponibilidade ou até mesmo redução de refugo.

#### 4.3.1 Dados Coletados

A coleta de dados e informações feita na empresa foi realizada por meio de uma busca em banco de dados e arquivos físicos. Entretanto, como a linha foi instalada recentemente na empresa, ela ainda não é sensorizada, algo que já acontece nas demais linhas da empresa. Dessa forma, a fonte de dados são os diários de produção apontados manualmente pelos operadores,

neste diário são apontadas todas as informações sobre cada uma das máquinas, como os *setup* 's, as paradas e seus motivos, quantidade produzida e demais informações.

Com base nesses documentos serão apresentados no quadro 3 os dados de produção advindos da coleta efetuada na empresa.

Quadro 3 - Dados de produção do trimestre de 2021.

SETEMBRO			OUTUBRO			NOVEMBRO		
	Decoplas	Flexo		Decoplas	Flexo		Decoplas	Flexo
Data	Produzido	Produzido	Data	Produzido	Produzido	Data	Produzido	Produzido
1/9	85.932	290.000	1/10		19.392	1/11	59.994	31.544
2/9	115.692	87.003	2/10			2/11	42.966	61.651
3/9	89.094	53.509	3/10			3/11	90.156	146.622
4/9	6.510		4/10		38.000	4/11	119.064	67.137
5/9			5/10		173.094	5/11	63.888	134.570
6/9		115.514	6/10		215.368	6/11	78.282	68.579
7/9		47.128	7/10		64.857	7/11		
8/9	42.452	40.732	8/10		109.333	8/11	72.540	140.866
9/9	72.726	33.741	9/10			9/11	110.060	160.588
10/9	86.532	42.727	10/10			10/11	124.696	58.491
11/9	65.736		11/10	65.472	69.658	11/11	155.587	59.127
12/9			12/10	121.968	-	12/11	91.080	111.054
13/9	6.952	25.933	13/10	144.056	27.603	13/11	28.688	
14/9	41.360	64.246	14/10	109.912	32.944	14/11		
15/9	80.608	70.134	15/10	76.472	244.846	15/11	73.920	
16/9	99.528	92.500	16/10			16/11	117.040	133.021
17/9	109.116	215.596	17/10			17/11	73.850	
18/9	81.840		18/10	92.862	162.380	18/11	159.931	
19/9			19/10	131.472	73.570	19/11	175.860	236.248
20/9	22.880	84.948	20/10	77.418	83.109	20/11	150.876	67.280
21/9	78.760	120.928	21/10	27.324	40.151	21/11		
22/9	85.008	54.855	22/10	46.112	48.000	22/11	95.232	61.334
23/9	80.476	153.344	23/10	43.956	205.302	23/11	9.152	81.876
24/9	66.132	150.275	24/10			24/11	41.562	220.334
25/9	76.418		25/10		425.159	25/11	12.496	57.855
26/9			26/10	41.106	961.041	26/11		106.513
27/9	43.164	109.163	27/10	170.934	421.826	27/11	23.808	
28/9	84.920	43.000	28/10	138.384	56.176	28/11		
29/9	89.144	45.096	29/10		47.525	29/11	104.160	232.995
30/9	54.736		30/10			30/11	144.150	
			31/10					
Total	1.665.716	1.940.372	Total	1.287.448	3.519.334	Total	2.219.038	2.237.685

Fonte: C-Pack (2021)

O período de coleta dos dados foi de três meses, sendo eles, setembro, outubro e novembro de 2021, o motivo da escolha desse período ocorreu pelo fato de ser o trimestre mais recente até o momento da coleta dos dados. Dessa maneira, por ser uma linha instalada recentemente na fábrica e que é exclusiva da empresa. Sendo assim, ela ainda estava passando por um período de adaptação e ajustes, e, portanto, avaliou-se mais adequado selecionar esse período.

Na tabela 6 são apresentadas as produções totais do trimestre para a Flexo e a Decoplas.

Tabela 6 - Dados de produção acumulada do trimestre.

<b>MÊS</b>	<b>DECOPLAS</b>	<b>FLEXO</b>
<b>Setembro</b>	1.665.716	1.940.372
<b>Outubro</b>	1.287.448	3.519.334
<b>Novembro</b>	2.219.038	2.237.685
<b>TOTAL</b>	5.172.391	7.697.391

Fonte: C-Pack (2021)

Para dar continuidade na análise foram coletados os dados de paradas que ocorreram nas máquinas, contudo, são diversos os motivos que causam paradas de máquinas. No quadro 4 serão apresentadas as categorias existentes.

Quadro 4 - Categorias de paradas.

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Ocorre quando?</b>
MAN-01	Manutenção corretiva	Manutenção é realizada no meio do processo produtivo por alguma falha nas máquinas.
MAN-02	Manutenção preventiva	Manutenção preventiva acontece quando a máquina está sem programação de produção e o setor responsável decide agir para que não aconteça a manutenção corretiva.
MAN-03	Ajuste ferramental	Ajuste de ferramental acontece quando é necessária a presença do setor da manutenção para realizar o ajuste, pois, somente o operador da máquina não é capaz de realizar o ajuste.
MAN-04	Manutenção planejada	Está agendada uma revisão/manutenção periódica.
PRG-01	Sem programa	A máquina está sem programação de produção.
PRG-02	Sem mão de obra	A máquina para a produção por falta de mão de obra.
PRG-03	Produção de amostras	Apesar da máquina estar produzindo, por tratar-se de amostras para clientes, esse período é considerado como máquina parada e sua produção não é contabilizada.
PRG-04	Aprovação em máquina	Um item é definido pelo setor de arte e aceito pelo cliente, é produzida uma pequena quantidade para avaliar quais são as dificuldades de produzir esse item, esse período é considerado como máquina parada e sua produção também não é contabilizada.
PRG-07	Falta de energia elétrica	Acontece uma queda de energia, de modo geral as máquinas têm um determinado tempo para voltarem a ficar estáveis.
PRG-08	Falta/ defeito de insumos	A máquina fica parada por falta de insumo vindo do estoque ou de processos anteriores.
PRG-09	Aguardando peça	Alguma peça de reposição está em falta e a manutenção precisa aguardar a reposição dela ao estoque.
PRG-10	Defeito no filme/clichê	Ocorre quando o filme ou clichê causam problemas na produção.
PRG-12	Mão de obra realocada	Os operadores são realocados para outras linhas ou para retrabalho de itens segregados.
SET-01	<i>Setup</i>	É realizado <i>setup</i> de item, esse <i>setup</i> pode ser separado em diversas subcategorias.
SET-02	Ajustes	São necessários ajustes realizados por operadores para que a produção fique dentro dos padrões exigidos pela qualidade.
SET-03	Ajuste de cor em máquina	É necessário a presença de um colorista para ser realizado o acerto de cor na máquina.
PGR-01	Revalidação de cartela	São retiradas novas cartelas (são parâmetros de máximo e mínimo aceitos pelos clientes) para controle e verificação da produção por meio dos operadores, qualidade e cliente.

Fonte: C-Pack (2021)

As paradas de *Setup* e Ajustes também são divididas em subcategorias, visto que existem diversos motivos de ajustes e diversos tipos diferentes de *setup*'s. No quadro 5 serão apresentadas as subcategorias para os ajustes e *setup*'s da linha Decoplas.

Quadro 5 - Subcategorias de ajustes e *setup*'s da linha Decoplas.

AJUSTES		SETUP	
Código	Causa	Código	Causa
A01	Acumulador	SD01	<i>setup</i> quente
A02	Aplicação de Tampa	SD02	<i>setup</i> de blenda
A03	Bloco	SD03	<i>setup</i> frio
A04	Bomba de Vácuo	SD04	<i>setup</i> de diâmetro
A05	Câmera	SD05	<i>setup</i> de arte (troca de filme)
A06	Carregamento/descarregamento	SD06	<i>setup</i> de diâmetro + cor e/ou blenda
A07	Contaminação	SD07	<i>setup</i> de comprimento
A08	Cortador	SH01	cor
A09	Dosador	SH02	diâmetro
A10	Esteira	SH03	diâmetro (2 pessoas)
A11	Extrusora	SH04	dosador
A12	Ferramental	SH05	furo
A13	Guia partida (filme)	SH06	rosca
A14	Insumo	SH07	rosca (2 pessoas)
A15	Mangueira	SR01	rosca para rosca
A16	Placa	SR02	snap para rosca
A17	Posicionamento	SR03	rosca para snap
A18	Presa	SR04	snap para snap
A19	Refile	SR05	snap para twist-off
A20	Retorno de Manutenção	SR06	twist-off para snap
A21	Seladora	SR07	rosca para twist-off
A22	Sensores	SR08	twist-off para rosca
A23	Sistema de Refrigeração		
A24	Sistema Maguire		
A25	Tanque		
A26	Retorno de Manutenção		
A27	Troca de Bobina		
A28	Conjunto Magnético		
A30	Partida de máquina		

Fonte: C-Pack (2021)

Assim como na linha Decoplas, a Flexo também tem subcategorias de ajustes e *setup's* definidos. No quadro 6 serão apresentadas essas subcategorias.

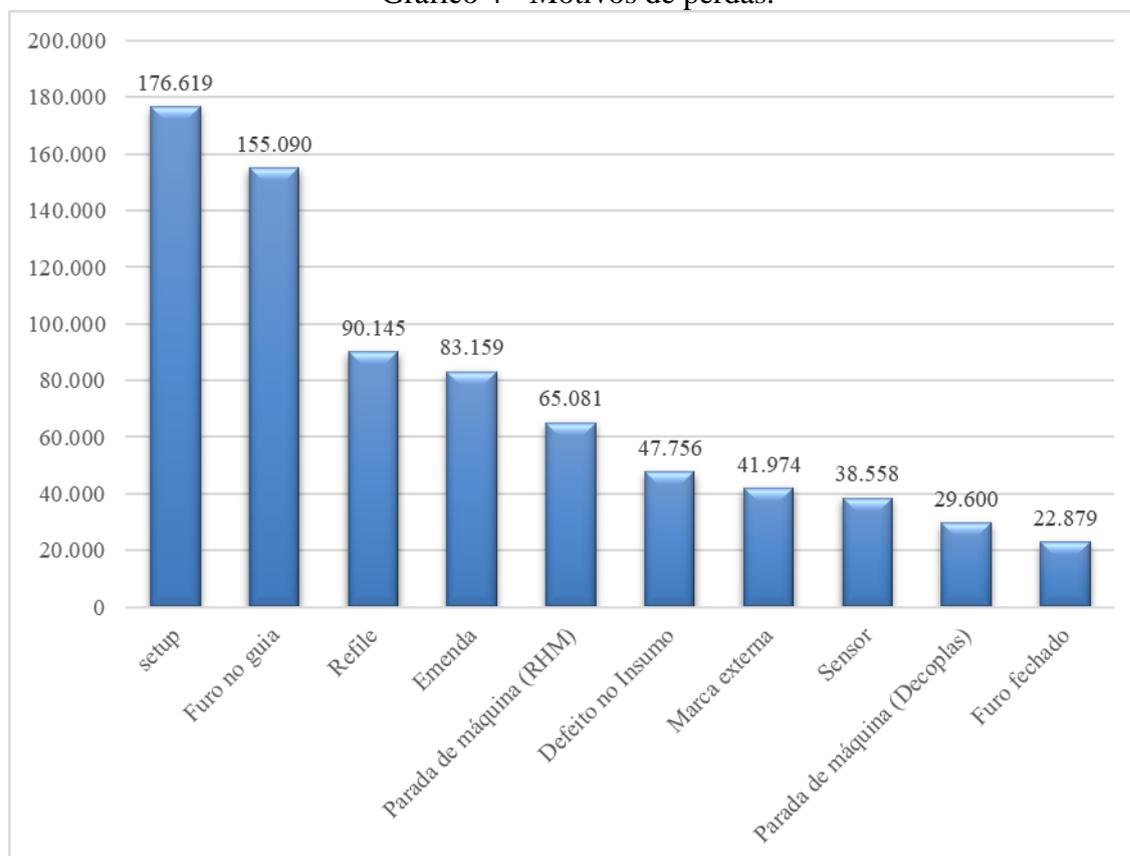
Quadro 6 - Subcategorias de ajustes e *setup's* da Flexo.

AJUSTES		SETUP	
Código	Descrição	Código	Descrição
A04	Câmera	S01	Troca de cor
A05	Carregamento/ Descarregamento	S02	Troca de diâmetro
A09	Troca de Bobina filme	S03	Troca de cor e diâmetro
A10	Troca de Bobina cold	S04	Silk
A13	Ferramental	S05	Cold
A14	Corona	S06	Silk e diâmetro
A15	Impressão	S07	Cold e diâmetro
A19	Posicionamento	S08	Silk e cor
A22	Sensores	S09	Cold e cor
A26	UV	S10	Cold, cor e diâmetro
A27	Retorno de manutenção	S11	Silk, cor e diâmetro
A28	Tela		
A29	Porta clichê		
A30	Anilox		
A31	Fita		
A32	Clichê		
A33	Pressão		

Fonte: C-Pack (2021)

A empresa também realiza o controle sobre a quantidade de refugo gerado nas operações que acontecem na linha Decoplas, no gráfico 4 estão apresentados os principais motivos de refugo e a quantidade de bisnagas perdidas no período analisado.

Gráfico 4 - Motivos de perdas.



Fonte: C-Pack (2021)

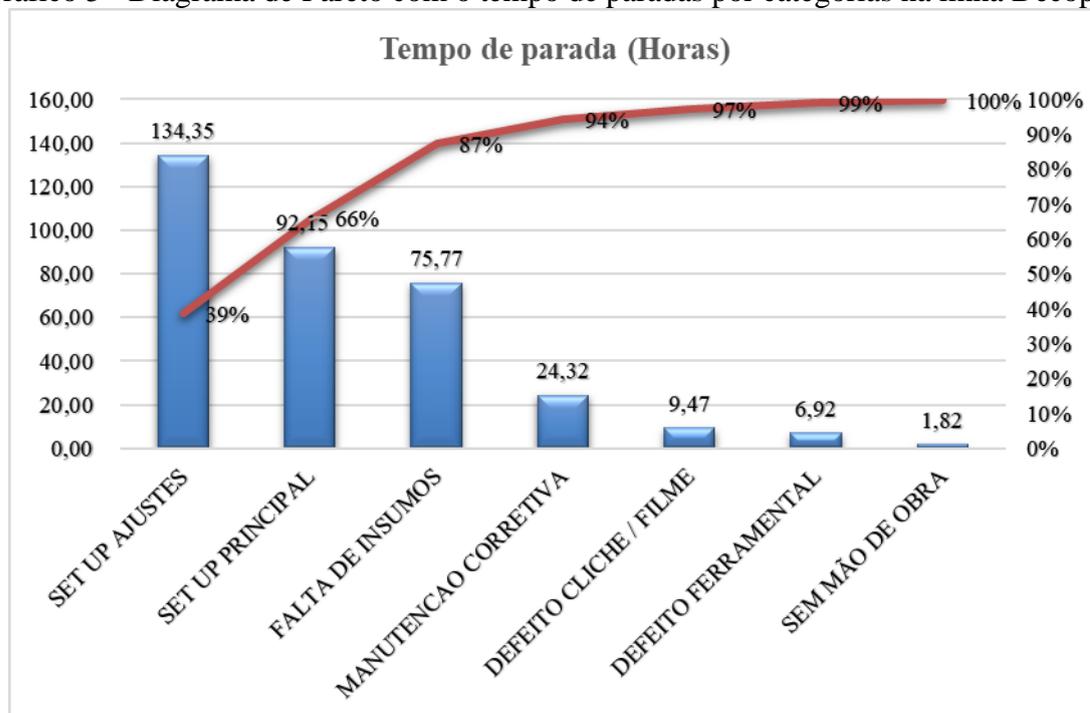
Com os dados até então apresentados pode-se aplicar as ferramentas para a proposição de melhorias. Dessa maneira, será apresentada a aplicação do diagrama de Pareto.

#### 4.3.2 Aplicação do diagrama de Pareto

Como base no que foi apresentado na seção 2.2.2.1, neste presente trabalho o diagrama de Pareto tem como função elencar de forma visual (gráfico), quais são os motivos que causam maior impacto na disponibilidade de uma linha produtiva.

Dessa maneira, no gráfico 5 será apresentado um gráfico de Pareto exibindo as causas de paradas na linha Decoplas.

Gráfico 5 - Diagrama de Pareto com o tempo de paradas por categorias na linha Decoplas

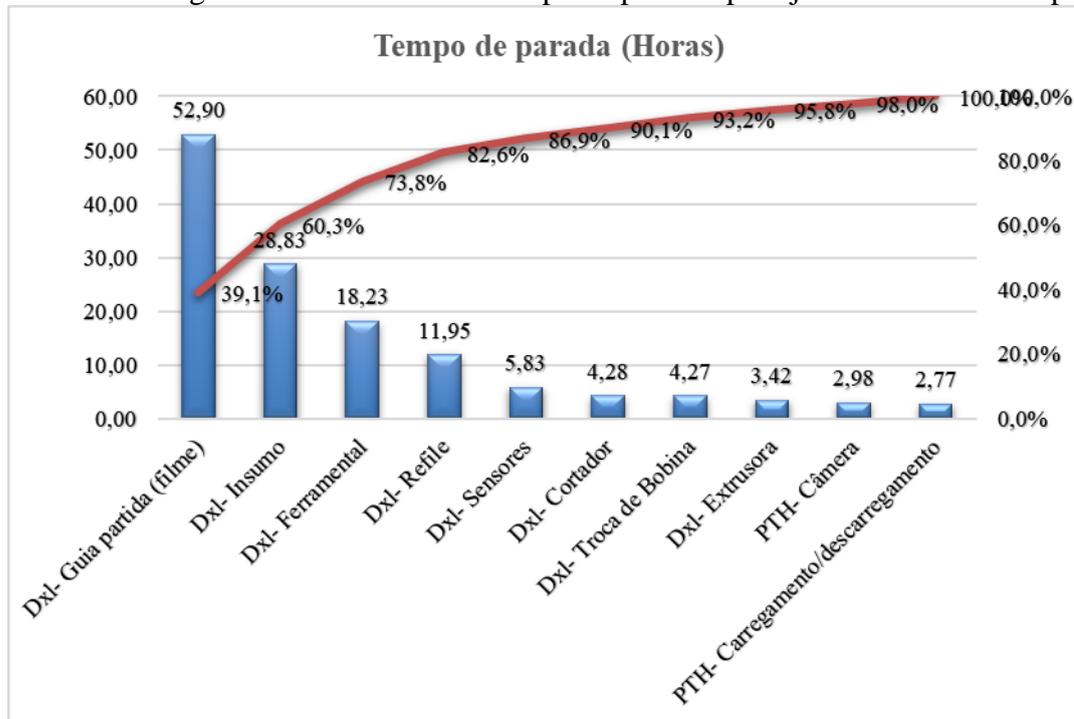


Fonte: C-Pack (2021)

De acordo com o diagrama de Pareto apresentado no gráfico, pode-se observar que as categorias que somam grande parte das paradas da linha Decoplas são as paradas por ajustes, *setup* e falta de insumo, nessa ordem respectivamente.

Logo, será feita uma nova estratificação para as paradas de ajuste, visto que são 29 subcategorias diferentes e, portanto, por meio do gráfico de Pareto apresentado na figura 6 será possível verificar as principais.

Gráfico 6 - Diagrama de Pareto com o tempo de paradas por ajustes na linha Decoplas



Fonte: C-Pack (2021)

Analisando o Pareto apresentado no gráfico 6 é possível visualizar que as categorias que representam maior parte do tempo de parada por ajuste são guia da partida, insumo e ferramental.

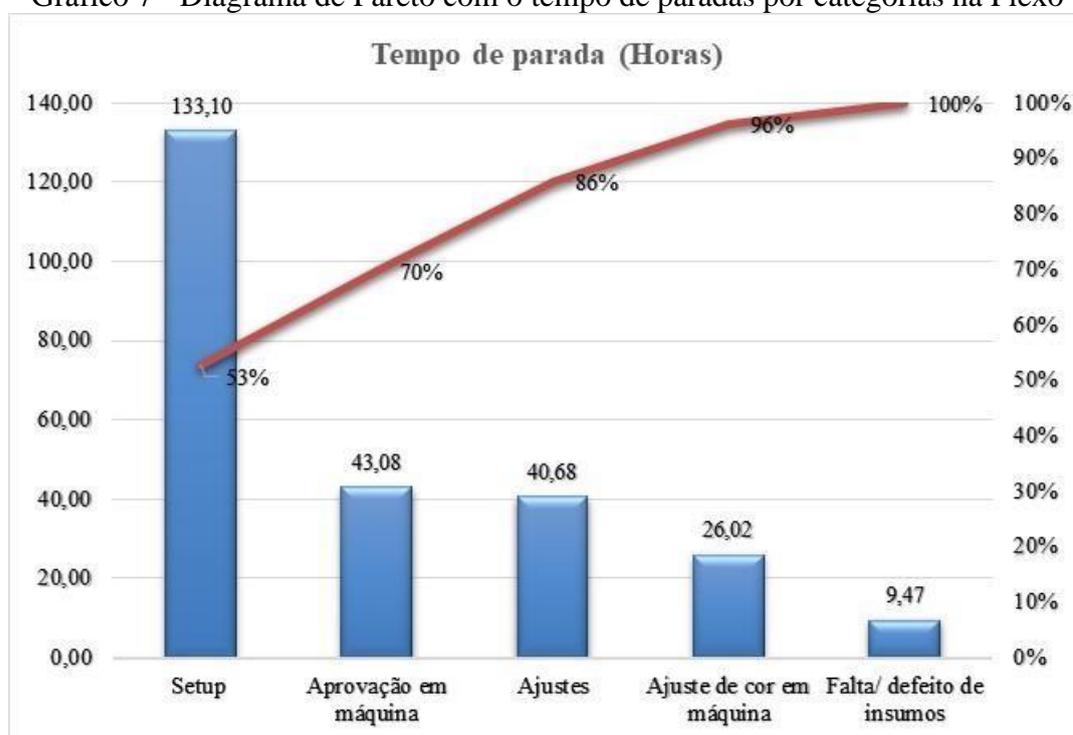
O ajuste de guia de partida acontece quando a guia utilizada para puxar o filme juntamente com a extrusão do tubo é rompida, nessa situação a produção é pausada para que seja refeito o processo.

O ajuste causado por insumo pode ser ocasionado principalmente por 3 materiais, problemas com o pellet, as tampas e com o filme, sendo esse último o maior deles. O filme com defeito que não foi retirado no processo anterior, na Rotoflex, será retirado na DXL assim que forem notados problemas no insumo.

O ajuste de ferramental ocorre quando é necessário o auxílio do setor de manutenção e ferramentaria para realizar o ajuste de máquina, pois somente o operador não tem o conhecimento e/ou equipamento necessário para realizar esse ajuste.

Com os motivos de paradas estratificadas é possível verificar quais causam maior impacto na linha Decoplas, também será verificado no gráfico 7 quais são os motivos de maior causa de paradas na Flexo.

Gráfico 7 - Diagrama de Pareto com o tempo de paradas por categorias na Flexo



Fonte: C-Pack (2021)

Como observado no gráfico 7, as categorias de paradas que causam maior impacto na Flexo são *setup*, aprovação em máquina e ajustes, respectivamente, nessa ordem.

Para uma melhor avaliação sobre as paradas de ajuste, será apresentado no gráfico 8 o diagrama de Pareto aplicado sobre essas paradas, para encontrar as subcategorias de maior relevância.

Gráfico 8 - Diagrama de Pareto com o tempo de paradas por ajustes na Flexo



Fonte: C-Pack (2021)

A troca de bobina é uma parada por ajuste causado pela necessidade de substituir a bobina quando ela acaba, porém, somente é considerado ajuste quando o item não é trocado, pois neste caso, a categoria de parada será de *setup*.

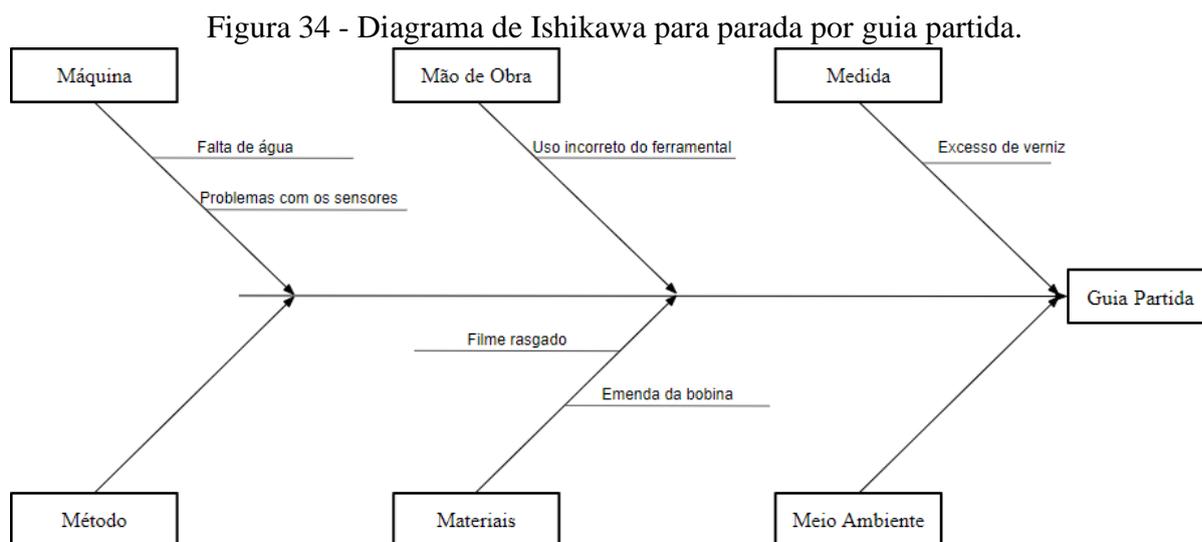
#### 4.3.3 Aplicação do método de Ishikawa

Os diagramas de Pareto evidenciaram de forma mais clara quais são as categorias e subcategorias que são as principais responsáveis pelas paradas de máquina e assim pode-se aplicar o diagrama de Ishikawa encontrando possíveis causas.

Nesta seção será aplicado o método sobre 3 motivos de paradas de máquina, a escolha desses motivos foi realizada a partir dos gráficos de Pareto, dando prioridade às categorias com maior fatia do total de tempo parado. As categorias são *setup* na Flexo e ajustes na Decoplas, para a categoria de ajustes, serão abordadas duas subcategorias, guia partida e insumo.

Utilizando algumas das causas levantadas em um *Brainstorming* realizado pelos operadores, líderes e coordenador da linha. Foi desenvolvido o diagrama de Ishikawa, onde estão apontados os principais pontos de possíveis causas de paradas por **guia partida**, logo,

simboliza o principal motivo de parada por ajuste, representando 39,1% desse tempo, sendo que ajuste é a categoria que mais causou a parada da linha Decoplas. Na figura 34 é apresentado o diagrama de Ishikawa aplicado para o problema de guia partida.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Avaliando o diagrama apresentado na figura 34, há duas ações que podem ser realizadas. A primeira ação é a busca de diferentes fornecedores de fitas, que por sua vez terão sua fita avaliada pela qualidade, por meio de testes na emenda das bobinas de filme, a fim de encontrar um fornecedor que seja capaz de evitar o rompimento da emenda do filme. Outra ação é criar um procedimento padrão para identificar qual o ferramental deverá ser utilizado.

Outra subcategoria de paradas por ajuste que será tratada é parada por **insumo**, essa categoria além de causar perdas na disponibilidade da linha também é responsável por grande quantidade de bisnagas refugadas, logo é possível entender a importância de mitigar esse problema. Na figura 35 é apresentado o diagrama de Ishikawa aplicado para o problema de parada por insumo.

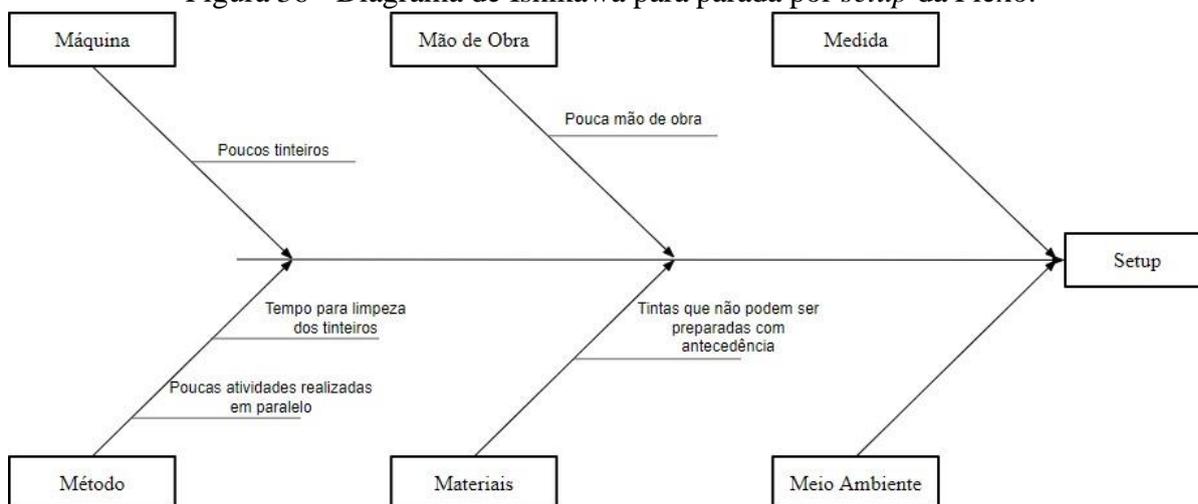
Figura 35 - Diagrama de Ishikawa para parada por insumo



Fonte: Elaboração própria (2022).

Avaliando o diagrama apresentado na figura 35 a ação de melhoria será a implantação de uma câmera na máquina Rotoflex, pois por meio da instalação da câmera, não haverá mais a passagem de filme com defeito, uma vez que perdas por insumo é algo que acontece atualmente, em decorrência do processo é realizado por meio da visualização a olho nu do operador da Rotoflex.

Por fim, analisou-se a parada por *setup* na Flexo, esse motivo representa 53% do total do tempo da máquina parada.

Figura 36 - Diagrama de Ishikawa para parada por *setup* da Flexo.

Fonte: Elaboração própria (2022).

De acordo com o diagrama apresentado na figura 36 a ação de melhoria será a compra de mais um conjunto de tinteiros, dessa maneira, parte do *setup* poderá ocorrer em paralelo, reduzindo assim o tempo total do *setup*. Essa análise de compra de outro conjunto de tinteiros já foi realizada na empresa, inclusive o monitoramento do tempo, caso o *setup* seja realizado em paralelo.

#### **4.3.4 Aplicação do método de 5W2H**

Com a aplicação do Ishikawa sobre os 3 motivos de paradas selecionados, será aplicado o método 5W2H para definir quais serão as ações necessárias para mitigar ou extinguir essas paradas e posteriormente avaliar o impacto dessas melhorias.

No apêndice A estão apresentadas todas as melhorias que serão simuladas e avaliadas no modelo de simulação.

### **4.4 SIMULAÇÃO**

Nesta seção, será apresentada a modelagem de simulação que foi desenvolvida para analisar o sistema atual existente na empresa. Para a construção e apresentação desse modelo foram utilizados os dados e informações expostos nos capítulos 2, 3 e 4.

#### **4.4.1 Simulação do modelo real**

Para simular um modelo real são aplicadas as mesmas variáveis, esse modelo deve entregar os mesmos resultados encontrados no sistema real para que assim ele seja validado. Na tabela 7 estão apresentados os tempos da linha Decoplas.

Tabela 7 - Tempos disponíveis e tempos de paradas da Decoplas.

	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Tempo Programado</b>	624:00:00	624:00:00	624:00:00	1872:00:00
<b>Setup Principal</b>	35:58:00	18:07:00	38:04:00	92:09:00
<b>Setup Ajustes</b>	54:21:00	33:26:00	46:34:00	134:21:00
<b>Sem Programa</b>	140:51:00	275:10:00	94:27:00	510:28:00
<b>Sem Mão de Obra</b>	01:49:00	00:00:00	00:00:00	01:49:00
<b>Produção de Amostras</b>	17:45:00	21:16:00	02:59:00	42:00:00
<b>Aprovação em Máquina</b>	00:35:00	01:15:00	03:59:00	05:49:00
<b>Sem Energia Elétrica</b>	00:55:00	00:00:00	00:00:00	00:55:00
<b>Falta de Insumos</b>	49:07:00	00:00:00	26:39:00	75:46:00
<b>Manutenção Corretiva</b>	08:15:00	05:49:00	10:15:00	24:19:00
<b>Manutenção Preventiva</b>	00:00:00	00:00:00	11:18:00	11:18:00
<b>Manutenção Planejada</b>	00:00:00	46:32:00	00:00:00	46:32:00
<b>Defeito clichê/Filme</b>	00:00:00	00:00:00	09:28:00	09:28:00
<b>Defeito Ferramental</b>	00:30:00	00:00:00	06:25:00	06:55:00
<b>Tempo programado Real</b>	458:20:01	279:47:02	511:17:01	1249:24:00
<b>Tempo Total Parada</b>	150:55:00	57:22:00	137:25:00	345:42:00
<b>Tempo Disponível</b>	307:25:01	222:25:02	373:52:01	903:42:04

Fonte: C-Pack (2022)

Para contabilizar o tempo programado, foi considerado um funcionamento de 24 horas todos os dias de cada mês, com exceção dos domingos, totalizando 78 dias. Com os tempos de cada um dos meses apresentados e suas respectivas somas, será apresentado na tabela 8 os dados tratados para que sejam inseridos ao modelo de simulação.

Tabela 8 - Tempo disponível e tempo de paradas tratados por dia da Decoplas.

<b>Tipo de parada</b>	<b>Categorias</b>	<b>Tempo</b>	<b>Parada/Horas Totais</b>	<b>horas/dia</b>	
	<b>Tempo Programado</b>	<b>1872:00:00</b>			
<b>Não Planejado</b>	Ajustes	134:21:00	7%	01:43:21	1,72
<b>Não Planejado</b>	Setup	92:09:00	5%	01:10:53	1,18
<b>Planejado</b>	Sem Programa	510:28:00	27%	06:32:40	6,54
<b>Não Planejado</b>	Sem Mão de Obra	01:49:00	0%	00:01:24	0,02
<b>Planejado</b>	Amostra	42:00:00	2%	00:32:18	0,54
<b>Planejado</b>	Aprovação	05:49:00	0%	00:04:28	0,07
<b>Não Planejado</b>	Sem Energia Elétrica	00:55:00	0%	00:00:42	0,01
<b>Não Planejado</b>	Falta de Insumo	75:46:00	4%	00:58:17	0,97
<b>Não Planejado</b>	Manutenção Corretiva	24:19:00	1%	00:18:42	0,31
<b>Planejado</b>	Manutenção Planejada	11:48:00	1%	00:09:05	0,15
<b>Planejado</b>	Manutenção Preventiva	46:32:00	2%	00:35:48	0,60
<b>Não Planejado</b>	Defeito Clichê ou Filme	09:28:00	1%	00:07:17	0,12
<b>Não Planejado</b>	Defeito Ferramental	06:25:00	0%	00:04:56	0,08

Fonte: C-Pack (2022)

As paradas são estratificadas em planejadas e não planejadas, essa estratificação é necessária pois as paradas planejadas não afetam o indicador de OEE. Na tabela 9 pode ser observado o tempo total disponível para produção.

Tabela 9 - Tempos sem parada planejada da Decoplas.

<b>Categorias</b>	<b>Tempo</b>	<b>Parada/Total de horas disponíveis</b>	<b>horas/dia</b>	
<b>Tempo Programado Real</b>	1249:24:00		16:05:41	16,09
<b>Ajustes</b>	134:21:00	10,70%	01:43:21	1,72
<b>Setup</b>	92:09:00	7,34%	01:10:53	1,18
<b>Sem Mão de Obra</b>	01:49:00	0,14%	00:01:24	0,02
<b>Sem Energia Elétrica</b>	00:55:00	0,07%	00:00:42	0,01
<b>Falta de Insumo</b>	75:46:00	6,04%	00:58:17	0,97
<b>Corretiva</b>	24:19:00	1,94%	00:18:42	0,31
<b>Defeito Clichê ou Filme</b>	09:28:00	0,75%	00:07:17	0,12
<b>Ferramental</b>	06:25:00	0,51%	00:04:56	0,08
<b>Tempo Disponível</b>	910:11:00	72,50%	11:40:08	11,67

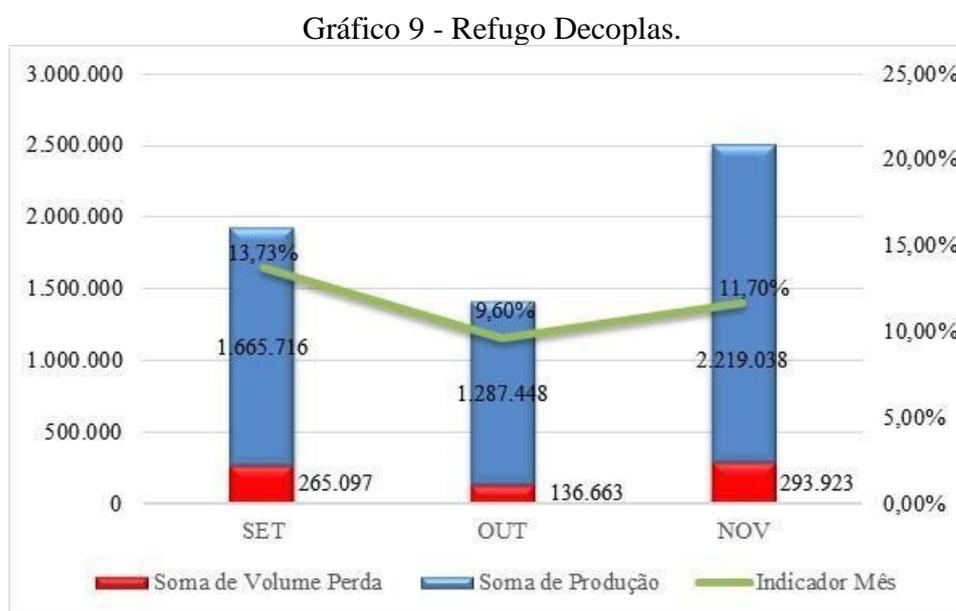
Fonte: C-Pack (2022)

Com a definição de todos os tempos e a quantidade que foi produzida no período em análise, será calculado o tempo para o processamento do produto, para esse cálculo será utilizada a seguinte equação:

$$\text{Tempo de Processamento} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Produção} + \text{Refugo}}$$

Logo, o Tempo de Processamento é de aproximadamente  $0,55^s/\text{Bisnaga}$ .

Para estabelecer a quantidade de bisnagas refugadas, no gráfico 9 são apresentadas as perdas referentes a linha Decoplas.



Fonte: C-Pack (2022)

De acordo com o gráfico apresentado, pode ser observado uma variação entre 9 e 13% de refugo, logo, será estabelecido a quantidade de refugo com base em uma média ponderada, onde o resultado encontrado foi de aproximadamente 12%.

Após definidas todas as variáveis e apresentadas todas as informações necessárias para a modelagem e configuração da linha Decoplas, serão apresentados na tabela 10 os dados referentes a tempo de máquina parada e suas respectivas categorias.

Tabela 10 - Tempos disponíveis e tempos de paradas da Flexo.

	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Tempo Programado</b>	189:00:00	198:00:00	198:00:00	585:00:00
<b>PRG-02</b>	00:00:00	01:10:00	00:00:00	01:10:00
<b>PRG-03</b>	00:00:00	03:49:00	00:00:00	03:49:00
<b>PRG-04</b>	10:23:00	05:25:00	27:17:00	43:05:00
<b>PRG-08</b>	02:09:00	06:43:00	00:36:00	09:28:00
<b>PRG-10</b>	00:00:00	00:00:00	00:28:00	00:28:00
<b>SET-01</b>	45:11:00	46:58:00	40:57:00	133:06:00
<b>SET-02</b>	18:39:00	12:05:00	09:57:00	40:41:00
<b>SET-03</b>	07:50:00	03:50:00	14:21:00	26:01:00

Fonte: C-Pack (2022)

Para contabilizar o tempo programado, foi considerado um funcionamento de 9 horas diárias, com cálculo semanal (excluindo sábados e domingos) para cada mês, pois diferente do que acontece na Linha Decoplas, Flexo fica em operação apenas 5 dias por semana. Com os tempos de cada um dos meses apresentados e suas respectivas somas, serão apresentados na tabela 11 os dados tratados para que sejam inseridos ao modelo de simulação.

Tabela 11 - Tempo disponível e tempos de paradas tratados por dia da Flexo.

<b>Tipo de parada</b>	<b>Tempo</b>	<b>Parada/Horas Totais</b>	<b>Tempo/Dia</b>
	<b>Tempo Programado</b>	<b>585:00:00</b>	
<b>Não Planejado</b>	PRG-02	01:10:00	0,20% 00:01:05 0,02
<b>Planejado</b>	PRG-03	03:49:00	0,65% 00:03:31 0,06
<b>Planejado</b>	PRG-04	43:05:00	7,36% 00:39:46 0,66
<b>Não Planejado</b>	PRG-08	09:28:00	1,62% 00:08:44 0,15
<b>Não Planejado</b>	PRG-10	00:28:00	0,08% 00:00:26 0,01
<b>Não Planejado</b>	SET-01	134:32:00	23,00% 02:04:11 2,07
<b>Não Planejado</b>	SET-02	40:41:00	6,95% 00:37:33 0,63
<b>Não Planejado</b>	SET-03	26:01:00	4,45% 00:24:01 0,40

Fonte: C-Pack (2022)

Na tabela 12 pode ser observado o tempo total disponível para produção após a separação dos tempos de paradas não planejadas e planejadas.

Tabela 12 - Tempos sem parada planejada da Flexo.

Categoria	Tempo	Parada/Total		Tempo/dia
		de horas	disponíveis	
<b>Tempo Programado Real</b>	538:06:00			
<b>PRG-02</b>	01:10:00	0,22%	00:01:05	0,02
<b>PRG-08</b>	09:28:00	1,76%	00:08:44	0,15
<b>PRG-10</b>	00:28:00	0,09%	00:00:26	0,01
<b>SET-01</b>	134:32:00	25,00%	02:04:11	2,07
<b>SET-02</b>	40:41:00	7,56%	00:37:33	0,63
<b>SET-03</b>	26:01:00	4,83%	00:24:01	0,40
<b>Tempo disponível</b>	325:46:00	60,54%	05:00:42	5,01

Fonte: C-Pack (2022)

Com a definição de todos os tempos e quantidade produzida no período em análise, será calculado o tempo para o processamento do produto, portanto, será utilizada a seguinte equação:

$$\text{Tempo de Processamento} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Produção}}$$

Logo, tempo de processamento é de aproximadamente  $0,16^S / \text{Imagem de bisnaga}$ .

O refugo gerado pelo flexo somente é tirando quando processado pela Rotoflex, dessa maneira, neste processo será considerada uma produção sem refugo, pois ele será contabilizado na Rotoflex. O refugo retirado na Rotoflex ainda não é controlado na empresa, diante disso, para encontrar a quantidade desse refugo, seguiu-se os seguintes passos: entender quais são as variáveis controladas pela empresa e assim encontrar o real valor refugo, sendo elas, quantidade produzida pela Flexo, quantidade produzida pela Decoplas e quantidade de refugo da Decoplas. Com esses valores tornou-se possível encontrar a quantidade entregue pela Rotoflex por meio da fórmula:

$$\text{Produção Rotoflex} = \left( \frac{\text{refugo Decoplas}}{(1 - \% \text{refugo Decoplas})} \right) + \text{Produção Decoplas}$$

Com o valor produzido na Rotoflex é necessário apenas subtrair o valor da produção da Flexo, com isso obtém-se um valor aproximado de 24% de refugo, equivalente a 1.847.374bisnagas.

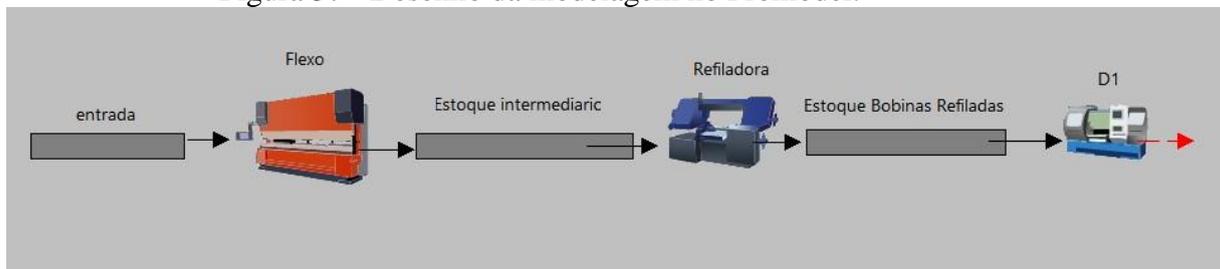
Na Rotoflex não existe um banco de dados e controle rigoroso sobre o tempo de paradas por não se tratar de uma máquina com processos gargalos, por consequência, serão consideradas apenas as paradas programadas de sábado e domingo e produzindo apenas em horário comercial, ou seja, irá ficar em produção 5 dias por semana e 9 horas por dia. Por fim, será estabelecido o tempo de processamento próximo ao da Flexo, sendo ele de 0,2

<sup>S</sup>/Imagem de bisnaga:

Para estabelecer a quantidade de chegada dos lotes, observou-se a quantidade de Ops solicitadas pelo setor de PCP, somando 106 OPs durante o período analisado, ou seja, uma média de 8,2 OPs por semana, com uma média de 71300 bisnagas por OP.

A modelagem iniciou-se com a construção do desenho simplificado da linha D1 no programa Promodel, na figura 37 será demonstrado essa modelagem.

Figura 37 - Desenho da modelagem no Promodel.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Com todas as informações necessárias para construção do modelo, deu-se início a programação. Inicialmente foram inseridas 6 locais, sendo eles: 3 filas (entrada, estoque intermediário e estoque de bobinas) e outras 3 máquinas (Flexo, Refiladora e D1), como visto na figura 38.

Figura 38 – Locais utilizados.

Ícone	Nome	Cap.	Unidade	Paradas...	Estatísticas	Regras...	Anotações...
	entrada	INFINITE	1	Nenhuma	Série de Tempo	O Mais Velho, FIFO	
	Flexo	1	1	Relógio,	Série de Tempo	O Mais Velho	
	Estoque_intermediario	INFINITE	1	Nenhuma	Série de Tempo	O Mais Velho, FIFO	
	Refiladora	1	1	Relógio,	Série de Tempo	O Mais Velho	
	D1	1	1	Relógio,	Série de Tempo	O Mais Velho	
	Estoque_Bobinas_Refiladas	INFINITE	1	Nenhuma	Série de Tempo	O Mais Velho, FIFO	

Fonte: Elaboração própria (2022).

Em seguida foram estabelecidos a quantidade de bisnagas que entram no sistema, como pode ser observado na figura 39.

Figura 39 – Configuração para as entradas de bisnagas no sistema.

Entidade...	Local...	Quantidade ...	Primeira Vez...	Ocorrências	Frequência	Lógica...
OP	entrada	U(8,2,1)	0	inf	7 day	qtd = U(71300,7100)Qtd_e

Entidade...	Local...	Operação...
OP	entrada	
OP	Flexo	Wait qtd*U(0.17,0.01) sec
OP	Estoque_intermediario	
OP	Refiladora	qtd - perdaqtd_refiladora = qtd
OP	D1	perda2 = Round(U(0.132,0.01)*qt
OP	Estoque_Bobinas_Refilad	

Fonte: Elaboração própria (2022).

Em seguida foram definidos os tempos de processamento em cada um dos locais, como apresentado na figura 40 e figura 41.

Figura 40 – Configuração do processamento na Refiladora e Flexo.

Entidade...	Local...	Operação...
OP	entrada	
OP	Flexo	Wait qtd*U(0.17,0.01) sec
OP	Estoque_intermediario	
OP	Refiladora	qtd - perdaqtd_refiladora = qtd
OP	D1	perda2 = Round(U(0.132,0.01)*qt
OP	Estoque_Bobinas_Refilad	

Entidade...	Local...	Operação...
OP	entrada	
OP	Flexo	Wait qtd*U(0.17,0.01) sec
OP	Estoque_intermediario	
OP	Refiladora	qtd - perdaqtd_refiladora = qtd
OP	D1	perda2 = Round(U(0.132,0.01)*qt
OP	Estoque_Bobinas_Refilad	

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 41 – Configuração do processamento na D1.

Entidade...	Local...	Operação...
OP	entrada	
OP	Flexo	Wait qtd*U(0.17,0.01) sec
OP	Estoque_intermediario	
OP	Refiladora	perda = Round((U(0.258,0.02)*qtd
OP	D1	decoplas + Qtd_refugo_refiladora
OP	Estoque_Bobinas_Refilad	

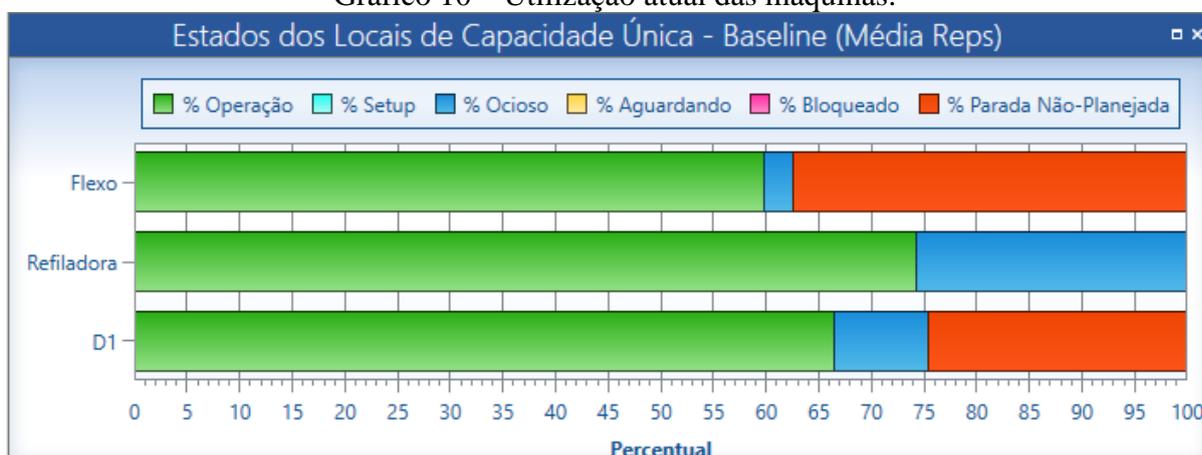
Ferramentas		Operação X	Lógica de Movimento
<pre> 1 perda2 = Round(U(0.132,0.01)*qtd) 2 Wait qtd*U(0.57,0.05) sec 3 qtd_refugo = qtd_refugo + perda + perda2 4 Qtd_refugo_decoplas = Qtd_refugo_decoplas + perda2 5 qtd2 = qtd - perda2 6 Qtd_refugo = Qtd_refugo_decoplas + Qtd_refugo_refiladora </pre>			

Fonte: Elaboração própria (2022).

Na sequência foram inseridos os tempos que as máquinas ficaram paradas pelos motivos apresentados na tabela 8.

Com a definição dos processos e o caminho que a bisnaga segue, foram inseridas todas as informações e variáveis necessárias para que o modelo construído seja capaz de emular a situação real da linha durante o horizonte de tempo analisado. Para validação do modelo foram comparados os dados fornecidos pela simulação com os dados reais da empresa, os dados foram gerados a partir de 100 replicações do modelo. No gráfico 10 estão apresentadas a percentagem de utilização das máquinas Flexo, Rotoflex e Decoplas, esses resultados foram gerados pelo programa de simulação.

Gráfico 10 – Utilização atual das máquinas.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Os valores encontrados estão separados em categorias, sendo elas, operação, ocioso e parada não planejada. O tempo ocioso de máquina é referente ao período em que a máquina ficou parada devido à falta de insumo, já as paradas planejadas não são apresentadas neste gráfico.

Também são apresentadas as quantidades médias da produção e do refugo da Flexo e Decoplas.

Quadro 7 – Dados de produção e perdas da simulação do sistema real

Replicação	Nome	Valor Atual
Média	Qtd entrada	7.704.513,85
Média	Qtd total saída	5.192.669,92
Média	Qtd refugo	2.506.689,21
Média	Qtd refugo refiladora	1.823.761,24
Média	Qtd refugo decoplas	688.082,69

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para realizar a validação do modelo, os valores coletados na empresa devem estar dentro do intervalo de confiança, determinado na seção 3.2.2.6. Dessa forma, após a construção do intervalo de confiança com base nas médias apresentadas no quadro 7, estão demonstrados

no quadro 8 os valores máximos e mínimos e o valor real obtido na empresa. Com base nesses dados é possível validar o modelo de simulação.

Quadro 8 – Máximo e mínimo do intervalo de confiança

	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Real</b>
<b>Produção Flexografia (Qtd Entrada)</b>	7.669.020	7.735.837	7.697.391
<b>Produção Decoplas (Qtd total saída)</b>	5.138.736	5.184.887	5.172.391
<b>Refugo Refiladora</b>	1.836.692	1.853.767	1.847.373
<b>Refugo Decoplas</b>	692.275	698.499	695.683

Fonte: Elaboração própria (2022).

Confrontando os valores reais obtidos na empresa com os valores resultantes do cálculo do intervalo de confiança criado a partir dos dados gerados pelo modelo de simulação, o mesmo está validado. Permitindo que sejam analisados os impactos que os diferentes cenários trarão para a linha.

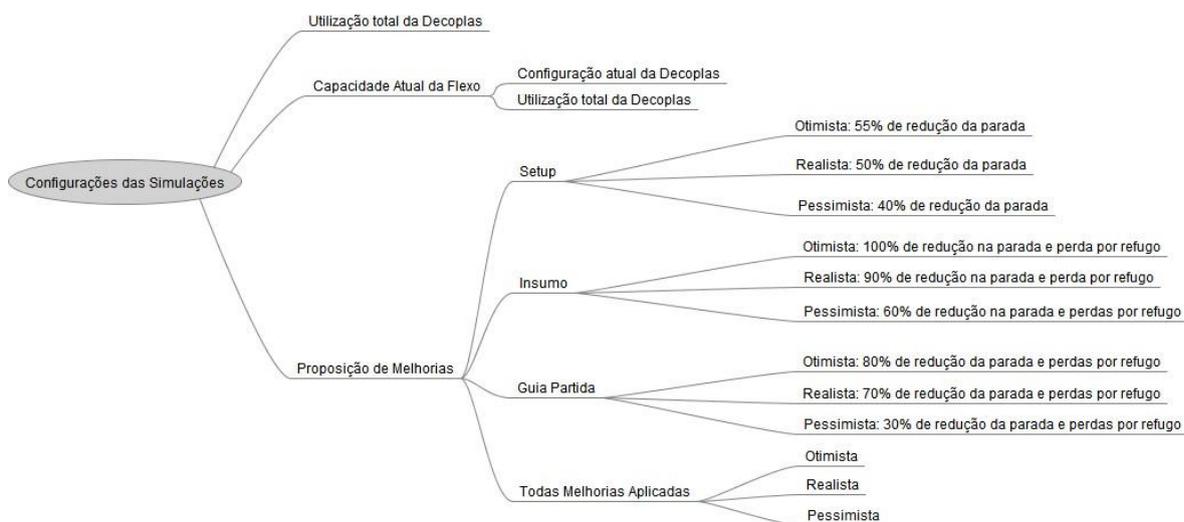
## 5 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos por meio da simulação dos cenários através da aplicação do indicador de OEE, com o intuito de analisar quais foram os benefícios que essas melhorias irão trazer para a linha caso sejam aplicadas.

### 5.1 CENÁRIOS PROPOSTOS

As diferentes simulações têm como objetivo apresentar a capacidade produtiva e os possíveis ganhos com a aplicação das melhorias para diversos cenários, sendo eles, otimista, realista e pessimista. As definições desses cenários ocorreram com base nas expectativas da empresa sobre propostas de melhorias e sobre as informações cedidas pelos fornecedores. Sendo assim, na figura 38 estão apresentadas as configurações que serão simuladas.

Figura 42 – Configurações das simulações.



Fonte: Elaboração própria (2022).

As configurações estão divididas em 3 categorias principais, sendo elas, Utilização total da Decoplas, Capacidade Atual da Flexo e Proposição de melhorias.

Na categoria de **utilização total da Decoplas**, o tempo que a linha fica em parada planejada por PRG-01 – Sem Programa, será transformado em tempo de operação, dessa forma é necessário considerar um aumento na demanda capaz de ocupar esse tempo de máquina

parada. O tempo referente a PRG-01 será distribuído proporcionalmente entre o tempo de produção e as demais paradas existentes atualmente na linha.

Na categoria de **capacidade atual da Flexo**, a simulação busca avaliar qual a capacidade de uma máquina Flexo atender mais linhas Decolplas. Logo, obtém-se sendo duas simulações distintas, na primeira situação considera-se a configuração atual da Decoplas, na segunda considera-se a linha Decoplas com sua utilização completa.

As **proposições de melhorias** serão divididas em 4 subcategorias, *Setup*, Insumo, Guia Partida e por fim, todas as melhorias aplicadas ao mesmo tempo, além disso em cada uma dessas subcategorias serão aplicados 3 diferentes cenários, considerando um retorno Otimista, Realista e Pessimista.

### 5.1.1 Utilização total da Decoplas

Para realizar a simulação desta categoria, o tempo em que a linha Decoplas fica em PRG-01 Sem Programa, será distribuído de forma proporcional entre o tempo disponível e os tempos de paradas. Na tabela 13 estão apresentados os tempos após a redistribuição.

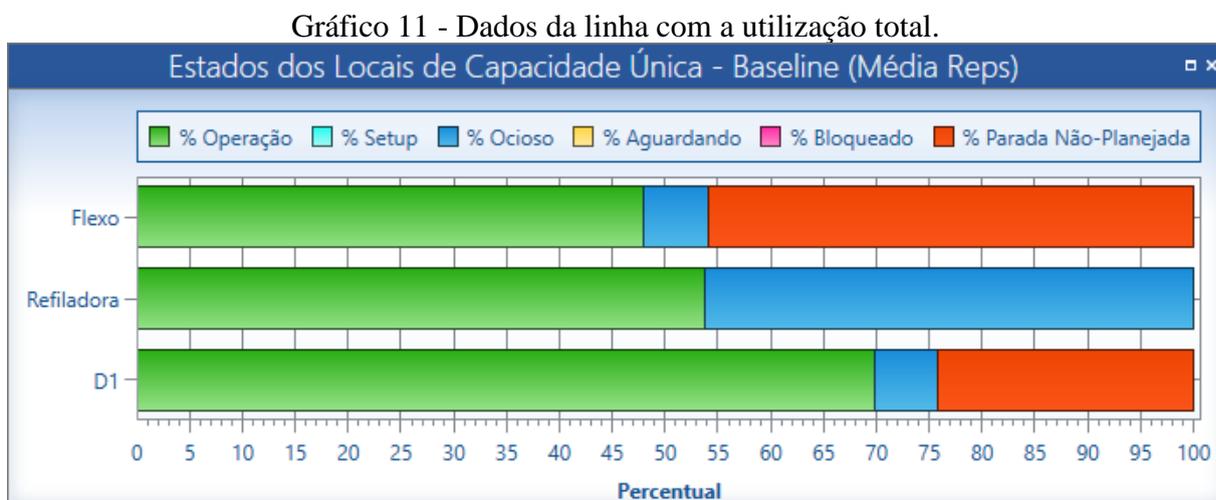
Tabela 13 – Tempos de paradas Decoplas com utilização total.

<b>Categorias</b>	<b>Tempo</b>	<b>Parada/Total de horas disponíveis</b>	<b>Horas/dia</b>	
<b>Tempo Programado Real</b>	1765:51:00		22:38:21	22,64
<b>Ajustes</b>	188:58:12	10,70%	02:25:22	2,42
<b>Setup</b>	129:37:06	7,34%	01:39:42	1,66
<b>Sem Mão de Obra</b>	02:31:53	0,14%	00:01:57	0,03
<b>Sem Energia Elétrica</b>	01:16:26	0,07%	00:00:59	0,02
<b>Falta de Insumo</b>	106:35:56	6,04%	01:22:00	1,37
<b>Corretiva</b>	34:13:11	1,94%	00:26:19	0,44
<b>Defeito Clichê ou Filme</b>	13:17:43	0,75%	00:10:14	0,17
<b>Ferramental</b>	09:01:12	0,51%	00:06:56	0,12
<b>Tempo Disponível</b>	1280:16:18	72,50%	16:24:49	16,41

Fonte: C-Pack (2022)

Utilizando os tempos apresentados na tabela 13, observa-se a necessidade de ampliar para 2 turnos a operação das máquinas Flexo e Rotoflex, assim como a chegada das OPs

semanais, ampliadas para 12,4 pedidos. A Decoplas manteve 6% de ociosidade visto que esse é o tempo que ela fica parada por falta de insumo, como observado no gráfico 11.



Fonte: Elaboração própria (2022).

A linha em sua capacidade total pode produzir mais de 8,1 milhões de bisnagas durante o mesmo horizonte de tempo. No quadro 9 estão apresentados os resultados entregues pela simulação, sendo eles a média e os valores máximos e mínimos de acordo com o intervalo de confiança estabelecido.

**Quadro 9 - Produção e perdas da Decoplas com utilização total.**

	Mínimo	Máximo	Média
Qtd. Flexo	11.845.743	11.925.712	11.885.727
Qtd Decoplas	8.110.885	8.165.775	8.138.330
Qtd refugo refiladora	2.747.544	2.767.902	2.757.723
Qtd refugo decoplas	986.189	993.159	989.674

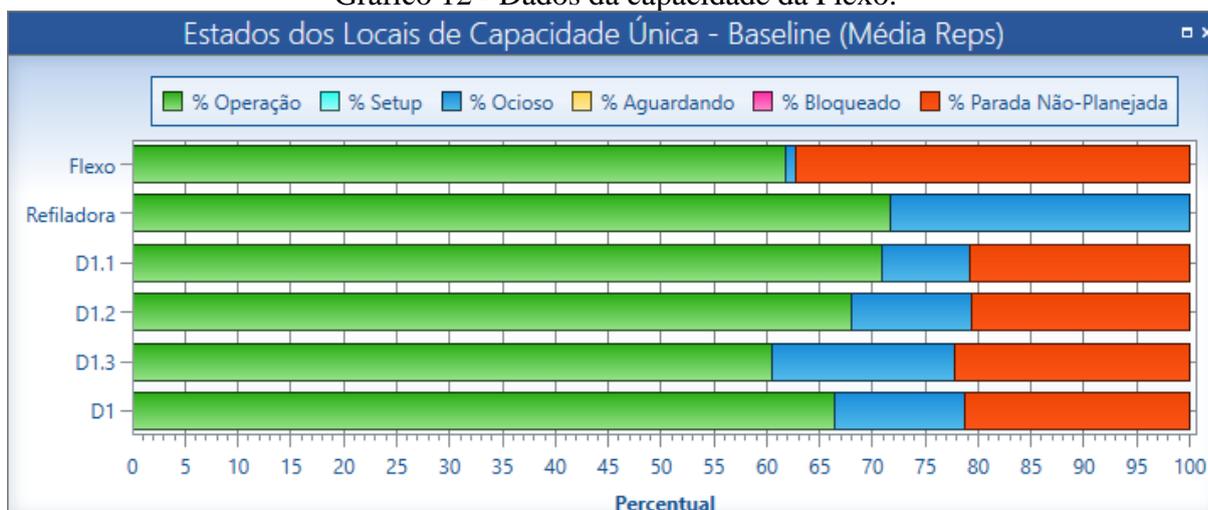
Fonte: Elaboração própria (2022).

### 5.1.2 Capacidade atual da Flexo

Esta categoria de simulação tem como objetivo gerar dados que tornem possível a análise da capacidade de uma máquina Flexo atender diversas linhas Decoplas, considerando duas situações distintas. Na primeira será considerada a situação atual da linha da Decoplas.

Para essa simulação a demanda é aumentada em 3 vezes, logo a quantidade de OPs semanais passará para 24,6 OPs e as paradas serão aumentadas na mesma proporção.

Gráfico 12 - Dados da capacidade da Flexo.



Fonte: Elaboração própria (2022).

É possível observar que a Flexo com operação de apenas em um turno tem capacidade para atender a demanda de 3 linhas Decoplas com operação nas configurações atuais, porém, a Flexo terá uma ociosidade de apenas 0,91%.

A Flexo nas configurações atuais é capaz de entregar aproximadamente 24 milhões de imagens de bisnagas no trimestre, conforme observado no quadro 10.

Quadro 10 - Produção e perdas para 3 linhas Decoplas.

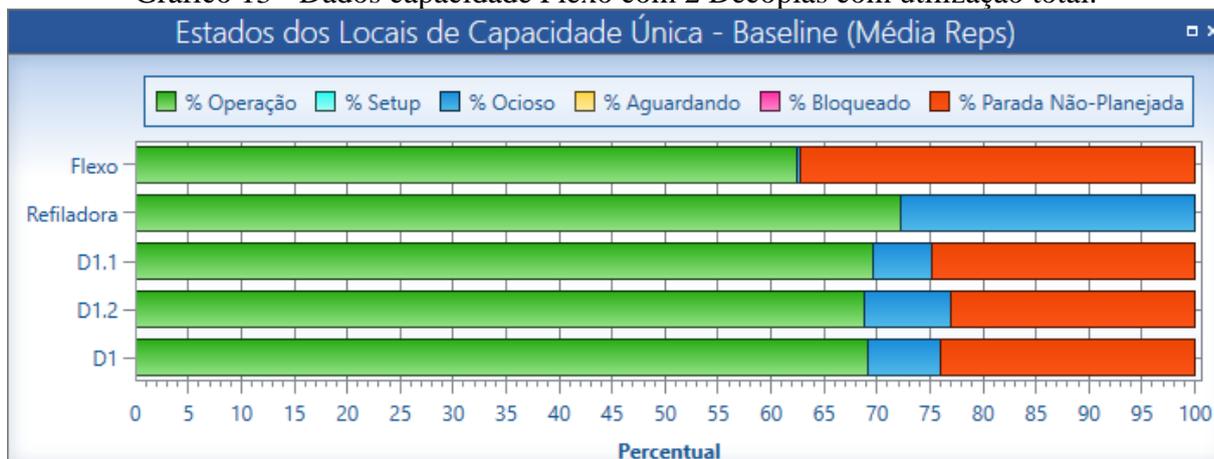
Intervalo de confiança de 95%	Mínimo	Máximo	Média
Qtd entrada	23.947.808	24.139.277	24.043.542
Qtd total saída	16.183.398	16.342.392	16.262.895
Qtd refugo refiladora	5.639.524	5.671.514	5.655.519
Qtd refugo decoplas	2.118.952	2.131.305	2.125.129

Fonte: Elaboração própria (2022).

Na segunda situação será considerado que na linha Decoplas não haverá tempo de máquina parada por PRG-01 Sem Programa, ou seja, com a utilização total de sua capacidade. Para simular a capacidade da Flexo atender mais linhas considerando a ocupação total da

Decoplas, deve ser considerado que a Flexo e Rotoflex irão trabalhar 3 turnos por dia com uma demanda semanal de 24,6 OPs.

Gráfico 13 - Dados capacidade Flexo com 2 Decoplas com utilização total.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Com essa configuração de utilização na linha, a Flexo é capaz de atender a demanda de apenas duas linhas Decoplas. A produção durante esse período é de aproximadamente 16,6 milhões de bisnagas finalizadas e mais de 24,4 milhões de imagens para as bisnagas, como pode ser observado nos resultados encontrados pela simulação no quadro 11.

Quadro 11 - Produção e perdas para 3 linhas Decoplas com utilização total.

	Mínimo	Máximo	Média
Qtd entrada	24.367.884	24.541.505	24.454.695
Qtd total saída	16.519.070	16.676.054	16.597.562
Qtd refugo refiladora	2.146.061	2.155.309	2.150.685
Qtd refugo decoplas	2.118.952	2.131.305	2.125.129

Fonte: Elaboração própria (2022).

### 5.1.3 Setup

A melhoria analisada nesta seção é a compra de novos tinteiros para a Flexo, tornando possível a execução paralela de parte do *setup*, causando uma redução no tempo de máquina parada por esse motivo. A simulação como demonstrado na figura 39 é realizada nos 3 cenários, sendo o primeiro o cenário otimista.

Neste cenário (**Otimista**), o tempo de *setup* será reduzido em 55% do tempo atual, na tabela 14 estão apresentados os novos tempos para esse cenário.

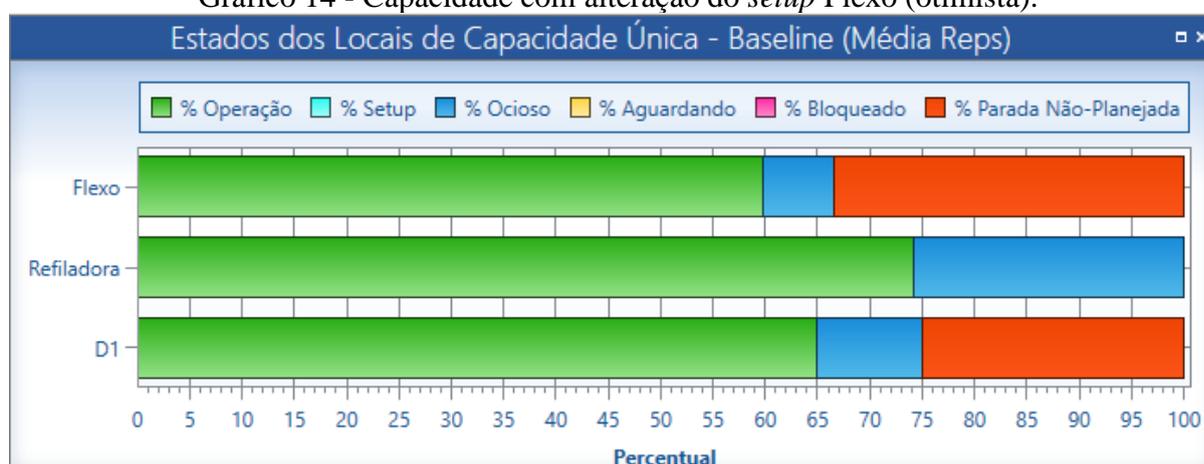
Tabela 14 – Tempo disponível da Flexo (otimista).

Categoria	Tempo	Parada/Total	
		de horas disponíveis	Tempo/dia
<b>Tempo Programado real</b>	464:06:00		
<b>PRG-02</b>	1:10:00	0,22%	0:01:05 0,02
<b>PRG-08</b>	9:28:00	1,76%	0:08:44 0,15
<b>PRG-10</b>	0:28:00	0,09%	0:00:26 0,01
<b>SET-01</b>	60:32:00	11,25%	0:55:53 0,93
<b>SET-02</b>	40:41:00	7,56%	0:37:33 0,63
<b>SET-03</b>	26:01:00	4,83%	0:24:01 0,40
<b>Tempo disponível</b>	325:46:00	74,29%	6:09:01 6,15

Fonte: Elaboração própria (2022).

De acordo com a tabela 14, houve uma redução de 134:32 horas para 60:32 horas de máquina parada por SET-01 *Setup*, deixando-as com uma ociosidade média de 6,8% e um intervalo de confiança com máxima de 7,03% e mínima de 6,58%. No gráfico 14 estão apresentadas as ocupações das máquinas com esta configuração.

Gráfico 14 - Capacidade com alteração do *setup* Flexo (otimista).



Fonte: Elaboração própria (2022).

Para o cenário **realista** o tempo de *setup* será reduzido em 50% do tempo atual, deixando esse tempo disponível para produção, na tabela 15 estão apresentados os novos tempos.

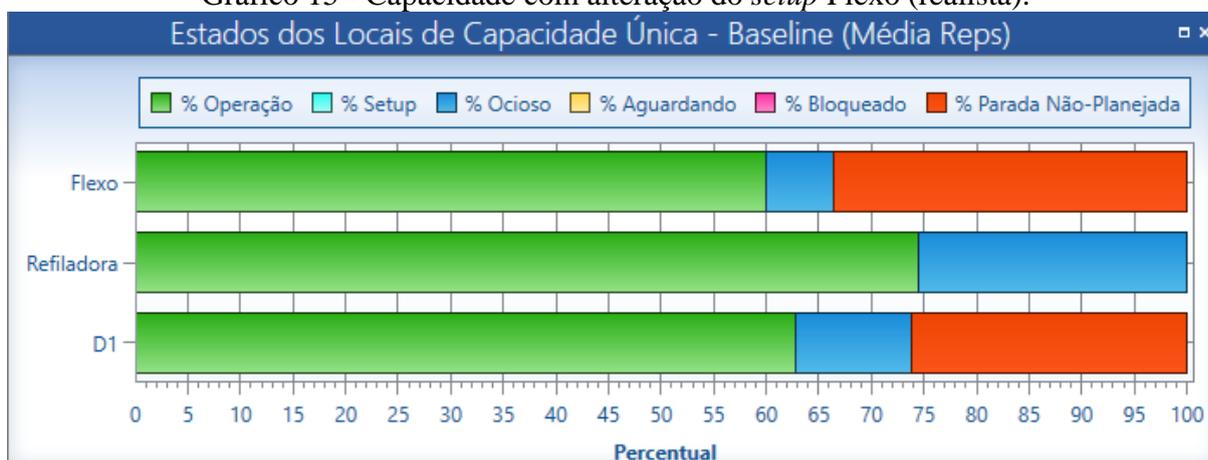
Tabela 15 - Tempo disponível da Flexo (realista).

Categoria	Tempo	Parada/Total	
		de horas	Tempo/dia
		de horas	Tempo/dia
		disponíveis	
<b>Tempo Programado real</b>	470:55:00		
<b>PRG-02</b>	1:10:00	0,22%	0:01:05 0,02
<b>PRG-08</b>	9:28:00	1,76%	0:08:44 0,15
<b>PRG-10</b>	0:28:00	0,09%	0:00:26 0,01
<b>SET-01</b>	67:16:00	12,50%	1:02:05 1,35
<b>SET-02</b>	40:41:00	7,56%	0:37:33 0,63
<b>SET-03</b>	26:01:00	4,83%	0:24:01 0,40
<b>Tempo disponível</b>	325:46:00	73,04%	5:00:42 5,01

Fonte: Elaboração própria (2022).

De acordo com a tabela 15, houve uma redução de 134:32 horas para 67:16 horas de máquina parada por SET-01 *Setup*, deixando-as com uma ociosidade média de 6,39% e um intervalo de confiança com máxima de 6,62% e mínima de 6,17%. No gráfico 15 estão apresentadas as ocupações das máquinas com esta configuração.

Gráfico 15 - Capacidade com alteração do *setup* Flexo (realista).



Fonte: Elaboração própria (2022).

Outro cenário simulado é o **pessimista**, em que a redução do tempo de *setup* é de 40%, os tempos utilizados para essa simulação estão apresentados na tabela 16.

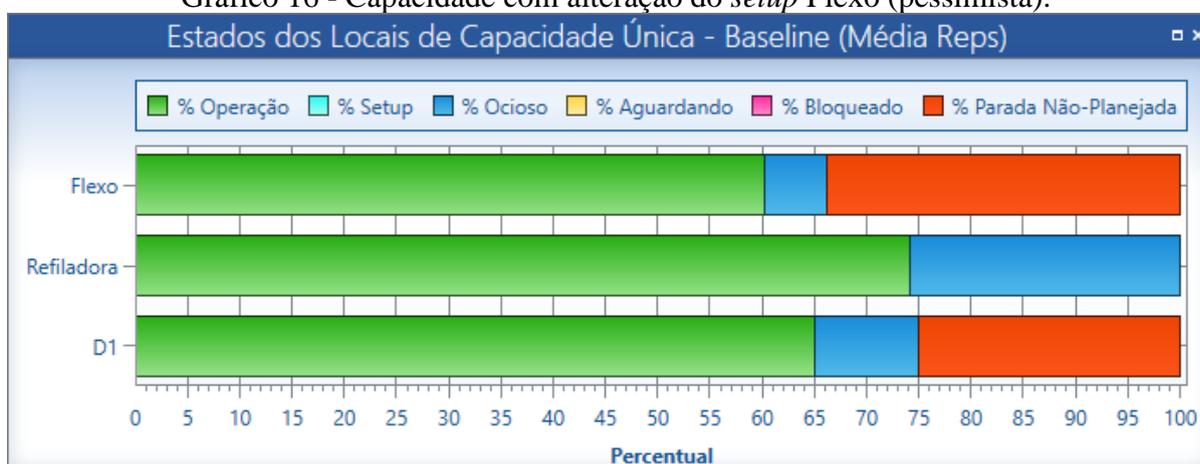
Tabela 16 - Tempo disponível da Flexo (pessimista).

Categoria	Tempo	Parada/Total de horas disponíveis	Tempo/dia	
<b>Tempo Programado real</b>	484:18:00			
<b>PRG-02</b>	1:10:00	0,22%	0:01:05	0,02
<b>PRG-08</b>	9:28:00	1,76%	0:08:44	0,15
<b>PRG-10</b>	0:28:00	0,09%	0:00:26	0,01
<b>SET-01</b>	80:43:00	15,00%	1:14:31	1,24
<b>SET-02</b>	40:41:00	7,56%	0:37:33	0,63
<b>SET-03</b>	26:01:00	4,83%	0:24:01	0,40
<b>Tempo disponível</b>	325:46:00	70,54%	5:50:23	5,84

Fonte: Elaboração própria (2022).

De acordo com a tabela 15, houve uma redução de 134:32 horas para 80:43 horas de máquina parada por SET-01 *Setup*, deixando-as com uma ociosidade média de 6,8% e um intervalo de confiança com máxima de 5,69% e mínima de 6,13%. No gráfico 16 estão apresentadas as ocupações das máquinas com esta configuração.

Gráfico 16 - Capacidade com alteração do *setup* Flexo (pessimista).

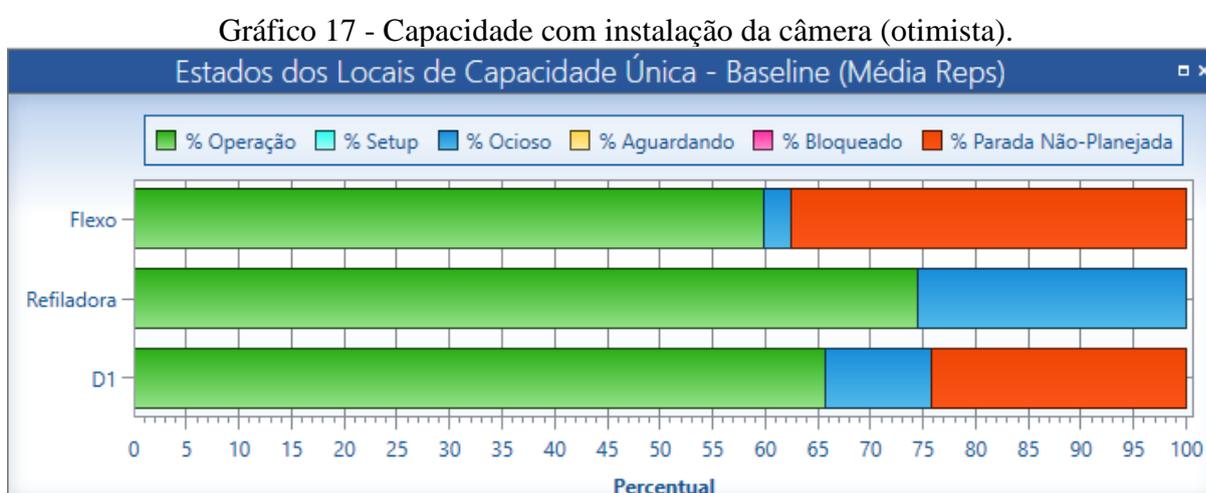


Fonte: Elaboração própria (2022).

### 5.1.4 Insumo

Nesta melhoria são analisadas as ações para mitigar as paradas por ajustes causados na Decoplas, como observado no gráfico 17, o tempo de ajuste por insumo foi de 28:50 horas e representa aproximadamente 8% do total do refugo.

Para o cenário **otimista** a redução do tempo de parada e de refugo por esse motivo será total, no gráfico 17 pode ser observado a nova ociosidade da linha.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Com a aplicação da melhoria neste cenário, a ociosidade da linha aumenta para 9,97% e alcança uma produção média de bisnagas finalizadas de 5.228.209, como observado no quadro 12.

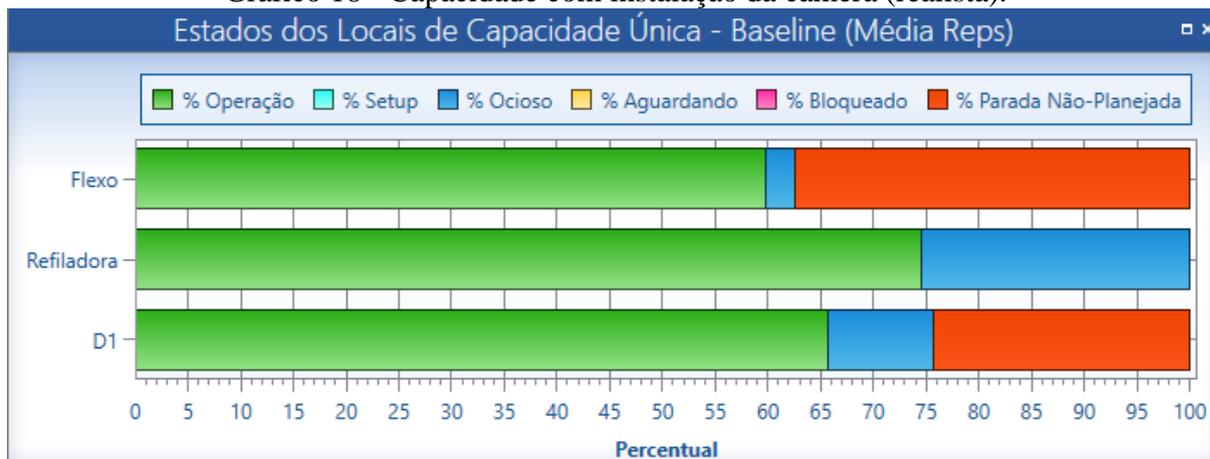
Quadro 12 - Produção e perdas com instalação da câmera (otimista).

	Mínimo	Máximo	Média
Qtd entrada	7.661.226	7.732.159	7.696.693
Qtd total saída	5.203.026	5.253.391	5.228.209
Qtd refugo refiladora	1.830.241	1.847.700	1.838.970
Qtd refugo Decoplas	626.791	632.236	629.514
Ociosidade Decoplas (%)	9,78	10,16	9,97

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para o cenário **realista**, como apresentado no gráfico 18, a redução dos refugos e de parada de máquina será de 90% do total, equivalente a 26 horas e aproximadamente 7,2% do refugo total.

Gráfico 18 - Capacidade com instalação da câmera (realista).



Fonte: Elaboração própria (2022).

Com a aplicação da melhoria neste cenário, a ociosidade média da linha fica em 9,90% e alcança uma produção média de 5.216.985 bisnagas finalizadas, como é apresentado no quadro 13.

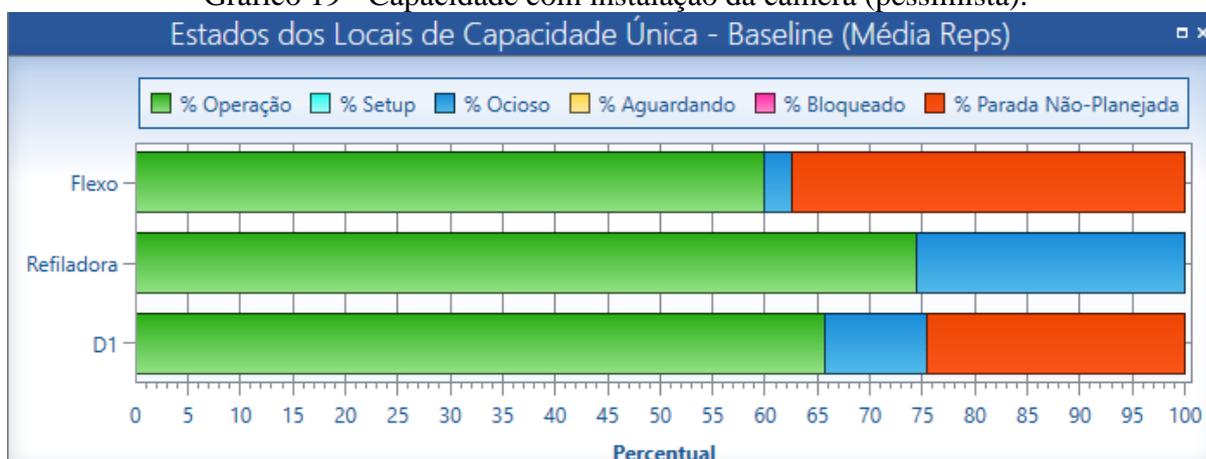
Quadro 13 - Produção e perdas com instalação da câmera (realista).

	Mínimo	Máximo	Média
Qtd entrada	7.660.568	7.730.460	7.695.514
Qtd total saída	5.192.204	5.241.767	5.216.985
Qtd refugo refiladora	1.830.052	1.847.339	1.838.696
Qtd refugo decoplas	637.127	642.540	639.833
Ociosidade Decoplas (%)	9,71	10,09	9,90

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para o cenário **pessimista**, como apresentado no gráfico 19, a redução dos refugos e de parada de máquina será de 60% do total, equivalente a 17:18 horas e aproximadamente 4,8% do refugo total.

Gráfico 19 - Capacidade com instalação da câmera (pessimista).



Fonte: Elaboração própria (2022).

Com a aplicação da melhoria neste cenário a ociosidade da linha fica em 9,68% e alcança uma produção média de 5.195.759 bisnagas finalizadas, como é apresentado no quadro 14.

Quadro 14 - Produção e perdas com instalação da câmera (pessimista).

	Mínimo	Máximo	Média
Qtd entrada	7.660.494	7.729.579	7.695.036
Qtd total saída	5.171.267	5.220.252	5.195.759
Qtd refugo refiladora	1.830.018	1.846.984	1.838.501
Qtd refugo decoplas	658.003	663.549	660.776
Ociosidade Decoplas (%)	9,50	9,87	9,68

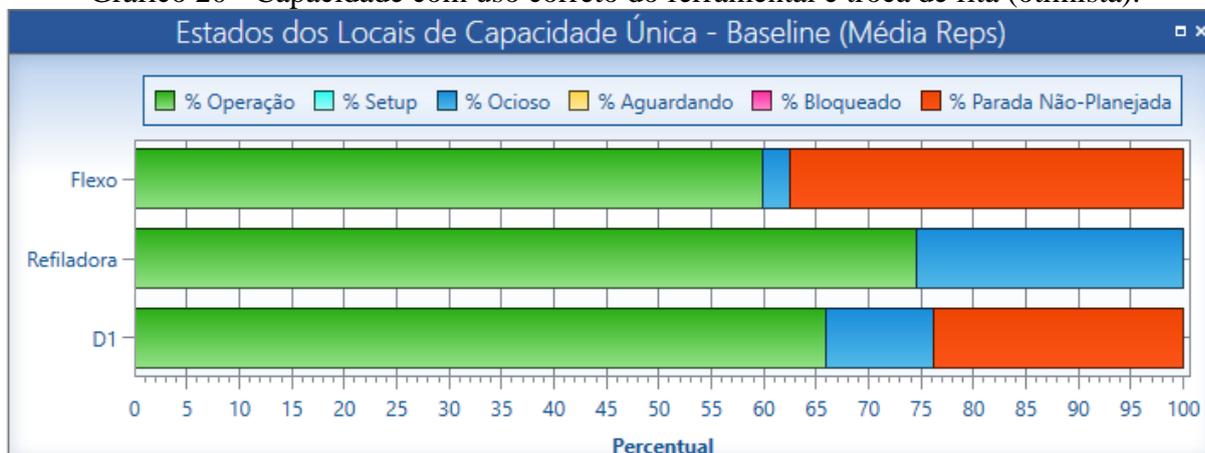
Fonte: Elaboração própria (2022).

### 5.1.5 Guia partida

Neste cenário é analisado o impacto da troca do fornecedor de fita e a padronização do uso dos ferramentais para reduzir os ajustes por guia partida causados na Decoplas, como observado no gráfico 6 o tempo de ajuste por guia partida foi de 52:54 horas e representa aproximadamente 26,32% do total do refugo.

Para o cenário **otimista**, a redução do tempo de parada e de refugo é de 80%, logo, a redução equivalente é de 42:19 horas e 21% do total de refugo, no gráfico pode ser observado a nova ociosidade da linha.

Gráfico 20 - Capacidade com uso correto do ferramental e troca de fita (otimista).



Fonte: Elaboração própria (2022).

Com a aplicação da melhoria neste cenário a ociosidade da linha aumenta para 10,32% e alcança uma produção média de 5.299.552 bisnagas finalizadas, como observado no quadro 15.

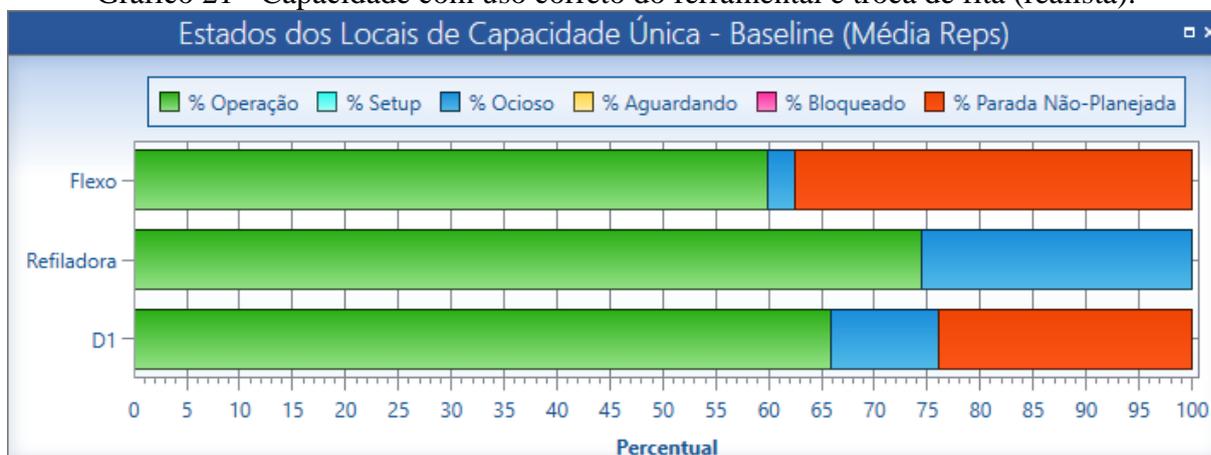
Quadro 15 - Produção e perdas com uso correto do ferramental e troca de fita (otimista).

Intervalo de confiança	Mínimo	Máximo	Média
95%			
Qtd Flexo	7.659.381	7.724.811	7.692.096
Qtd Decoplas	5.276.171	5.322.934	5.299.552
Qtd refugo refiladora	1.832.878	1.849.097	1.840.988
Qtd refugo decoplas	549.198	553.915	551.557
Ociosidade Decoplas (%)	10,12	10,51	10,32

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para o cenário **realista**, como apresentado no gráfico 21, a redução dos refugos e de parada de máquina será de 70% do total, equivalente a 37 horas e aproximadamente 18,42% do refugo total.

Gráfico 21 - Capacidade com uso correto do ferramental e troca de fita (realista).



Fonte: Elaboração própria (2022).

Com a aplicação da melhoria neste cenário, a ociosidade da linha fica em 10,19% e alcança uma produção média de 5.370.286 bisnagas finalizadas, como é apresentado no quadro 16.

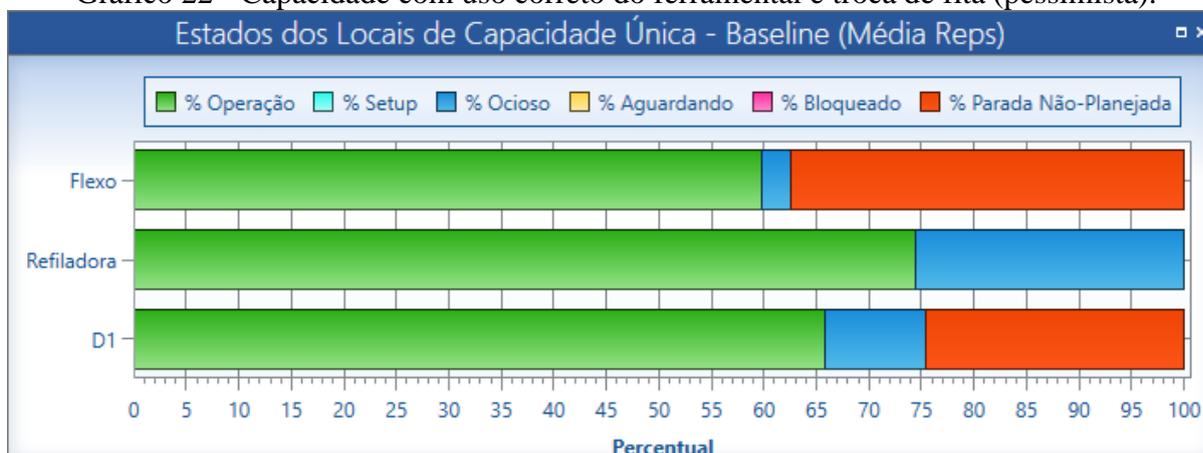
Quadro 16 - Produção e perdas com uso correto do ferramental e troca de fita (realista).

Intervalo de confiança 95%	Mínimo	Máximo	Média
Qtd Flexo	7.663.850	7.734.787	7.699.319
Qtd Decoplas	5.249.706	5.300.982	5.275.344
Qtd refugo refiladora	1.832.561	1.849.499	1.841.030
Qtd refugo decoplas	580.378	585.511	582.945
Ociosidade Decoplas (%)	9,99	10,38	10,19

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para o cenário **pessimista**, como apresentado no gráfico 22, a redução dos refugos e de parada de máquina será de 30% do total de paradas e refugos por motivo de guia partida, equivalente a 16:29 horas e aproximadamente 7,9% do refugo total.

Gráfico 22 - Capacidade com uso correto do ferramental e troca de fita (pessimista).



Fonte: Elaboração própria (2022).

Com a aplicação da melhoria neste cenário, a ociosidade da linha fica em 9,69% e alcança uma produção média de 5.227.424 bisnagas finalizadas, como é apresentado no quadro 17.

Quadro 17 - Produção e perdas com uso correto do ferramental e troca de fita (pessimista).

Intervalo de confiança 95%	Mínimo	Máximo	Média
Qtd Flexo	7.660.603	7.729.847	7.695.225
Qtd Decoplas	5.202.769	5.252.079	5.227.424
Qtd refugo refiladora	1.830.030	1.847.052	1.838.541
Qtd refugo decoplas	626.614	631.906	629.260
Ociosidade Decoplas (%)	9,50	9,87	9,69

Fonte: Elaboração própria (2022).

### 5.1.6 Todas as melhorias aplicadas

A avaliação desses cenários acontece com todas as melhorias aplicadas para os três cenários, com o objetivo de avaliar a capacidade da Flexo atender a demanda de mais linhas Decoplas, no quadro 17 estão apresentados os novos tempos de paradas para a Flexo e Decoplas para os três cenários.

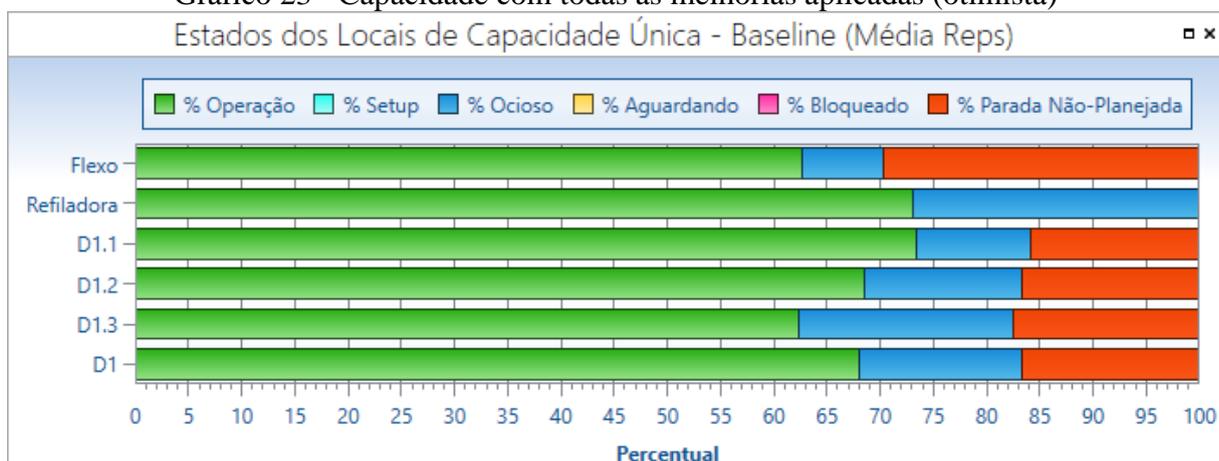
Quadro 18 - Tempos das melhorias em cada cenário

Cenário	Máquina	Categorias	Tempo	horas/dia	
Otimista	Decoplas	ajustes	52:23:00	0:40:18	0,67
	Flexo	<i>Setup</i>	60:32:00	00:55	0,93
Realista	Decoplas	ajustes	71:22:00	0:54:54	0,91
	Flexo	<i>Setup</i>	67:16:00	01:02	1,03
Pessimista	Decoplas	ajustes	100:27:00	1:17:16	1,29
	Flexo	<i>Setup</i>	80:43:00	01:14	1,24

Fonte: Elaboração própria (2022).

Com os tempos de paradas ajustados para o cenário **otimista** e sabendo que a redução na quantidade total de refugo é de 29%. Para essa simulação triplicou-se a quantidade de OPs.

Gráfico 23 - Capacidade com todas as melhorias aplicadas (otimista)



Fonte: Elaboração própria (2022).

No gráfico 23 observa-se que a Flexo tem capacidade de absorver a demanda de 3 linhas Decoplas, tendo uma ociosidade de 7,66%. Com a aplicação das melhorias observa-se no quadro 18 uma redução na quantidade de bisnagas refugadas na Decoplas.

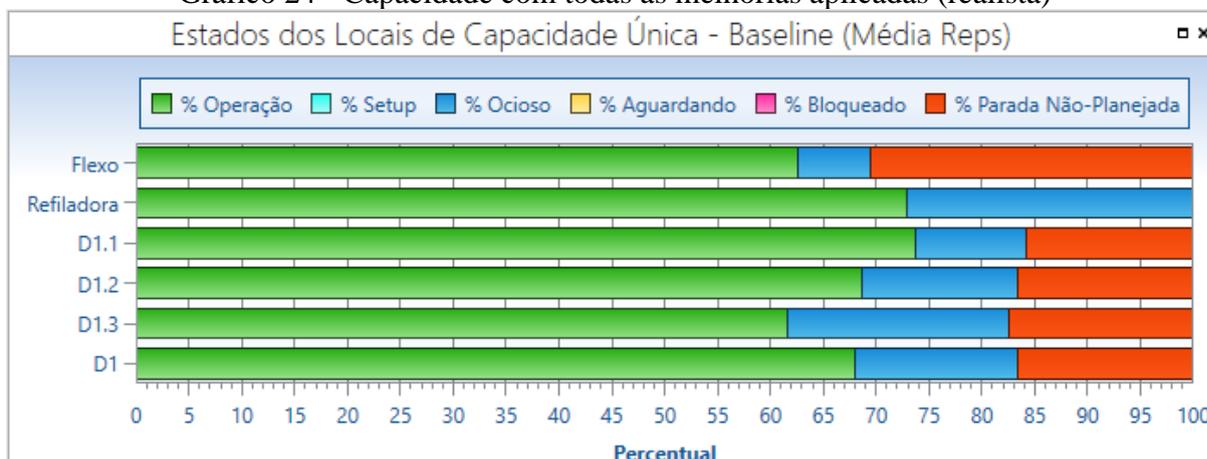
Quadro 19 - Produção e perdas com todas as melhorias aplicadas (otimista)

Intervalo de confiança 95%	Mínimo	Máximo	Média
Qtd Flexo	24.054.112	24.129.220	24.091.666
Qtd Decoplas	16.821.808	16.873.487	16.847.647
Qtd refugo refiladora	5.762.612	5.783.508	5.773.060
Qtd refugo decoplas	1.467.884	1.474.034	1.470.959
Ociosidade Flexo (%)	7,55	7,78	7,66
Ociosidade Decoplas (%)	15,16	15,40	15,28

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para o cenário **realista** são utilizadas as variáveis apresentadas no quadro 17 e uma redução em refugos de 25,62% do total, no gráfico 24 observa-se a utilização das máquinas para este cenário.

Gráfico 24 - Capacidade com todas as melhorias aplicadas (realista)



Fonte: Elaboração própria (2022).

No gráfico 24 observa-se que a Flexo tem capacidade de absorver a demanda de três linhas Decoplas, tendo uma ociosidade média de 6,93% em sua capacidade. Com a aplicação das melhorias observa-se no quadro 19 uma redução na quantidade de bisnagas produzidas e um aumento na quantidade de bisnagas refugadas na linha.

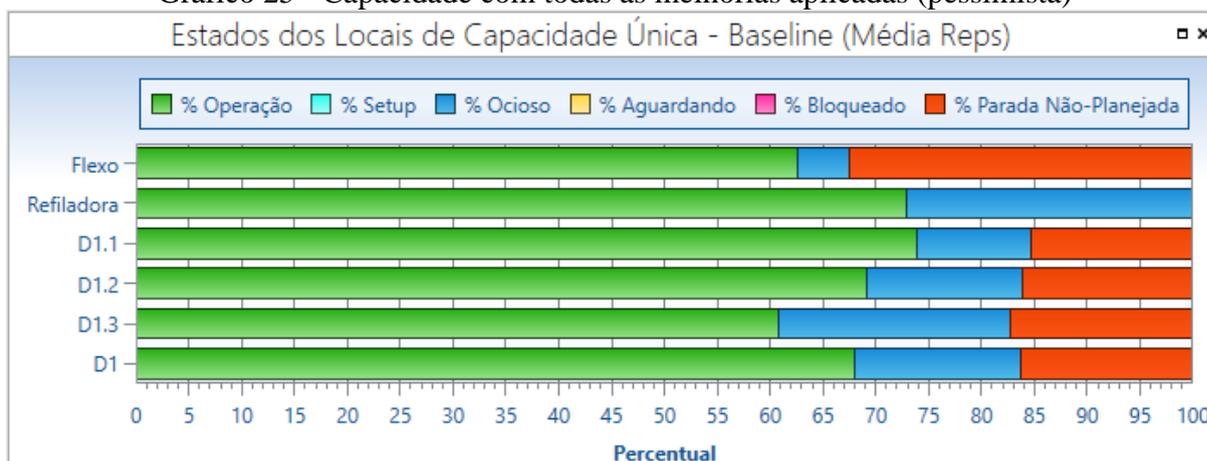
Quadro 20 - Produção e perdas com todas as melhorias aplicadas (realista)

Intervalo de confiança 95%	Mínimo	Máximo	Média
Qtd Flexo	24.000.227	24.083.719	24.041.973
Qtd Decoplas	16.602.442	16.661.105	16.631.773
Qtd refugo refiladora	5.752.218	5.773.146	5.762.682
Qtd refugo decoplas	1.643.870	1.651.165	1.647.517
Ociosidade Flexo (%)	6,80	7,05	6,93
Ociosidade Decoplas (%)	15,30	15,54	15,42

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para o cenário **pessimista** são utilizadas as variáveis apresentadas no quadro 17 e uma redução em refugos de 12,7% do total, no gráfico 25 observa-se a utilização das máquinas para este cenário.

Gráfico 25 - Capacidade com todas as melhorias aplicadas (pessimista)



Fonte: Elaboração própria (2022).

No gráfico 25 observa-se que a Flexo tem capacidade de absorver a demanda de três linhas Decoplas, tendo uma ociosidade de 4,93% em sua capacidade. Com a aplicação das melhorias observa-se no quadro 20 uma redução na quantidade de bisnagas produzidas e aumento na quantidade de bisnagas refugadas na linha.

Quadro 21 - Produção e perdas com todas as melhorias aplicadas (pessimista)

Intervalo de confiança 95%	Mínimo	Máximo	Média
Qtd Flexo	24.005.418	24.073.670	24.039.544
Qtd Decoplas	16.371.785	16.420.042	16.395.914
Qtd refugo refiladora	5.746.440	5.765.066	5.755.753
Qtd refugo decoplas	1.884.367	1.891.388	1.887.878
Ociosidade Flexo (%)	4,79	5,06	4,93
Ociosidade Decoplas (%)	15,68	15,88	15,78

Fonte: Elaboração própria (2022).

## 5.2 OEE REAL

A simulação foi aplicada para diferentes cenários de previsão, em cada uma das melhorias propostas, em seguida foram coletados os dados gerados pela simulação e aplicados ao cálculo do OEE utilizado atualmente na empresa para comparar os resultados. O OEE é aplicado apenas sobre a Flexo e linha Decoplas, visto a limitação de dados e informações sobre a Rotoflex, não será calculado o OEE dessa máquina. Dessa forma no quadro 22 será apresentado o valor do OEE real do período analisado.

Quadro 22 - OEE atual

<b>Tempos</b>	<b>Decoplas</b>	<b>Flexografia</b>
OEE	63,20%	15,54%
TEMPO PROGRAMADO REAL	1255:23:00	538:06:00
DISPONIBILIDADE	73%	61%
<i>STANDARD</i>	5.933.402	29.906.600
PRODUZIDO	5.172.391	7.675.578
PRODUTIVIDADE	87%	26%
TEMPO DISPONÍVEL	910:11:00	325:46:00

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para cálculo do OEE sobre a situação real da linha, foram utilizados os dados e tempos apresentados até o momento. O *standart* é considerado a quantidade que a linha deveria produzir segundo o tempo de máquina disponível e a velocidade de produção estabelecidos pela empresa.

Os valores de OEE apresentados no quadro 22 serão utilizados para balizar o quão relevantes são cada uma das melhorias propostas para cada cenário.

### 5.3 OEE APLICADO SOBRE OS CENÁRIOS PROPOSTAS

Nesta seção será avaliado o indicador de OEE sobre cada um dos cenários de cada uma das propostas de melhorias, para que ao final seja possível elencar quais melhorias devem ser priorizadas para implementação. Os tempos que forem reduzidos de suas respectivas categorias serão passados para a categoria PRG-01 Sem Programa, por consequência haverá a redução do tempo programado real.

Tendo em vista que a simulação não busca aproximar-se dos valores reais, os resultados são trabalhados dentro de um intervalo de confiança de 95%, dessa maneira, cenários que obtiverem resultados com valores dentro do mesmo range, serão considerados como iguais, visto que não é possível afirmar que existe uma diferença entre eles.

A melhoria de *setup* tem como objetivo a redução desse tempo na Flexo visto que é o maior responsável por tempo de máquina parada. No quadro 23

estão apresentados os valores de ociosidade máximos, mínimos de cada cenário.

Quadro 23 – Intervalo de confiança da ociosidade na Flexo

Ociosidade Flexo (%)	Mínimo	Máximo	Média
Otimista	6,58	7,03	6,80
Realista	6,17	6,62	6,39
Pessimista	5,69	6,13	5,91

Fonte: Elaboração própria (2022).

Com os valores apresentados no quadro 23, não é possível afirmar que existe uma diferença entre os cenários otimista e realista, sendo assim, será avaliada apenas a diferença entre os cenários otimista e realista. Para comparação dos valores de OEE, serão utilizados a média das ociosidades, como visto no quadro 24.

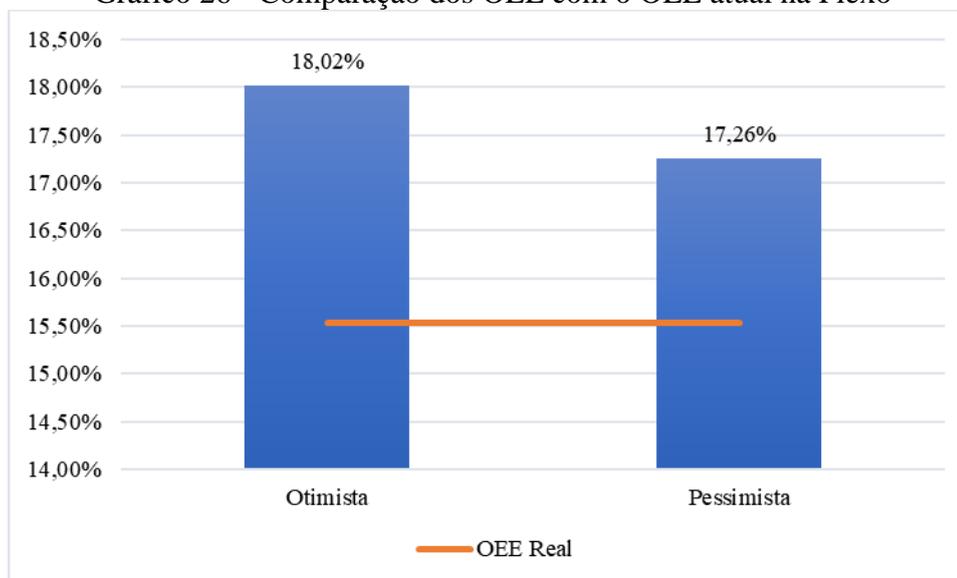
Quadro 24 - OEE com a instalação da câmera

<b>Tempo</b>	<b>Otimista</b>	<b>Pessimista</b>
OEE	18,02%	17,26%
TEMPO PROGRAMADO REAL	464:06:00	484:18:00
DISPONIBILIDADE	70,20%	67,27%
<i>STANDARD</i>	29.906.600	29.906.600
PRODUZIDO	7.675.578	7.675.578
PRODUTIVIDADE	25,70%	25,67%
TEMPO DISPONÍVEL	325:46:00	325:46:00

Fonte: Elaboração própria (2022).

No gráfico 26 pode-se observar a melhora do OEE com a aplicação da melhoria, o que prova que a compra dos tinteiros será vantajosa para a disponibilidade de máquina, além de que a disponibilidade dela é um fator crucial para que tenha a capacidade de atender demandas maiores vindas da Decoplas ou da implantação de uma nova linha.

Gráfico 26 - Comparação dos OEE com o OEE atual na Flexo



Fonte: Elaboração própria (2022).

As melhorias para as subcategorias de parada por insumo e parada por guia partida têm como objetivo a redução de tempo de ajustes na Decoplas visto que é o maior responsável por tempo de máquina parada na linha. A instalação da câmera, a troca da fita e padronização de uso dos ferramentais tem impacto direto na disponibilidade da linha e na quantidade de

refugo, por consequência, na produtividade. No quadro 24 estão apresentados os valores de ociosidade máximos, mínimos de cada cenário.

Quadro 25 - Intervalo de confiança da quantidade de refugo e ociosidade na decoplas

	Cenários	Insumo			Guia Partida		
		Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média
<b>Quantidade de refugo Decoplas</b>	Otimista	626.791	632.236	629.514	549.198	553.915	551.557
	Realista	637.127	642.540	639.833	580.378	585.511	582.945
	Pessimista	658.003	663.549	660.776	626.614	631.906	629.260
<b>Ociosidade Decoplas (%)</b>	Otimista	9,78	10,16	9,97	10,12	10,51	10,32
	Realista	9,71	10,09	9,90	9,99	10,38	10,19
	Pessimista	9,50	9,87	9,68	9,50	9,87	9,69

Fonte: Elaboração própria (2022).

Segundo os dados apresentados no quadro 24, não é possível afirmar que nos cenários otimista e realista, os resultados são diferentes para a ociosidade na Decoplas, porém, como a quantidade de refugo é diferente, de acordo com o intervalo de confiança estabelecido, será aplicado o OEE para os cenários otimista e realista para a comparação entre eles. Sendo assim, no quadro 25 estão apresentados os resultados do cálculo de OEE.

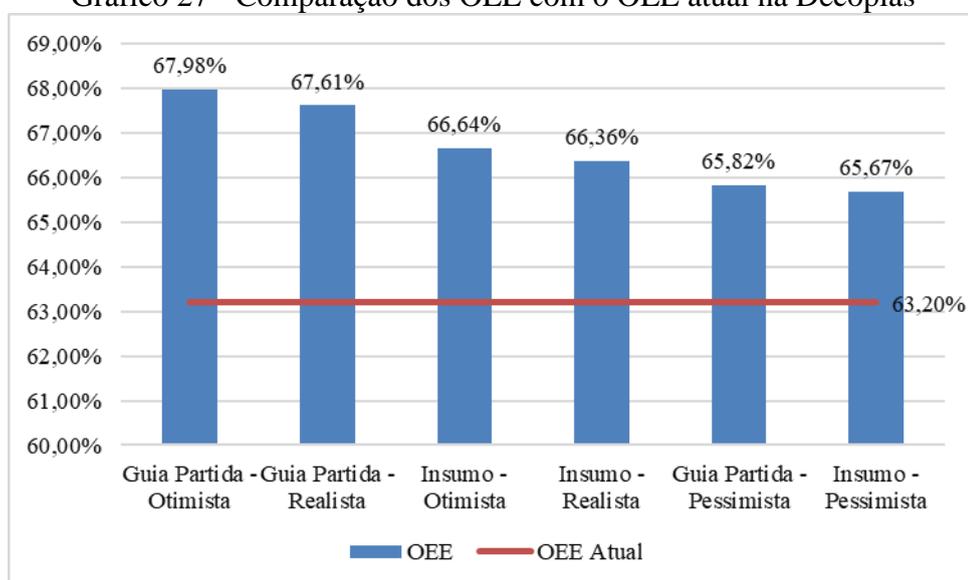
Quadro 26 - OEE com as melhorias na Decoplas

Tempo	Insumo			Guia Partida		
	Otimista	Realista	Pessimista	Otimista	Realista	Pessimista
OEE	66,64%	66,36%	65,67%	67,98%	67,61%	65,82%
Tempo Programado Real	1226:36:00	1229:24:00	1238:06:00	1213:06:00	1218:24:00	1238:54:00
Disponibilidade	74%	74%	74%	75%	75%	73%
Standart	5.933.402	5.933.402	5.933.402	5.933.402	5.933.402	5.933.402
Produzido	5.328.773	5.318.093	5.299.936	5.375.598	5.370.286	5.315.936
Produtividade	90%	90%	89%	91%	91%	90%
Tempo disponível	910:11:00	910:11:00	910:11:00	910:11:00	910:11:00	910:11:00

Fonte: Elaboração própria (2022).

No gráfico 27 pode-se visualizar a evolução do OEE com a aplicação das melhorias, por consequência, entende-se que a melhoria referente a guia partida deve ser priorizada, pois mesmo em um cenário realista traz mais benefícios para o OEE em comparação com a instalação da câmera em um cenário otimista.

Gráfico 27 - Comparação dos OEE com o OEE atual na Decoplas



Fonte: Elaboração própria (2022).

## 6 CONCLUSÃO

Este estudo se propôs a analisar a *performance* de diferentes propostas de melhorias em uma linha de produção através de aplicação de simulação computacional, comparando os resultados com a *performance* atual da empresa. Para isso foram levantados, com base em um histórico de paradas e refugos da fábrica, causas de problemas que resultaram em queda da *performance*. A análise realizada entre os meses de setembro, outubro e novembro de 2021, contou com a aplicação das metodologias de Pareto, Ishikawa e 5W2H para auxiliar no processo de busca de melhorias capazes de trazer resultados positivos quando comparados à situação atual da linha. Para diminuir as incertezas inerentes a simulação, adotou-se cenários para diferentes impactos trazidos por essas melhorias, sendo eles, cenário otimista, realista e pessimista, dando diferentes configurações para a simulação e conseqüentemente na entrega dos resultados. A métrica utilizada para compreensão do impacto que cada melhoria entrega para a linha foi o OEE, sendo que este indicador já é utilizado dentro da empresa.

Outra análise presente neste trabalho, é a avaliação de uma máquina de flexografia ser capaz de atender um aumento na demanda em caso de aquisição de novas linhas, considerando a configuração atual da linha e com utilização total da linha. A análise mostra que a Flexo é capaz de atender apenas duas linhas Decoplas, caso a mesma esteja operando em capacidade total.

Posteriormente as melhorias foram comparadas entre si, a fim de auxiliar na tomada decisão, buscando entender quais as melhorias devem ser priorizadas de acordo com o aumento do OEE.

Sabendo que os resultados dos cenários com um cruzamento entre os seus intervalos de confiança foram considerados como iguais, pois não é possível confirmar uma diferença entre eles, dessa forma, a ociosidade da Decoplas nos cenários otimista e realista para as proposições de melhorias, guia partida e insumo, foram consideradas iguais. Logo, de acordo com a análise sobre todos os cenários, a proposição de melhoria que tem o maior impacto positivo sobre o OEE é a guia partida.

### 6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Por fim, são indicados como sugestão para trabalhos futuros os seguintes estudos:

- Estudo de viabilidade econômica e técnica das melhorias sugeridas.
- Análise da necessidade de expansão de acordo com o aumento da demanda.
- Análise para redução de perdas na linha.

## REFERÊNCIAS

5W2H: conheça as 7 perguntas para encontrar soluções. **EPR Consultoria**, 2018. Disponível em: <<https://eprconsultoria.com.br/5w2h/>>. Acesso em: 12 de jan. de 2022

BANKS, J.; CARSON, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete-Event System Simulation**. Prentice Hall, 5 th ed, 2010.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicos**. In: [S.l: s.n.], 2010.

CAUCHICK, P. A. M. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2012.

CAUCHICK, Paulo Augusto Miguel. **Qualidade: Enfoque e Ferramentas**. São Paulo; Artliber; 2001.

CAVALIERI, Gustavo. **Balanceamento de linha e redução dos desperdícios para a melhoria de produtividade em uma indústria de motores elétricos**. 2018. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

CONTADOR, J. C. Campos e armas da competição. In: CONTADOR, J. C. (coord.). **Gestão de Operações: A Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998, p. 39-56.

COREMASTER embalagem do tubo. **Packsys Global**, 2021. Disponível em: <<https://www.packsysglobal.com/>>. Acesso em: 05 de jan. de 2022

DIAGRAMA de Ishikawa. **Ferramentas da Qualidade**, 2016. Disponível em: <<https://ferramentasdaqualidade.org/diagrama-de-ishikawa/>>. Acesso em: 12 de jan. de 2022

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas: com aplicações em Arena**. 2. ed. Visual Books, 2008.

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

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GODKE, Ana Luísa Mota. **Estudo de caso para avaliação da aplicabilidade de práticas da manufatura enxuta em fábrica do setor alimentício de produção contínua**. 2016. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

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

HOLANDA, Mariana de Almeida; PINTO, Ana Carla Bittencourt Reis Fernandes. **UTILIZAÇÃO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA E BRAINSTORMING PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA DE ASSERTIVIDADE DE ESTOQUE EM UMA INDÚSTRIA DA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE**. Enegep 2009: A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão, Salvador/BA, 2009.

HUNT, V. D. **Process Mapping: How to Reengineer your Business Process**. John Wiley & Sons, New York. 1996.

JOHANSSON, H.J.; MCHUGH, P.; PENDLEBURY, A.J.; WHEELER III, W.A. **Processos de negócios**. São Paulo: Pioneira, 1995.

JUNQUEIRA, Fabrício. **Apostila sobre ProModel**. Apostila, 2018.

KLIPPEL, M.; ANTUNES, J. A. V.; PAIVA, E. L. **Estratégia de produção em empresas com linhas de produtos diferenciadas: um estudo de caso em uma empresa rodoferroviária.** Gestão & Produção, Vale do Rio dos Sinos, v. 12, n. 3, p.417-428, set. 2005.

KODA, Carlos Alberto; SALTORATO, Patrícia; FERRARINI, Cleyton. **OEE como ferramenta para identificação de perdas no processo de fabricação de cabos ópticos.** In: ENEGEP, 32, 2012, Bento Gonçalves. Anais. p. 1- 15.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A., **Metodologia do trabalho científico.** São Paulo: Atlas, 1991.

LAW, A. M. **Simulation modeling and analysis.** 4th edition. McGraw-Hill, 2007.

MARSHALL JUNIOR, Isnard. VARANDA ROCHA, Alexandre. BACELAR MOTA, Edmarson. MESQUITA QUINTELLA, Odair. **Gestão da Qualidade: Série Gestão Empresarial.** 9. ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2008. 201 p. (ISBN 978-85-225-0695-8).

NAYLOR, T.H et al. **Técnicas de simulação em computadores.** São Paulo: Editora Vozes, 1971.

O que é flexografia? **Projeto Pack**, 2021. Disponível em: <<https://www.projetopack.com.br/o-que-e-flexografia>>. Acesso em: 13 de dez. de 2021

PROMODEL 2002

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Tradução Cristina Schumacher. Porto Alegre: ArtesMédicas, 1997.

PEGDEN,C.Dennis., SHANON, Robert, SADOWSKY Randall. **Introduction to Simulation Using SIMAN.** New Jersey, 1990.

PEREIRA, Christiana Chianca; CARVALHO, Rayane de Oliveira; PEREIRA, Rita de Cássia. **Manual de Referência de Mapeamento de Processos.** 1 ed. Brasília; GEDIT, 2018

SANTOS, Ana Carolina Oliveira; SANTOS, Marcos José. **Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura – um estudo de caso.** In: ENEGEP, 27, 2007, Foz do Iguaçu. Anais... .[Foz do Iguaçu]: ABREPO, [2007]. p. 1-10.

SCHAPPO, Adriano José. **Um método utilizando simulação discreta e projeto experimental para avaliar o fluxo na manufatura enxuta.** Tese de Mestrado. Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

SILVA, Danieli Tavares Rates da; SOUZA, Rogério de; SILVA, Anderson da. **APLICABILIDADE DA FILOSOFIA LEAN MANUFACTURING NAS ORGANIZAÇÕES: produção enxuta.** 2013.

SILVA, E. L. e MENEZES, E. M., **Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** Florianópolis: UFSC,PPGEP,LED, 113p, 2000.

SUZUKI, Tokutaro. **TPM for Process Industries.** Portland: Productivity Press, 1994

TUBINO, D. F. **Sistemas de produção: A produtividade no chão de fábrica.** Porto Alegre: Bookman, 1999.

VIEIRA, Guilherme E. **Uma revisão sobre a aplicação de simulação computacional em processos industriais.** PUC – PR, 2006.

VILLELA, Cristiane S. S., **Mapeamento de Processos como Ferramenta de Reestruturação e Aprendizado Organizacional.** Dissertação de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. p. 86

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Ferramentas Estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Vol. 2. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

### APÊNDIC A – APLICAÇÃO DO MÉTODO 5W2H

O que?	Quem?	Quando?	Onde?	Por quê?	Como?	Quanto?
Buscar novo fornecedor de fita para emenda do filme	Líder e operadores da Flexo e Rotoflex juntamente com o setor de compras	Em 2 meses	Flexo e Rotoflex	Mitigar os efeitos na partida da guia causado por emenda rompida	Trocando o fornecedor de fita para emenda de filme	Sem custo
Padronizar a escolha do uso dos ferramentais	Operadores, líderes e coordenador	Em 2 meses	Decoplas	Com a utilização do ferramental correto o reduz a chance de romper o guia	Criar um procedimento padrão para a utilização dos ferramentais corretos e realizar o treinamento dos operadores	Sem custo
Compra e instalação de uma câmera	Solicitação feita pelo setor de manufatura e instalação pelo setor de manutenção	6 meses	Rotoflex	Para reduzir/eliminar a quantidade de filme com defeito que é passado para a Decoplas	Instalar a câmera no mesmo local onde a observação é feita pelo operador	R\$ 150.000,00
Compra de um novo conjunto de tinteiros	Solicitação de compra feito pelo setor de manufatura	6 meses	Flexografia	Para que seja possível realizar o <i>setup</i> em paralelo, fazendo a	Deixar a disposição dos funcionários mais um conjunto de	R\$ 300.000,00

				preparação da tinta enquanto é limpo o tinteiro que estava em uso	tinteiros para que parte do <i>setup</i> aconteça em paralelo	
--	--	--	--	---	--	--

Fonte: Autor (2022)