UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JAINE MUNIZ MORAIS

# UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DA CAPACIDADE DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BISCOITOS RECHEADOS

CARUARU
2022

JAINE MUNIZ MORAIS

# UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DA CAPACIDADE DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BISCOITOS RECHEADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de produção da Universidade Federal de Pernambuco - Campus do Agreste, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharelado em Engenharia de Produção.

**Área de concentração**: Gestão da produção

**Orientador**: Profº. Dr. Luciano Carlos Azevedo da Costa

Caruaru

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Morais, Jaine Muniz.
Utilização de simulação computacional para análise da capacidade de uma linha de produção de biscoitos recheados / Jaine Muniz Morais. - Caruaru, 2022.
63 p. : il., tab.

Orientador(a): Luciano Carlos Azevedo da Costa
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2022.

1. Simulação de sistemas. 2. Capacidade produtiva. 3. Filas. I. Costa, Luciano Carlos Azevedo da. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

JAINE MUNIZ MORAIS

# UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DA CAPACIDADE DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BISCOITOS RECHEADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de produção da Universidade Federal de Pernambuco - Campus do Agreste, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharelado em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 24/10/2022

**BANCA EXAMINADORA**

_____

Profº. Dr. Luciano Carlos Azevedo da Costa (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Profº. Dr. Caio Bezerra Souto Maior (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Profº. Dr. Isaac Pergher (Examinadora Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esse trabalho ao meu Pai José Adegildo, à minha mãe Maria José e meus irmãos Jailson Muniz e Gilson Muniz, que contribuíram ao longo de toda minha vida para que eu pudesse alcançar meus objetivos e ser a pessoa que sou hoje.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem ele nada seria possível. Toda força, disposição e saúde para enfrentar as dificuldades encontradas no caminho.

A minha família por todo esforço e dedicação investido na minha formação, por sempre me incentivarem e acreditarem que eu seria capaz de vencer os obstáculos.

Ao meu orientador, Professor Luciano Costa, por acreditar que eu era capaz, por todo suporte e valiosas contribuições dadas durante todo o processo.

Aos meus amigos e colegas de graduação em especial (Aline Alana, Elizama Samara e Maria Vitória) pelo apoio e auxílio nos momentos bons e mais difíceis e por tornarem essa jornada especial e prazerosa.

Aos meus professores, pelo suporte sempre que foi necessário durante essa etapa da minha formação.

Aos meus supervisores Nataly Rodrigues e Edinaldo Silva, por confiarem no meu trabalho e me auxiliar a crescer como pessoa tanto como profissional.

A empresa que abriu as portas para que o estudo pudesse ser realizado e a todos os funcionários que se disponibilizaram a cooperar com o trabalho.

Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos (NEWTON, A. I., 1722).

## RESUMO

O presente trabalho consiste na análise da uma linha de produção de biscoitos recheados, em uma fábrica localizada na cidade de Caruaru-Pernambuco, por meio da utilização de métodos de simulação. O trabalho teve início com a realização do mapeamento do processo produtivo da linha. Depois de elaborado o mapeamento do processo, foram coletados dados relacionados com a capacidade produzida, índices de perdas e paradas de linha. Em seguida foi realizado o estudo da capacidade atual da empresa, calculando sua eficiência, capacidade disponível, capacidade realizada e utilização. Foram realizados estudos dos tempos de produção, calculado o tempo de processamento de cada equipamento, para auxílio da construção de um modelo no software FlexSim. O modelo permitiu identificar processos correspondiam aos maiores gargalos na produção. A partir dos dados históricos da linha foi possível fazer a comparação entre os dados gerados pelo modelo de simulação e os reais. O modelo permitiu a investigação de diferentes cenários, os quais podem representar diferentes configurações da linha de produção. Tal ferramenta permite que melhores decisões sobre a capacidade da empresa possam ser tomadas, auxiliando em decisões estratégicas sobre expansão da empresa e cumprimento de prazos de entrega de mercadoria.


**Palavras-chave**: Simulação de sistema; Capacidade produtiva; Filas.

## ABSTRACT

The present work aims at analyzing the production line of stuffed cookies, on a factory located in the city of Caruaru-Pernambuco, using simulation methods. The work began with the mapping of the production process of the line. After the process mapping was performed, data related to the produced capacity, loss rates and line stoppages were collected. Then, the study of the company's current capacity was carried out, calculating its efficiency, available capacity, realized capacity and utilization. Studies of production times were carried out, calculating the processing time of each equipment, to aid in the construction of a model in the FlexSim software. The model allowed identifying processes that corresponded to the largest bottlenecks in the production line. From the historical data of the line, it was possible to make a comparison between the data generated by the simulation model and the real ones. The model allowed the investigation of different scenarios, which may represent different configurations of the production line. Such a tool allows better decisions about the company's capacity to be made, assisting in strategic decisions about company expansion and fulfillment of merchandise delivery deadlines


**Keywords**: System simulation; Productive capacity; bottlenecks.

## LISTA DE FIGURAS


| | | |
|---|---|---|
| Figura 1 – | Programação da produção de acordo com os níveis hierárquicos do PCP ……. | 18 |
| Figura 2 – | Símbolos de mapeamento de processo. ..... | 22 |
| Figura 3 – | Etapas da Metodologia ..... | 28 |
| Figura 4 – | Layout da linha de produção de biscoitos Recheados…….. | 30 |
| Figura 5 – | Fluxograma da linha de produção. ..... | 31 |
| Figura 6 – | Rolo Moldador ..... | 33 |
| Figura 7 – | Aproveitamento da linha em KG..... | 38 |
| Figura 8 – | Programado X Realizado em KG..... | 39 |
| Figura 9 – | Descrição das perdas de produção..... | 39 |
| Figura 10 – | Paradas de linha por setor. ..... | 41 |
| Figura 11 – | Tipos de paradas de linha..... | 42 |
| Figura 12 – | Paradas por equipamento na fabricação ..... | 43 |
| Figura 13 – | Paradas por equipamento na embalagem. ..... | 43 |
| Figura 14 – | Cenário Atual-Capacidade Disponível..... | 47 |
| Figura 15 – | Cenário Capacidade realizada..... | 48 |
| Figura 16 – | Linha de produção Cenário 01..... | 50 |
| Figura 17 – | Linha de produção Cenário 02..... | 51 |
| Figura 18 – | Linha de produção Cenário 03..... | 52 |
| Figura 19 – | Linha de produção Cenário 04..... | 53 |
| Figura 20 – | Linha de produção Cenário 05..... | 54 |

## LISTA DE QUADROS


| | | | |
|---|---|---|---|
| Quadro 1 | – | Capacidade atual da moldadora..... | 33 |
| Quadro 2 | – | Total de produção por fornada no forno..... | 34 |
| Quadro 3 | – | Total de produção por fornada na Esteira de Resfriamento. | 35 |
| Quadro 4 | – | Tempo por biscoito no túnel de resfriamento..... | 36 |
| Quadro 5 | – | Capacidade atual..... | 36 |
| Quadro 6 | – | Paradas programadas na linha de produção..... | 44 |
| Quadro 7 | – | Passo a Passo para Simulação no FlexSim ..... | 45 |
| Quadro 8 | – | Tempo de espera - Capacidade disponível..... | 48 |
| Quadro 9 | – | Tempos de espera - Cenário Atual..... | 49 |
| Quadro 10 | – | Tempo de espera - Cenário 01..... | 50 |
| Quadro 11 | – | Tempo de espera - Cenário 02..... | 51 |
| Quadro 12 | – | Tempo de espera - Cenário 03..... | 52 |
| Quadro 13 | – | Tempo de espera – Cenário 04..... | 53 |
| Quadro 14 | – | Tempo de espera - Cenário 05..... | 55 |
| Quadro 15 | – | Resumo dos Cenários..... | 55 |

**SUMÁRIO**


| | | |
|---|---|---|
| **1** | **INTRODUÇÃO** | **13** |
| 1.1 | OBJETIVO GERAL | 15 |
| 1.2 | OBJETIVO ESPECÍFICOS | 15 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA | 15 |
| 1.4 | ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO | 17 |
| **2** | **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA** | **18** |
| 2.1 | HIERARQUIA DAS DECISÕES NO PCP | 18 |
| 2.2 | CAPACIDADE | 19 |
| 2.3 | MAPEAMENTO DE PROCESSO | 22 |
| **2.3.1** | **Fluxograma** | **22** |
| 2.4 | SIMULAÇÃO | 23 |
| **2.4.1** | **Simulação em eventos discretos** | **23** |
| **2.4.2** | **Vantagens da Simulação** | **24** |
| 2.5 | REVISÃO DA LITERATURA | 25 |
| **3** | **METODOLOGIA** | **27** |
| 3.1 | CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA | 27 |
| **3.1.1** | **Etapas da Pesquisa** | **28** |
| **3.1.2** | **Conhecimento do processo** | **28** |
| **3.1.3** | **Técnicas de coletas de Dados** | **28** |
| **4** | **ANÁLISE DA CAPACIDADE PRODUTIVA EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BISCOITOS RECHEADOS** | **30** |
| 4.1 | MAPEAMENTO DO PROCESSO – RECHEADOS | 31 |
| 4.2 | DESCRIÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DISPONÍVEL DA EMPRESA | 32 |
| 4.3 | DADOS HISTÓRICOS DO CENÁRIO ATUAL | 37 |
| **4.3.1** | **Paradas de Linha** | **41** |
| 4.4 | SIMULAÇÃO NO FLEXSIM | 45 |
| **4.4.1** | **Construção do modelo no FlexSim** | **45** |

**4.4.2 Validação do Modelo no FlexSim..... 47**
**4.4.3 Comparação de cenários..... 49**
4.4.3.1 Cenário 01..... **49**
4.4.3.2 Cenário 02..... **51**
4.4.3.3 Cenário 03..... **52**
4.4.3.4 Cenário 04..... **53**
4.4.3.5 Cenário 05..... **54**
4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS..... 55
**5 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS ..... 57**
**REFERÊNCIAS..... 58**

## 1 INTRODUÇÃO

No atual cenário competitivo, onde a concorrência tornou-se ainda mais acirrada, as empresas têm buscado investir em melhorias, com objetivo de obter vantagem competitiva sobre seus concorrentes e permanecerem no mercado. De acordo com Kardec e Nascif (2013), as organizações vêm buscando, perseverantemente, novas ferramentas de gerenciamento capazes de direcioná-las para uma maior competitividade através da produtividade e qualidade de seus produtos, processos e serviços. Diante disso, o conhecimento da capacidade produtiva é uma das bases estratégicas mais importantes na tomada de decisão. A estimativa da capacidade depende de muitos fatores, e a busca pelo aumento da capacidade exige o conhecimento de todos os fatores que afetam o processo produtivo (MOREIRA, 1998; YANG *et al*., 2008).

Com base nos cálculos da capacidade de produção, é possível conhecer os limites da unidade produtiva e estabelecer um dimensionamento estratégico da capacidade com o intuito de manter a produção e a demanda alinhadas, suprindo as necessidades do mercado sem gerar estoques desnecessários. Para o estudo da viabilidade do aumento da capacidade é necessário conhecer a capacidade atual e prever as necessidades de capacidade futura. Uma das soluções para o aumento da capacidade produtiva, sem investimento na aquisição de novos recursos, consiste na identificação e eliminação das perdas que atuam no sistema de manufatura, conceito aplicado em sistemas com base no sistema Toyota de Produção (SHINGO, 1996).

Segundo Jain & Lyons (2009), o setor alimentício é constantemente pressionado pela concorrência para otimizar seu processo através do aumento de produtividade e eficiência, atendendo às expectativas dos consumidores no que se refere a preços mais acessíveis, qualidade, flexibilidade na produção, agilidade na entrega dos produtos. Com a alta competitividade faz se necessária a avaliação dos pontos críticos das organizações. De acordo com Tupy e Serillo (2006), a eficiência no setor industrial alimentício, possui ligação direta com a adoção de novas tecnologias que propiciem o aumento de produtividade, os ganhos em escala e principalmente a minimização dos custos operacionais.

Um dos problemas enfrentados na alta administração é tomar decisões e realizar a avaliação de alternativas de forma rápida. Tomar decisões sobre capacidade

não é uma tarefa simples, especialmente quando não existem resultados previsíveis. Segundo Ragsdale (2009), a alta administração das empresas utilizam a simulação para resolver diversos problemas enfrentados em seus sistemas produtivos, encontrando na simulação uma forma eficaz de analisar e avaliar alternativas para tomadas de decisões.

A simulação computacional pode ser utilizada como ferramenta para estudo da análise de capacidade, quantificando a performance e melhorias do sistema demonstrando os efeitos da tomada de decisão e da variação de parâmetros. Isso permite o correto dimensionamento e otimização do sistema, quais determinadas ações possam ser testadas e seus efeitos analisados sem que realmente sejam tomadas na realidade, reduzindo o tempo no processo de decisão (ARES *et al*., 2012).

É difícil fazer a análise de diferentes alternativas, para isso a utilização da simulação é uma ótima opção, uma vez que, são geradas situações favoráveis ou desfavoráveis que sirvam de apoio à tomada de decisões, com vistas à organização do sistema em análise. Segundo Saliby (1999):

> *"…simulação consiste no processo de construção de um modelo que replica o funcionamento de um sistema real ou idealizado (ainda a ser construído) e na condução de experimentos computacionais com este modelo, com o objetivo de melhor entender o problema em estudo, testar diferentes alternativas para sua operação e assim propor melhores formas de operá-lo".*

A modelagem e a simulação são ferramentas que possibilitam uma análise detalhada de como é a formação de operação de um sistema. A modelagem é uma ferramenta utilizada para desenvolver políticas operacionais e recursos para personalizar o desempenho de um sistema, e também permite testar novos conceitos antes de implantar tais conceitos, fazendo com que o sistema atual não seja alterado, mas sim simulado (MENEZES, & MIURA, 2020).

Na empresa analisada, a linha de biscoitos recheados corresponde a maior produção entre os biscoitos. Atualmente a capacidade é estimada considerando apenas a velocidade de produção na Recheadora, sem levar em consideração as perdas com varredura (Material que cai no chão e não pode ser reaproveitado para produção), reprocesso (Material que por algum motivo não foi embalado ou possui falhas nas embalagens, e posteriormente é moído e reincorporado a massa em frações menores), sobrepeso (Excesso de peso nos biscoito, não pode ser reaproveitado) e as paradas nas linhas para manutenção e atividades administrativas,

que impactam diretamente na capacidade e no tempo necessário para a produção. Isso faz com que o processo de tomada de decisões no setor de programação e controle da produção (PCP) seja comprometido, uma vez que nem sempre é possível produzir o programado para os turnos no tempo estipulado, gerando atrasos na produção que podem comprometer as entregas nas vendas e prejudicar a imagem da empresa perante os clientes.

Neste contexto, o presente trabalho analisa a capacidade de uma linha de produção de biscoitos recheados, através de métodos de simulação, em uma indústria do setor alimentício localizada no interior do estado de Pernambuco. O objetivo do trabalho é fornecer à empresa parâmetros que auxiliem no processo de tomada de decisões, desenvolvendo diferentes cenários com aplicação de melhorias.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a produção de biscoitos recheados, através de métodos de simulação, desenvolvendo cenários visando melhorias na produção de biscoitos recheados.

## 1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Mapear o processo produtivo atual da linha;
- Determinar a capacidade disponível da linha de produção;
- Modelar a linha de produção utilizando o FlexSim;
- Gerar cenários;
- Propor melhorias para aumento da capacidade e diminuição de perdas.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Durante o período de pandemia, a demanda por alimentos no Brasil aumentou consideravelmente. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA), o setor fechou o ano de 2021 com alta de 17% no seu faturamento. Devido ao constante crescimento na demanda do setor de alimentos, é de suma importância que as indústrias alimentícias sejam capazes de otimizar a capacidade produtiva das suas linhas de produção. Isso permitirá mais assertividade no processo de tomada de decisões, fazendo com que elas possam permanecer competitivas no mercado. Através de métodos de simulação é possível a geração de cenários que permitem a análise de modificações no processo de produção sem que elas precisem ser implementadas fisicamente. Com isso é possível analisar quais modificações melhor

se adequam a linha e que trazem mais benefícios, sem que se despenda muito tempo e custos com implementação.

A análise da capacidade produtiva é de extrema importância para uma organização, pois através dela é possível definir os limites competitivos, dado que representa o volume máximo de produção que esta unidade produtiva pode atingir. Um dos objetivos das empresas é produzir de forma que consiga atender toda sua demanda, sendo responsabilidade dos gestores de operações garantir que a linha de produção tenha capacidade essencial para atender seus clientes. Ao decidir qual o nível de capacidade que melhor se adequa aos seus objetivos, uma organização deve avaliar o *trade-off* entre a sua falta e o seu excesso. Em um cenário onde a capacidade é inferior, a empresa não atende por completo à demanda, podendo perder clientes pela deterioração do nível de serviço, gerando atrasos nas entregas e perdas de novos negócios, abrindo espaço para o avanço dos concorrentes. Por outro lado, o excesso de capacidade leva a custos adicionais com ociosidade dos recursos, com possível desperdício de produtos, produzindo estoques em excesso e gastos desnecessários com máquinas e equipamentos, além de ocasionar a subutilização da força de trabalho e gerar estratégias forçadas para o aumento da demanda, como, por exemplo, a redução de preços.

Conforme Slack *et al* (1997, p. 346), muitas organizações acabam operando abaixo de sua capacidade máxima, seja porque não possuem demanda suficiente para ocupar completamente sua capacidade, seja por políticas empresariais, de modo que a operação possa responder rapidamente a cada novo pedido. Essa capacidade não utilizada é denominada de capacidade ociosa ou sobrecapacidade (SANTOS e ANDERE, 2000).

De acordo com a capacidade reflete parte significativa dos custos indiretos de fabricação eles estão diretamente relacionados a ela. Quanto mais a capacidade é utilizada, maior será a produção e consequentemente menor será a parcela de custos fixos a ser alocada a cada produto. Por sua vez, quanto menor o uso da capacidade, mais ociosidade é gerada, aumentando consequentemente os custos dos produtos. Diante disso, a capacidade de produção da indústria deve ser bem dimensionada, com o intuito de diminuir ao máximo os custos atrelados a sua produção, diminuindo seu grau de ociosidade.

## 1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

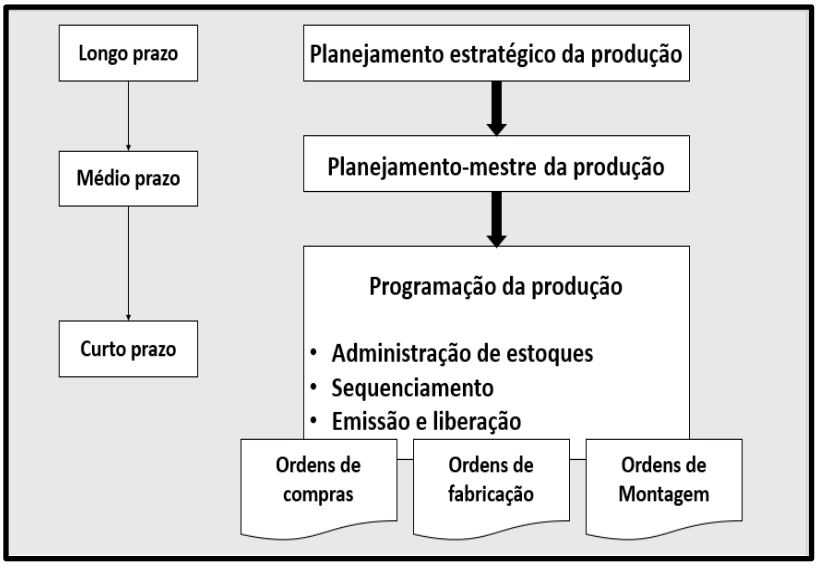
O restante deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) está organizado como segue. Na Seção 2 é apresentada uma fundamentação teórica com ênfase nos conceitos necessários para o desenvolvimento deste trabalho por meio discussão de trabalhos que abordem temáticas semelhantes àquelas estudadas neste. Na Seção 3, é apresentada a metodologia utilizada, descrevendo as ferramentas e os métodos utilizados para a execução do trabalho. Na Seção 4, é detalhado a situação atual do problema estudado, apresentando o cenário atual da empresa, assim como são apresentados os modelos propostos e discutidos seus os resultados obtidos. Por fim, na Seção 5 são apresentadas as limitações e demais conclusões a respeito do trabalho como um todo.

# 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

## 2.1 HIERARQUIA DAS DECISÕES NO PCP

O planejamento da capacidade é feito em níveis de acordo com o horizonte de planejamento desejado, na Figura 1 é apresentado o esquema de decisões. O planejamento a longo prazo tem como objetivo antecipar as necessidades de recursos que demandam um prazo maior. Bem como auxiliar na tomada de decisão sobre quanto produzir de cada família de produto, principalmente quando há limitações de recursos disponíveis para a produção, não sendo possível atender as demandas do setor comercial. O planejamento da capacidade de médio prazo visa auxiliar nas decisões do MPS (*Master Production Scheduling*), tendo como objetivos antecipar a necessidade de capacidade de recursos que precisam prazo de alguns meses, gerar planos de produção de produtos finais que sejam viáveis, subsidiar decisões sobre quanto produzir de cada produto. Já o planejamento a curto prazo auxilia nas decisões do planejamento detalhado da produção e materiais, antecipando as necessidades de capacidade de recursos que requeiram poucas semanas para sua mobilização. Além de gerar planos detalhados de produção e compras que sejam viáveis.

Figura 1: Programação da produção de acordo com os níveis hierárquicos do PCP




Fonte: TUBINO, (2009)

Através do planejamento estratégico da produção é feito o planejamento da produção com horizonte de longo prazo. Ele é a base para a busca e alocação de recursos, como o maquinário, mão de obra, hora extra entre outros (GOMES, 2002).

## 2.2 CAPACIDADE

Segundo Corrêa e Corrêa (2010, p. 426), a capacidade é definida como “o volume máximo potencial de atividade de agregação de valor que pode ser atingido por uma unidade produtiva sob condições normais de operação”. Moreira (1998) chama de capacidade a quantidade máxima de produtos e serviços que podem ser produzidos numa unidade produtiva, num dado intervalo de tempo. Stevenson (2001) considera que a capacidade se refere a um limite superior ou teto de carga que uma unidade operacional pode suportar. A unidade operacional pode ser uma fábrica, um departamento, uma loja ou um funcionário. Slack *et al* (2002) definem capacidade de produção como sendo o máximo nível de atividade de valor adicionado em determinado período de tempo que o processo pode realizar sob condições normais de operação. A capacidade é afetada por fatores redutores de capacidade, e por isso na maioria das vezes as empresas não conseguem trabalhar com a capacidade total.

De acordo com Staudt *et al* (2011), conhecer a capacidade atual da empresa implica não só conhecer o processo, mas também em se ter a percepção de que os retrabalhos e/ou refugos devem ser calculados, pois os mesmos consomem tempo e recursos dentro da capacidade produtiva. A capacidade de produção pode ser classificada como: instalada, disponível, efetiva ou realizada.

A **capacidade produtiva instalada** representa o potencial máximo de produção que uma fábrica possui, considerando que ela opera 24 horas por dia durante 7 dias por semana, sem interrupções e desconsiderando suas perdas na produção, pode ser influenciada por diversos fatores, dentre eles: ausências de funcionários, quebra de maquinários e atrasos nas entregas de insumos necessários para a produção (GAITHER e FRAIZER, 2002).

Algumas definições importantes segundo Peinaldo e Graeml (2007 ) são:

**Capacidade disponível**: é a quantidade máxima que uma unidade de produção pode produzir durante a jornada de trabalho disponível, sem levar em consideração qualquer tipo de perda. A capacidade disponível, via de regra, é considerada em função da jornada de trabalho que a empresa adota.

**Capacidade efetiva:** representa a capacidade disponível subtraindo-se as perdas planejadas desta capacidade. A capacidade de efetivação não pode exceder a capacidade disponível, isto seria o mesmo que programar uma carga de máquina por um tempo superior ao disponível.

**Perdas de capacidade planejadas:** são aquelas perdidas que se sabe de antemão que irão acontecer, por exemplo: necessidade de setups para alterações no mix de produtos; manutenções preventivas periódicas; tempos perdidos em trocas de turnos; amostragens qualidade de etc.

**Perdas de capacidade não planejadas** são perdas que não se consegue antever, como por exemplo: falta de matéria-prima; falta de energia elétrica; falta de funcionários; paradas para manutenção corretiva; investigações de problemas de qualidade etc.

**Grau de utilização:** A capacidade disponível e a capacidade efetiva permitem a formação de um índice, denominado grau de utilização. Representa, em forma percentual, quanto unidade produtiva a está utilizando sua capacidade disponível, conforme a fórmula.

$$GRAU\ DE\ UTILIZAÇÃO = \frac{CAPACIDADE\ EFETIVA}{CAPACIDADE\ DISPONÍVEL}$$

**Capacidade realizada:** A capacidade realizada é obtida subtraindo-se as perdas não planejadas da capacidade efetiva, em outras palavras, é a capacidade que realmente aconteceu em determinado período.

**Índice de eficiência:** A capacidade realizada, quando comparada à capacidade efetiva, fornece a porcentagem de eficiência da unidade produtora em realizar o trabalho programado.

$$EFICIÊNCIA = \frac{CAPACIDADE\ REALIZADA}{CAPACIDADE\ DISPONÍVEL}$$

Segundo Moreira (2008), há duas maneiras de medir a capacidade produtiva de um setor, sendo a primeira por meio da produção e a segunda através dos insumos. Entretanto, a primeira requer a produção de apenas um produto ou produtos semelhantes. A segunda forma, de acordo com Moreira (2008) é o meio ideal para escalonar a capacidade, devido aos grandes usos de recursos, é utilizada em indústrias que produzem muitos produtos e também na administração de serviços e operações. A medição da capacidade é uma atividade complexa devido a alguns processos produtivos, a produção pode não ser totalmente padronizada e seus processos não serem repetitivos. Ela é medida através da disponibilidade de seus inputs ou outputs (SLACK *et al*, 2009).

Os inputs fundamentam-se nos recursos que serão transformados durante o processo produtivo, são aqueles que passarão por um processo de transformação,

outro conjunto que compõem esse grupo são os recursos de transformação que operam sobre os recursos transformados (SLACK *et al*, 2009). Os outputs do processo podem ser produtos e/ou serviços. Produtos são caracterizados como tangíveis enquanto os serviços são considerados intangíveis (SLACK *et al*, 2009).

As indústrias dificilmente conseguem operar no seu limite de produção, pois se torna difícil absorver variações na oferta de insumos ou de demanda (LUSTOSA *et al*, 2008). É comum se deparar com processos que estão operando em sua capacidade máxima e processos que estão operando em sua capacidade mínima e ambos estarem na mesma linha de produção (SLACK *et al*, 2009). De acordo com Ritzman e Krajewski (2004, p.155),

> *"Operar no pico da capacidade exige um esforço extraordinário e a utilização de métodos marginais de produção que normalmente não são sustentáveis. A produção máxima sob condições normais é denominada capacidade efetiva. A operação com menor capacidade efetiva é denominada gargalo e limita a capacidade de todo o sistema".*

Segundo (PEINADO e GRAEML, 2007, p.126) gargalo é a operação mais lenta da linha, sendo responsável por delimitar o ritmo de produção.Os gargalos geram uma série de transtornos, que vão desde a baixa produtividade na linha de produção, pois a equipe fica ociosa, baixa qualidade no produto final, conflitos entre a equipe por conta de desgaste de relação, pouca previsibilidade da produção e falta de definição da capacidade de produção, por conta de inúmeros erros que estão sendo mascarados. Outros problemas como falta de estoque, atraso de faturamento e processo logístico também aparecerão.

A capacidade a longo prazo das operações com gargalo pode ser ampliada de várias maneiras (RITZMAN E KRAJEWSKI, 2004, p. 143). Os autores entendem que ela pode ser ampliada com investimentos em equipamentos novos e com a expansão das instalações. A capacidade do gargalo pode ainda ser ampliada através de um aumento na jornada de trabalho, ou no número de turnos de funcionamento. E ainda, como opção, os gerentes podem aliviar o gargalo reprojetando o processo, por meio de reengenharia ou melhoria de processos.

As operações consideradas como gargalos, segundo Heizer e Render (2001, p. 438), possuem menos capacidade que os centros de trabalho anteriores e posteriores. Podendo resultar em índices de ociosidade nos outros processos. Os gerentes de operações devem lidar com os gargalos, de forma a aumentar a sua capacidade, alterando o roteiro do trabalho, modificando o tamanho dos lotes,

mudando a sequência do trabalho ou aceitando a ociosidade em certos casos (HEIZER E RENDER, 2001, p. 438).

## 2.3 MAPEAMENTO DE PROCESSO

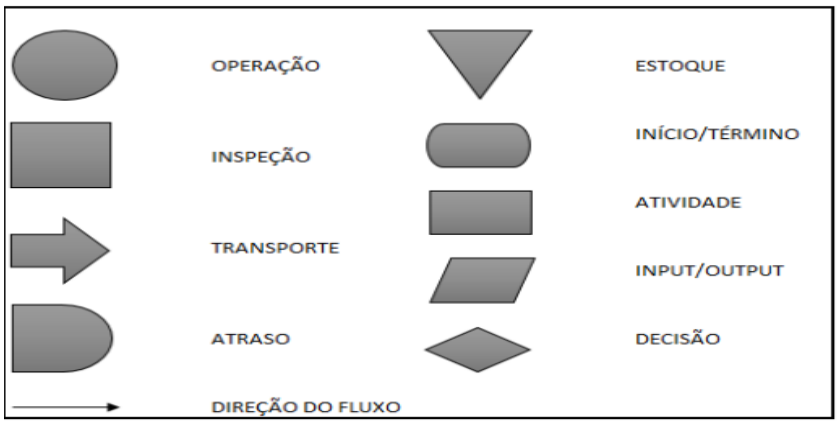
Mapeamento de processos é uma ferramenta que descreve todas as etapas de produção na qual permite o conhecimento detalhado de todo sequenciamento de operações, ela proporciona o conhecimento de etapas que estão ocultas. É essencial que o sequenciamento das atividades seja realizado no local em que elas acontecem. O primeiro passo para realizar um mapeamento é estabelecer fronteiras de cada processo, onde iniciam e onde terminam as operações (PALADINI *et al*, 2012). Foram utilizados neste trabalho para o mapeamento do processo produtivo:

### 2.3.1 Fluxograma

O fluxograma é uma técnica de mapeamento que permite o registro de ações de algum tipo e pontos de tomada de decisão que ocorrem no fluxo real, é utilizada para fazer o mapeamento dos processos.

De acordo com Slack *et al*. (2009), para fazer a elaboração do mapeamento de processos são utilizadas algumas simbologias para representar cada tipo de atividade, não existe uma simbologia global, mas para auxílio do trabalho na Figura 2 estão descritos alguns dos símbolos mais comuns.

Figura 2: Símbolos de mapeamento de processo.




Fonte: Adaptado Slack *et al*. (2009)

O mapeamento realizado utilizando o fluxograma demonstra a sequência de atividades em um processo, de forma simples e de fácil entendimento. Ele trabalha com dois requisitos essenciais: clareza e fidelidade (CORRÊA e CORRÊA, 2005).

A clareza engloba a transparência do processo para entendimento de todos integrantes da organização. Ela possibilita a segmentação do processo principal em subprocessos. Dessa forma, são feitos vários fluxogramas que estão contidos em um único processo. Enquanto que a fidelidade trata da documentação do processo, para o qual, quando houver mudanças no processo, deve-se atualizar o fluxograma (CORRÊA e CORRÊA, 2005).

## 2.4 SIMULAÇÃO

O surgimento da simulação remete ao uso do método de Monte Carlo, o qual foi inicialmente utilizado para resolver problemas de física nuclear. Essa técnica matemática fornece números arbitrários para atribuir valores às variáveis do sistema (CORRAR *et al*, 2009). Simulação é uma técnica que engloba a elaboração de um modelo de uma condição existente para uma experimentação futura. Entretanto, nem sempre é possível obter uma boa solução para o problema. De acordo com Corrar *et al* (2009) a simulação não indica uma solução ótima. Porém, ela permite, através da análise dos experimentos, que o decisor compreenda o comportamento do sistema, tornando-se uma ferramenta de apoio à tomada de decisão.

Para Law (2007), o uso de modelos de simulação substitui experimentações de sistemas reais, nos quais os experimentos se tornam inviáveis economicamente. Segundo Krajewski *et al* (2009) a simulação é definida como “o ato de reproduzir o comportamento de um sistema usando um modelo que descreve seus processos”. Segundo Taha (2008), pode-se dividir em duas categorias de modelos de simulação: eventos discretos e eventos contínuos.

Neste trabalho será utilizada a simulação de eventos discretos:

### 2.4.1 Simulação em eventos discretos

A simulação de eventos discretos abrange o estudo de modelos de simulação cujas variáveis mudam de estado instantaneamente em pontos específicos de tempo, em contraste ao que ocorre com modelos contínuos, cujas variáveis podem mudar de estado continuamente no decorrer do tempo.

Simulação é uma técnica que engloba a elaboração de um modelo de uma condição existente para uma experimentação futura. Além disso, não é em todo caso que se consegue obter uma solução boa ou ótima para um problema (LOESCH e

HEIN, 2009). De acordo com Corrar *et al* (2009) a simulação não indica uma solução ótima. Contudo, ela permite, através da análise dos experimentos, compreender o comportamento do sistema tornando-se uma ferramenta de apoio à tomada de decisão.

### 2.4.2 Vantagens da Simulação

Para Chung (2004) e Shafer e Smunt (2004), podem ser considerados como vantagens da simulação: a experimentação de várias hipóteses de solução em um curto espaço de tempo, a redução de requerimentos para análise, e a fácil demonstração do modelo. Freitas (2001), Banks, *et al*., (2001) e Law *et al*., (2000) indicam como vantagens da simulação:

- Uma vez criado, um modelo de simulação pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar diferentes projetos e políticas propostas;
- Proporciona economia da utilização do recurso (máquinas) e de mão de obra em experimentações, diferentemente quando estas são conduzidas *in loco*, no sistema real.
- A simulação é, geralmente, mais fácil de aplicar do que métodos analíticos;
- O tempo pode ser controlado, comprimido ou expandido, permitindo reproduzir os fenômenos de maneira lenta ou acelerada, para que se possa melhor estudá-los;
- Em um sistema real, replicar com exatidão um experimento, considerando os recursos, estruturas físicas, pessoal, é bastante difícil, ao contrário do sistema simulado.
- Pelo alto nível de detalhamento o modelo pode substituir o sistema real evitando a sua perturbação;
- É possível observar o comportamento do sistema em condições extremas de funcionamento sem pôr em risco a vida de pessoas, a segurança pública e a do próprio negócio;
- Hipóteses sobre como ou por que certos fenômenos acontecem podem ser testadas para confirmação.
- Em geral é mais econômico simular um sistema produtivo do que testar o sistema real e evitam-se, assim, gastos desnecessários.

## 2.5 REVISÃO DA LITERATURA

Brito (2019) mostrou que a simulação pode ser usada como ferramenta para análise da capacidade, o modelo de simulação possibilitou que ações fossem testadas e seus efeitos analisados sem que precisassem se tornar realidade, com isso foi possível a realização do Planejamento Estratégico de Capacidade considerando as principais incertezas, variabilidades e interdependências da operação atual e futura, o modelo desenvolvido pela Braskem-UNIB em conjunto com o CEL permitiu o estudo de diversos cenários e o dimensionamento dos principais recursos logísticos envolvidos. Dessa forma, o Planejamento Estratégico de Capacidade foi elaborado para um horizonte de dez anos, definindo as ações a serem tomadas no tempo, assim como os investimentos necessários.

Lima (2019) fez uso da simulação para identificar o melhor layout que leva a um aumento da capacidade produtiva do encase de ligas de ferro. Nesse estudo, foi utilizado o software FlexSim® através da simulação por eventos discretos. O trabalho em questão difere do presente trabalho na utilização do software Flexsim para identificação do melhor layout, mas converge ao identificar a capacidade produtiva em diferentes cenários e os gargalos existentes no processo, e consequentemente, identificando os cenários que melhor atende às necessidades da empresa.

Souza (2017) utilizou de métodos de simulação para análise do processo produtivo de biscoitos identificando gargalos e propondo melhorias, diferindo do presente trabalho na utilização do software Arena. Chegando à conclusão que a simulação computacional é capaz de se tornar uma grande aliada para o gerenciamento da produção.

Nascimento (2019*)* mostrou que a simulação é útil na análise do processo produtivo de bisnaguinhas, trazendo benefícios como poder implantar qualquer alteração desejada em todo o sistema num cenário alternativo, não apenas para corrigir ou melhorar um processo, mas também possibilitar a projeção de cenários futuros para a organização, estudando e prevendo mudanças. O artigo difere na utilização do software Arena para simulação.

Costa *et al (*2017) utiliza a simulação computacional no software Promodel combinada ao Planejamento de Experimentos e à Análise Econômica de Investimentos para que o risco econômico da realização de cenários industriais em uma célula de manufatura seja conhecido.

Lima e Medeiros (2019) mostraram que a simulação pode ser utilizada para descobrir a capacidade instalada em uma fábrica de café, através do software Arena e do mapeamento do processo, foi possível mensurar a capacidade produtiva, assim como identificar gargalos para o qual foi proposto melhorias.

Mota *et al* (2016) utilizou a simulação com o objetivo de identificar as restrições do processo de atendimento em um hospital, reduzindo o tempo de espera em filas e diminuindo custos operacionais causados por gargalos. Através de seus resultados foi possível determinar a capacidade de cada posto operatório e seus respectivos custos, sendo possível aumentar o fluxo de pacientes atendidos e melhorar a alocação de recursos.

Teixeira Neto (2015) utilizou a simulação com o mesmo propósito do trabalho em questão, analisando o sistema produtivo de uma empresa real e transcrevendo este modelo no sistema Promodel, com a finalidade de replicar os resultados acompanhados e verificados dentro da empresa, e realizar intervenções que buscassem sanar possíveis gargalos da produção. Divergindo na escolha do software Promodel.

Aragão (2011) mostrou que o software ARENA possibilita a identificação dos principais setores do processo que implicam maiores gargalos. O objetivo do estudo foi obter melhor desempenho na inferência dos resultados e no tempo de resposta, proporcionando a comparação de cenários de modo a decidir aquele que atende as necessidades da empresa e ao mesmo tempo gera aumento da produtividade do processo produtivo de cerâmica vermelha.

# 3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão tratados a descrição dos procedimentos metodológicos utilizados para realização da pesquisa. Detalhando a forma como a pesquisa se classifica na literatura, as técnicas de coleta e análise de dados e a descrição das etapas.

## 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa pode ser classificada como exploratória e aplicada, por ter o objetivo de conseguir uma maior compreensão sobre os dados estudados, e obter a capacidade produtiva da linha, a partir da aplicação dos métodos apresentados na fundamentação teórica. Segundo Gil (2002), a pesquisa exploratória permite uma maior familiaridade com o problema estudado, com o intuito de deixá-lo mais explícito ou a formular hipóteses, possuem como princípio fundamental aprimorar ideias ou expor intuições. A pesquisa aplicada concentra-se em torno dos problemas presentes nas atividades das instituições, organizações, grupos ou atores sociais. Está empenhada na elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e busca de soluções. Respondem a uma demanda formulada por “clientes, atores sociais ou instituições” (THIOLLENT, 2009, p.36). A definição de pesquisa aplicada também diz respeito a sua capacidade de gerar impacto. Assim, a pesquisa aplicada pode ser definida como atividades em que conhecimentos previamente adquiridos são utilizados para coletar, selecionar e processar fatos e dados, a fim de se obter e confirmar resultados, e gerar impacto.

Quanto à natureza da pesquisa, é tida como pesquisa quantitativa e qualitativa, pois se utilizou a análise qualitativa para conhecer o processo produtivo da organização e elaborar o fluxograma dos processos. Já os métodos quantitativos foram utilizados na coleta de dados e resultado das simulações.

### 3.1.1 Etapas da Pesquisa

As etapas da metodologia utilizada são apresentadas na Figura 3.

Figura 3: Etapas da Metodologia.

Fonte: A autora (2022)

### 3.1.2 Conhecimento do processo

Para obter o conhecimento sobre o processo produtivo da linha, foram realizadas visitas à fábrica onde em conversas com os colaboradores responsáveis pelas atividades na linha de recheados foi realizado o mapeamento do processo e criado seu fluxograma.

### 3.1.3 Técnicas de coletas de Dados

As técnicas utilizadas no processo de coleta de dados foram entrevistas não estruturadas com os operadores responsáveis pelas atividades e com os supervisores de produção, para obtenção de informações pertinentes e observação sistemática direta do processo. A observação foi feita no chão de fábrica para obtenção de dados sobre as etapas do processo. Foram excluídas do processo as etapas do sistema de abastecimento de farinha, preparação de macro e micro ingredientes e preparação da massa e recheio, tendo em vista que são atividades desempenhadas em paralelo e não afetam o desempenho da linha.

A coleta de dados ocorreu durante o período matutino e vespertino ao longo de uma semana, considerando cada dia uma amostra diferente, com um conjunto de

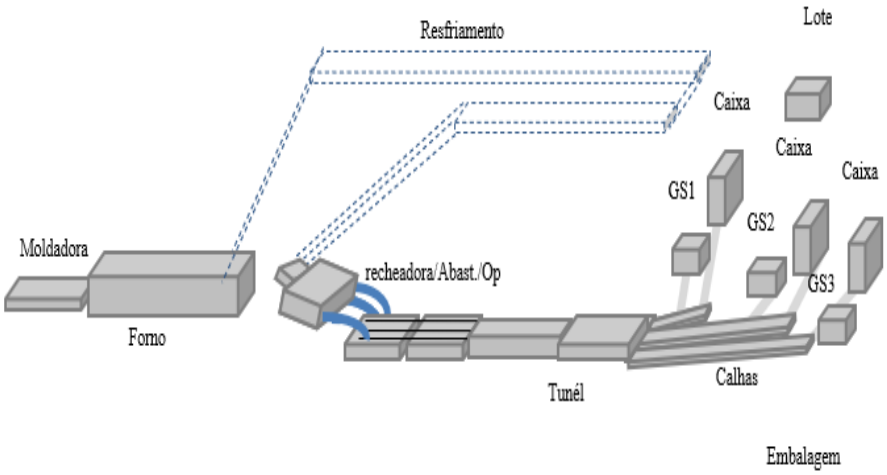
dados de massas diferentes. Foram coletados os tempos de processamento de cada operação em minutos, bem como foram calculadas as capacidades de cada equipamento da linha de produção.

Informações dos arquivos da empresa através da pesquisa documental sobre o histórico de produção, indicadores de desempenho e tempo de paradas de linha também foram coletadas.

## 4 ANÁLISE DA CAPACIDADE PRODUTIVA EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BISCOITOS RECHEADOS

Esta seção tem por objetivo apresentar o processo produtivo da linha de produção de biscoitos recheados, bem como seu histórico de produção e paradas de linha. Descrevendo o processo brevemente tem-se que a massa é preparada e levada até a moldadora, onde ocorre a sua prensagem e os biscoitos são moldados. Após serem moldados, os biscoitos passam pelo forno industrial a gás onde ocorre o assamento. Realizado o assamento do biscoito, estes passam por um sistema de esteiras para que ocorra o resfriamento do biscoito. Finalizada esta etapa, o biscoito passa pela recheadora e será recheado formando os chamados sanduíches. Os biscoitos já recheados passam por um túnel de refrigeração para que haja a cristalização do recheio, e que este alcance a textura essencial para ser comercializado. Após a etapa de cristalização do recheio, o biscoito será finalmente embalado e encaixotado. Na Figura 4 é possível visualizar o layout atual da linha e como os equipamentos estão dispostos.

Figura 4: Layout da linha de produção de biscoitos Recheados.




Fonte: A autora (2022)

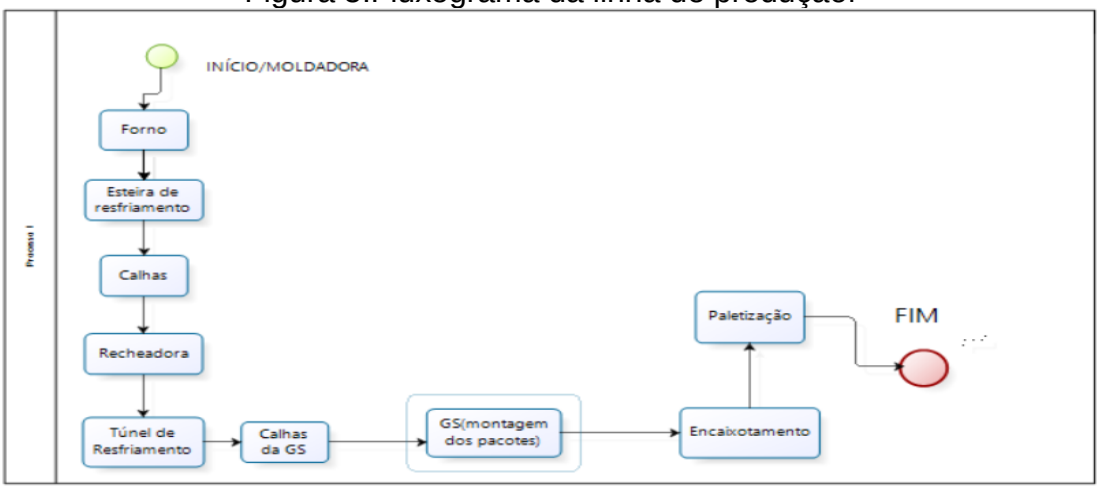
O Fluxograma do processo (Figura 5) foi elaborado utilizando o software Bizzagi, considerando apenas as atividades que influenciam diretamente a capacidade da linha, ou seja, as atividades realizadas desde a entrada da massa na moldadora até o momento em que o produto é montado em paletes na própria fábrica. As etapas de preparação de macro e micro ingredientes (Farinha, recheio, aromas, gordura, amônia etc.), bem como as etapas de estocagem e distribuição realizadas

pelo setor de expedição e logística não foram exploradas neste trabalho, apesar de serem realizadas na mesma localidade.

## 4.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO – RECHEADOS

Nesta seção será descrito o processo de produção de biscoitos recheados. O processo de produção pode ser representado pela Figura 5.

Figura 5:Fluxograma da linha de produção.




Fonte: A Autora (2022)

1. **Moldadora**: Os carrinhos com a massa já pronta são elevados verticalmente e em seguida tombados no tombador (elevador), passando por um rolo cortador para separá-la em pedaços menores, de onde seguem para o detector de metais. Em seguida, a massa vai ser moldada com o auxílio de rolos que a pressionam no molde do biscoito. Uma lâmina auxilia no processo de alisamento, mantendo a forma do produto ideal. Em seguida, são feitas análises quanto ao peso de uma amostra de biscoitos crus (26 bases), caso haja alguma irregularidade, são feitas alterações na pressão dos rolos e assim atingir a pesagem ideal.

2. **Forno:** Após a moldagem do produto, os biscoitos são encaminhados para o forno, passando pelo processo de forneamento para que ocorra o cozimento da massa. O forno conta com 4 zonas e o tempo do processo aproxima-se de 7:30 minutos (depende do ritmo da esteira). Podem ser feitas variações na

velocidade, quantidade de zonas ligadas e porcentagem de extração, de acordo com a necessidade.

3. **Esteiras de resfriamento**: Após a saída do forno os biscoitos entram na esteira de resfriamento onde ficam por aproximadamente 15 minutos. Em seguida, são divididos em duas esteiras para formar o sanduíche na recheadora, uma parte segue direto para recheadora onde receberá o recheio e outra entra em outra esteira e será a parte de cima do biscoito.

4. **Recheadora:** O sistema da recheadora se dá, primeiramente, pela preparação do recheio no pré-mix que é feito em uma batedeira simples. Depois, ele é colocado nas panelas de recheios e levado para o sistema de bombeamento de recheio para as casquinhas para a formação do sanduíche. Por fim, o transporte e disposição organizada dos biscoitos são realizados para serem encaminhados ao túnel de resfriamento.

5. **Túnel de resfriamento**: Após o sanduíche ser formado, os biscoitos permanecem por 7:30 minutos (depende do ritmo da esteira) em um túnel de refrigeração para que seja feita a cristalização do recheio. Esta etapa faz com que o biscoito obtenha a textura necessária para a comercialização.

6. **Calhas**: O biscoito sai do túnel e entra nas calhas (espécie de fila) que levam até as máquinas de embalagem.

7. **Embalagem**: Após a saída das calhas os biscoitos entram nas máquinas da embalagem onde será finalmente embalado e encaixotado. Atualmente o processo conta com 3 máquinas embaladoras. Essas máquinas são conhecidas como GSs. A velocidade de embalagem é de 79 pacotes/minuto.

8. **Encaixotamento**: Esta é uma etapa manual, onde o operador fica responsável por montar caixas com 30 pacotes. Uma vez completada a caixa, ela é colocada em uma esteira para passar pelo processo de selamento e ir para a paletização.

9. **Paletização**: Após as caixas estarem devidamente seladas, o operador monta os pallets (lotes) com 184 caixas e realiza a devida etiquetação.

## 4.2 DESCRIÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DISPONÍVEL DA EMPRESA

Para entender a capacidade da linha de produção de biscoitos recheados é preciso entender o funcionamento e capacidade dos equipamentos mencionados na Figura 5. Abaixo é feita a descrição de como as capacidades dos equipamentos podem ser obtidas.

A linha se inicia com a moldadora, onde são fabricadas as casquinhas do biscoito. Sua capacidade é calculada através da Equação (1).

$$\text{Capacidade da moldadora (MIN)} = A \times C \times G, \qquad (1)$$

onde $A$ representa o número de anéis em cada rolo moldador (Figura 6), corresponde à quantidade de cunhos (Molde) presentes em cada anel, e $G$ indica a velocidade angular do cilindro. Considerando uma velocidade angular de giros por minuto, a Equação (1) fornece a capacidade por minuto da moldadora.

Figura 6: Rolo Moldador.

Fonte: A autora (2022)

Na Figura 6 é possível observar um rolo moldador, onde cada coluna representa um anel e as formas que compõem o anel e envolvem o rolo são chamadas de cunhos, que determinam o formato dos biscoitos. Considerando os parâmetros adotados atualmente pela empresa, a capacidade por minuto da moldadora pode ser representada no Quadro 1.

Quadro 1: Capacidade atual da moldadora

| **Cunhos(C)** | **Anéis(A)** | **Giros/min(G)** | **Total de casquinhas/min** |
|---|---|---|---|
| 15 | 32 | 14 | 6720 |

Fonte: A autora (2022)

Os biscoitos ficam no forno durante o período de 7:30 minutos (função da velocidade da esteira). Para fins de estudo, uma fornada será considerada como o equivalente ao número de biscoitos produzidos durante o período de tempo em que

as casquinhas passam pelo equipamento em questão. Para fins de simulação não será utilizado o peso dos biscoitos, mas sim o tempo de processamento no forno (TP). Tempo de processamento (TP) corresponde ao período em minutos que o biscoito/casquinha passa dentro do forno.

Para fins de construção do modelo de simulação, foram necessárias algumas considerações quando do cálculo do tempo de processamento dos recursos. Na linha em questão, a produção de biscoito ocorre de forma contínua, com diversas fileiras de biscoitos sendo transportadas na esteira. No entanto, considerando que o FlexSim realiza a simulação de eventos discretos, foi necessário estimar o tempo de produção por biscoito em cada equipamento. Detalhes desta transformação são apresentados em seguida.

A produção por fornada (PF) pode ser calculada por meio da Equação (3),

$$\text{Produção por fornada (PF)} = \frac{CP}{TP} \tag{3}$$

onde $CP$ corresponde à capacidade de produção da máquina e $TP$ representa o tempo de processamento na atividade. Por sua vez, o tempo por biscoito (TB) pode ser calculado por meio da Equação (4)

$$\text{Tempo de processamento por biscoito (TB)} = \frac{60 * TP}{PF} \tag{4}$$

onde, $TP$ corresponde o tempo de processamento na atividade e $PF$ representa a quantidade de biscoitos produzidos durante o tempo total de processamento. O valor 60 é adotado para que TB seja dado em segundos. O Tempo por biscoito corresponde ao período de segundos que é necessário para a saída de um biscoito do equipamento em que está sendo executada a atividade.

Os valores de $CP$, $TP$ e $PF$ considerados pela empresa atualmente, são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Total de produção por fornada no forno.

| **Variáveis** | **Valores** |
|---|---|
| Capacidade de produção (CP)/minuto | 6720 |
| Tempo de processamento no forno (TP)/minuto | 7:30 |
| Produção por fornada no forno (PF) | 50400 |

Fonte: A autora (2022)

Desta forma, utilizando a Equação (4), tem-se que: $TB = 0{,}0089s$. Ou seja, a cada 0,0089s, uma casquinha sai do forno. Considerando o número de casas decimais consideradas nos valores do FlexSim, será considerado TB=0,01 no forno. O tempo de processamento na esteira de resfriamento (TP) corresponde a 15 minutos, ou seja, a casquinha fica dentro da esteira por 15 minutos (em função da velocidade da esteira). Para se calcular o tempo de processamento por casquinha é preciso saber a produção por fornada, cujos valores são detalhados no Quadro 3.

QUADRO 3:Total de produção por fornada na Esteira de Resfriamento.

| **Variáveis** | **Valores** |
|---|---|
| Capacidade de produção (CP)/minuto | 6720 |
| Tempo de processamento/minuto | 15 |
| Produção por fornada na esteira de resfriamento (PF) | 100800 |

Fonte: A autora (2022)

Logo, utilizando a Equação (4) tem-se que: a cada 0,0089s um biscoito sai da esteira de resfriamento.

Na linha em questão, a produção de biscoitos é limitada pela etapa da recheadora, onde é feito a adição de recheio e formado o sanduíche (Biscoitos já recheados). Neste caso a recheadora é considerada um gargalo da fabricação. A empresa opera ininterruptamente, de forma que a capacidade pode ser calculada em caixas por horas, considerando a capacidade máxima o quantitativo de caixas em 24 horas. A velocidade da recheadora pode ser manipulada de acordo com as necessidades da empresa, levando em consideração as demandas repassadas pelo PCP.

A capacidade de produção utilizada atualmente na recheadora é de 3200 biscoitos/min. Desta forma, por meio da Equação (4), tem-se que: TB= 0,018s. Ou seja, a cada 0,018s é formado um biscoito recheado. Devido às limitações no FlexSim, considerou-se TB= 0,02s.

As informações para o cálculo do TB no túnel de resfriamento são apresentadas no Quadro 4. Utilizando a equação (4) tem-se que: TB= 0,018s. O tempo por biscoito (TB) no túnel de resfriamento será igual ao encontrado na recheadora, a cada 0,018s sai um biscoito do túnel.

Quadro 4: Tempo por biscoito no túnel de resfriamento.

| Variáveis | Valores |
|---|---|
| Capacidade da Recheadora/minuto | 3200 |
| Tempo de processamento/minuto | 7,5 |
| Produção por fornada na esteira de resfriamento (PF) | 24000 |

Fonte: A autora (2022)

A capacidade da recheadora, em condições normais, é de 3200 sanduíches por minuto. Desta forma, o cálculo da quantidade de caixas produzidas pode ser feito a partir da Equação (5).

Quantidade de caixas por hora (5)

$$(cx/h)=\left[\frac{Velocidade\ de\ biscoitos\ por\ minuto \times 60\ min}{Número\ de\ biscoitos\ no\ pacote}\right] \Big/ \left[[Numero\ de\ pacotes\ em\ uma\ caixa]\right]$$

A velocidade da linha varia de acordo com a necessidade de produção. Além disso, deve-se considerar que a produção total dependerá da ocorrência de problemas mecânicos, que podem resultar em paradas, o que, consequentemente, levará a uma diminuição do tempo disponível para produção.

A empresa possui três embaladoras (GS) que são responsáveis por embalar pacotes com 130g cada. Cada GS opera a uma velocidade de 79 pacotes por minuto. Desta forma, pode calcular a capacidade de produção, por segundo, de cada GS por meio da Equação (6).

Capacidade na GS = 60s/79pacotes (6)

Capacidade das GS= 0,76s/pcts

Por fim, o Quadro 5 sumariza as capacidades disponíveis de cada uma das estações na linha de produção de biscoitos recheados:

Quadro 5: Capacidade atual.

| Variáveis | Quantidade |
|---|---|
| Número de Sanduíches na Recheadora (Biscoitos por minuto) | 3200 |

| | | |
|---|---|---|
| Velocidade nas embaladoras (Pacotes/ Minuto) | GS90(01) | 79 |
| | GS90(02) | 79 |
| | GS90(03) | 79 |
| Total (Pacotes/Minuto) | | 237 |
| Total (Caixas/ Minuto) | | 7,9 |
| Total (Quilos/ Minuto) | | 31 |
| Total (Caixas/ Hora) | | 474 |
| Total (Paletes/ Hora) | | 2,57 |
| Total (Quilos/ Hora) | | 1848 |
| Total (Paletes/ Dia) | | 61, 7 |
| Total (Quilos/ Dia) | | 44352 |

Fonte: A autora (2022)

Todos os totais apresentados no Quadro 5 podem ser modificados de acordo com a velocidade estabelecida na Recheadora e embaladoras. Se a velocidade for maior ou menor do que 3200 sanduíches/minuto, estes, então, assumirão novos valores, e a capacidade da linha será alterada. Para fins deste estudo, a velocidade máxima utilizada na linha durante a captação dos dados foi de 3200 sanduíches/minuto, a qual é a mais comumente adotada pela empresa.

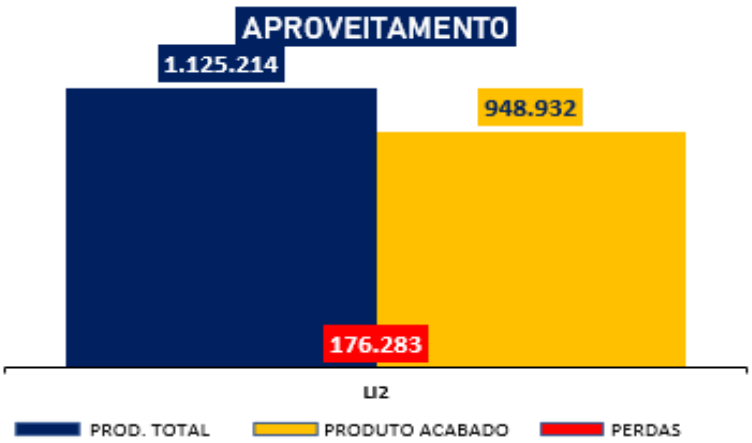
## 4.3 DADOS HISTÓRICOS DO CENÁRIO ATUAL

Nesta seção são apresentadas algumas informações referentes à produção na linha de recheados durante o mês de setembro/2022.

A linha possui um aproveitamento de 84,33%. Na Figura 7 é mostrado o total em Kg de produtos acabado, em condições de comercialização que foram

devidamente embalados, encaixotados e estocados, em comparação com a produção total em kg fabricado.

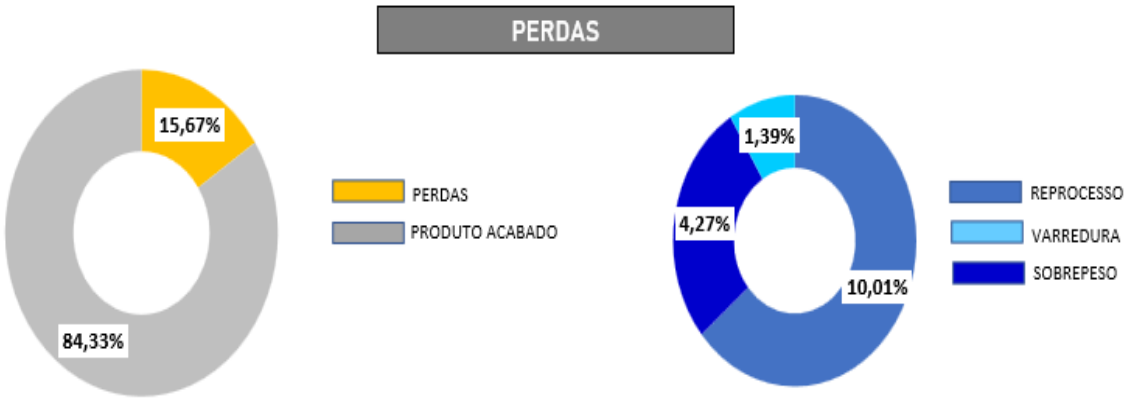
Figura 7: Aproveitamento da linha em KG.




Fonte: A Autora, (2022)

O aproveitamento da linha de produção é prejudicado pelas perdas de produção, geradas por erros operacionais, erros de massa e recheio, paradas de equipamentos, desbalanceamento da velocidade da linha. Esses erros acabam gerando folgas (espaçamento entre os biscoitos que não conseguem se manter em pé nas calhas e acabam presos nas tubulações) ou filas nas calhas da recheadoras e embaladoras, gerando, consequentemente, bagunça nas calhas, ocasionando a queda dos biscoitos, embaixo das calhas são posicionados contêineres que tem por objetivo evitar que o biscoito entre em contato com o chão. Os biscoitos que caem dentro dos contêineres são reaproveitados para compor a massa. Esses biscoitos são chamados então de reprocesso. No caso em que os biscoitos caem no chão, eles não podem ser reaproveitados. Estes biscoitos recebem o nome de Varredura, as perdas, principalmente as por varredura, levam a diminuição de capacidade, perdas financeiras, uma vez que, ao se tornar varredura o biscoito perde mais de 50% do valor de mercado e é comercializado como ração animal. As perdas com sobrepeso não são analisadas neste trabalho, já que estão incluídas dentro do produto final. Pode-se observar que a quantidade de perdas em kg no mês de setembro/2022 correspondeu a 15,67% da produção. Na figura 9 é feito o detalhamento das perdas:

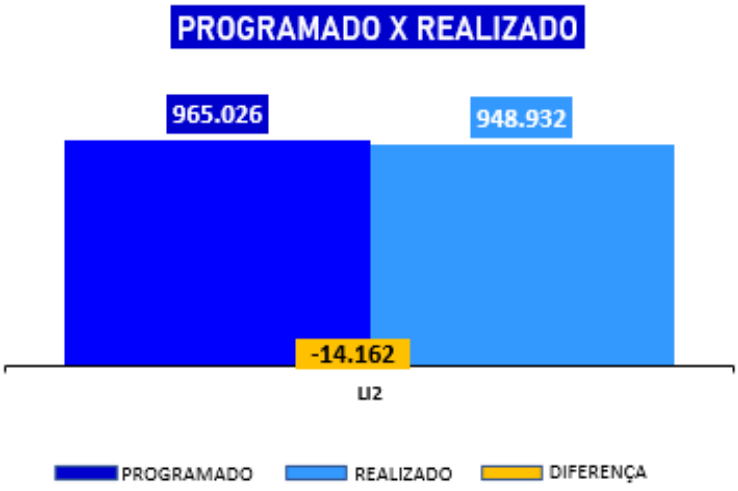
Figura 8: Descrição das perdas de produção.




Fonte: A autora (2022).

A partir da Figura 9, pode-se observar que as perdas com reprocesso e varredura corresponderam a 72,75 % de todas as perdas. Elas podem ocorrer devido a bagunça nas calhas, problemas de manutenção nas embaladoras e na recheadora, as quais levam a paradas de equipamentos ou paradas na linha. Essas perdas afetam diretamente a programação feita pelo PCP.

Figura 9:Programado X Realizado em KG.




Fonte: A autora (2022).

Na Figura 8 é possível visualizar a relação entre o programado e o realizado pela produção. Atualmente o planejamento do PCP é feito em relação à quantidade de paletes necessários no estoque para atender a demanda. Portanto, não há uma discrepância muito grande entre os valores programado e realizado. No entanto, devido às perdas a produção além de demorar mais tempo para conseguir realizar o

programado, também possui mais gastos com matéria prima e mão de obra, aumentando o custo de produção e atrasando a programação de outros produtos.

Ao converter os dados da Figura 7, em caixas e paletes de biscoitos, é possível fazer uma análise mais clara do desperdício gerado. Para fins de estudo foi considerado que cada caixa possui 30 pacotes de 130 gramas, correspondendo a um peso de 3,9 kg, com cada pallet contendo 184 caixas. Segundo os dados históricos, em setembro/2022, foram produzidos 1567 paletes por mês, mas apenas 1322 paletes correspondendo a produto acabado (em condições de comercialização). Isso corresponde a uma perda de 245 paletes de biscoito recheado. Destrinchando as perdas, tem-se que, 156 paletes são referentes às perdas que correspondem ao reprocesso, 21 paletes são destinados à varredura e 68 paletes como sobrepeso.

A atual eficiência da linha de produção pode ser calculada a partir da capacidade disponível e da capacidade realizada com base no histórico de produção. Para o cálculo foi considerado o período diário, levando em consideração que a linha tem capacidade disponível igual a capacidade instalada devido ao seu sistema ininterrupto de produção. A capacidade disponível pode ser calculada por meio da Equação (7).

Capacidade disponível = Horas disponíveis no dia X Paletes por hora. (7)

Utilizando a Equação (7) tem-se que a capacidade disponível é de 61,7 paletes/Dias. Por sua vez, a capacidade realizada pode ser calculada por meio da Equação (8),

$$\text{Capacidade realizada} = \frac{Produto\ acabado(paletes/mês)}{30\ dias} \quad (8)$$

Com base no histórico de produção do mês de setembro/2022, e utilizando a Equação (8), tem que a Capacidade realizada foi de 44 paletes/ dia.

Por fim, pode-se determinar a eficiência da linha, a qual pode ser obtida por meio da Equação 9.

$$Eficiência = \frac{CAPACIDADE\ REALIZADA}{CAPACIDADE\ DISPONÍVEL} \quad (9)$$

Utilizando a Equação (9) tem-se que: A linha possui uma eficiência de 71%.

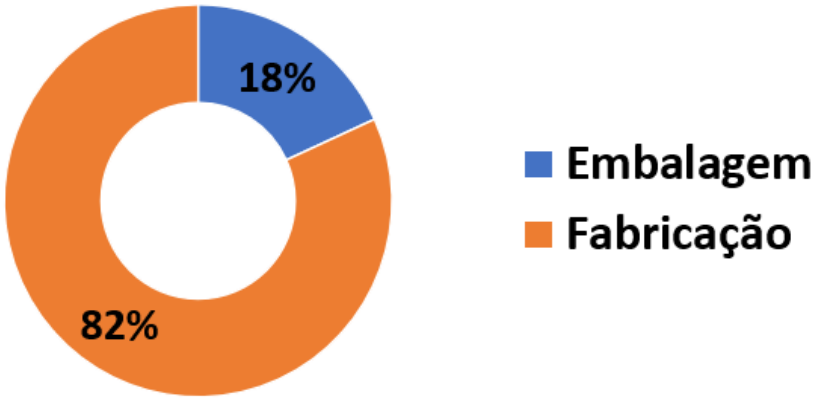
Atualmente a empresa está em um período de crescimento no mercado, aumentando suas vendas e seu mix de produtos. Outro fator que torna ainda mais

necessário o aproveitamento da capacidade são os custos com matéria prima, ociosidade de mão de obra e equipamentos.

### 4.3.1 Paradas de Linha.

A capacidade de produção é afetada diretamente pelas paradas na linha, sejam elas geradas por problemas de manutenção ou paradas operacionais, como tempos setup ou erros de processo. Com isso, a capacidade disponível não condiz com a capacidade realizada, já que o tempo disponível para produção é reduzido drasticamente, devido às suas paradas e perdas não planejadas. Segue abaixo o resumo das paradas de linha do mês de setembro/2022:

Figura 10: Paradas de linha por setor.

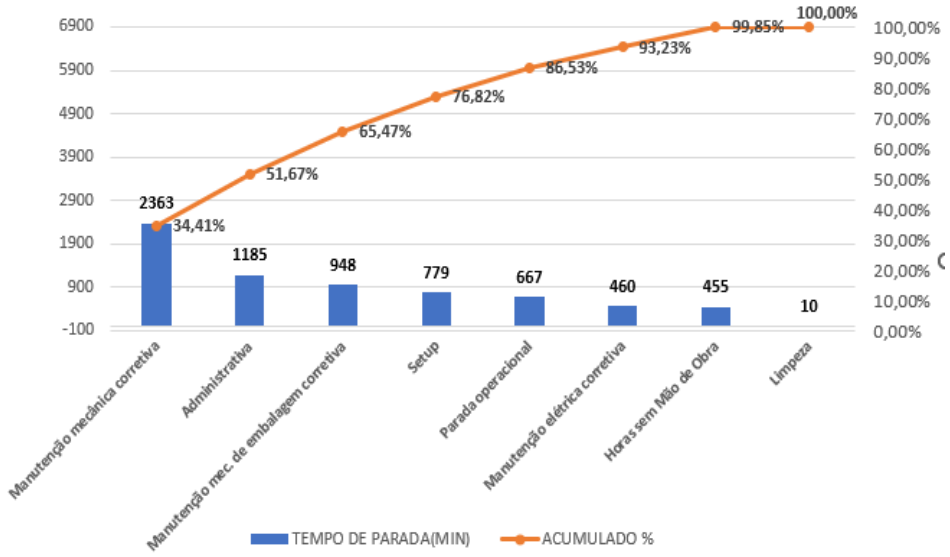



Fonte: A autora (2022)

De acordo com a Figura 10 é possível observar que a fabricação é o setor que possui o maior índice de paradas, sendo responsável por 82% do tempo sem produção. As paradas são classificadas em vários tipos, contemplando entre outros: Setup, Manutenção Mecânica Corretiva, Manutenção Mecânica de Embalagem Corretiva, Administrativa, Parada Operacional, Manutenção Elétrica Corretiva.

Os dados de paradas de linhas obtidos com base no histórico de paradas da empresa, mostram que os principais motivos para paradas nas linhas são devido a manutenção mecânica corretiva, paradas administrativas, manutenção mecânica de embalagem corretiva, setup e paradas operacionais.

Figura 11: Tipos de paradas de linha.



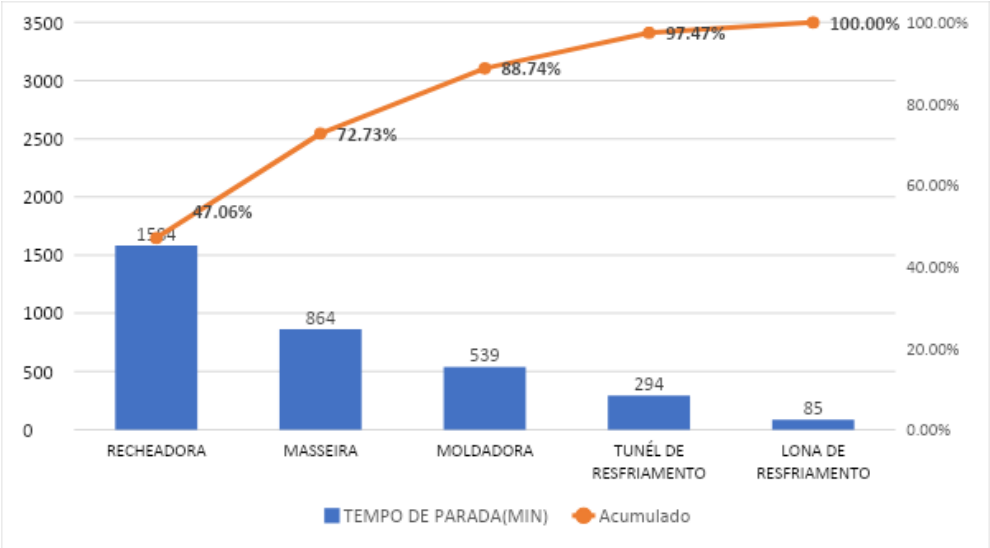

Fonte: A autora (2022)

Os dados de paradas na Figura 11 mostram que o maior índice de paradas na linha ocorre devido a manutenções corretivas. A empresa não possui um plano de manutenção preventiva, o que faz com que a frequência de ocorrências de manutenções corretivas seja alta. É importante ressaltar que as paradas para manutenção nos equipamentos geram perdas com reprocesso e varredura. Dependendo do tempo necessário para sua execução, é necessário que a fabricação seja interrompida, gerando a pausa em toda a linha e que seja feito o descarte do produto acumulado antes do equipamento em manutenção. Devido a configuração da linha não é possível que seja feito o acúmulo de produtos entre etapas. Para que as perdas sejam minimizadas é necessário optar por parar a linha completamente.

As paradas administrativas são referentes às pausas para refeições, que acontecem quando não é possível fazer a rendição da linha para mantê-la rodando durante o horário de descanso dos colaboradores. Na rendição da linha alguns postos de trabalhos considerados menos críticos, ficam sem o número de operadores necessários para seu funcionamento normal. Para que o esquema de rendimento funcione é preciso que a mão de obra seja qualificada e com habilidades múltiplas. A empresa passou por um período de renovação de pessoal, o que justifica os índices de parada administrativas já que a maioria dos funcionários ainda não estão

familiarizados com o processo. As paradas para setup são decorrentes do auto mix de produtos, sendo necessário setups para troca de sabores.

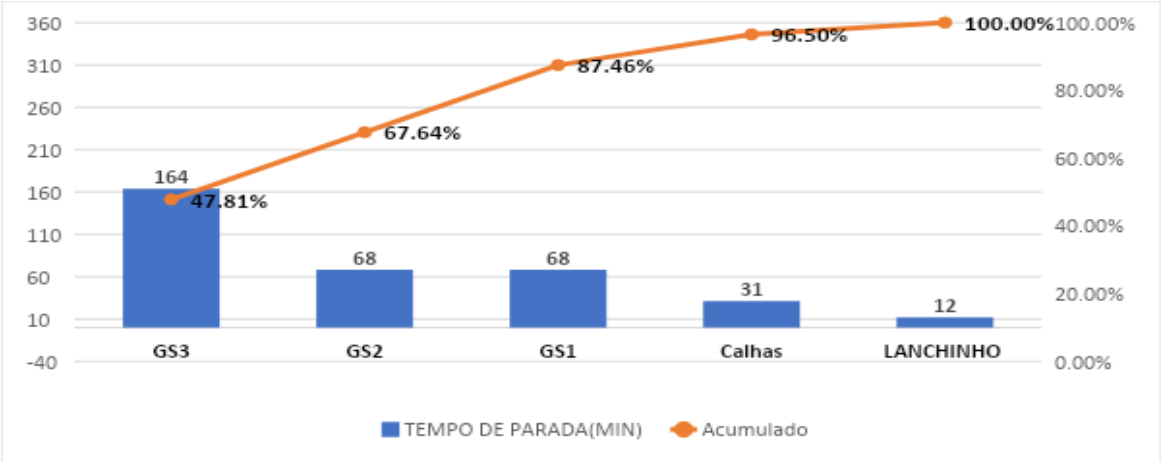
Figura 12:Paradas de manutenção mecânicas por equipamento na fabricação.




Fonte: A autora, (2022)

Ao analisar a Figura 12, pode-se perceber que a recheadora é o principal ponto de paradas para manutenções, correspondendo a 47% do tempo de parada no setor. Isso acontece devido à falta de manutenções preventivas e por ser um equipamento que opera em sua capacidade máxima de produção. A fim de reduzir as paradas de equipamentos, a empresa atualmente está elaborando um plano de ação para tratar a causa raiz dos problemas de manutenção.

Figura 13: Paradas por equipamento na embalagem.




Fonte: A autora (2022).

Quando se analisa os tipos de paradas no setor de embalagem na Figura 13, é possível notar que a maioria delas são decorrentes de manutenções corretivas, paradas administrativas (Jantar, almoço e ceia), setup e problemas operacionais. Dentre os principais equipamentos que solicitam essas paradas estão a recheadora no setor de fabricação e as embaladoras GS, máquinas que naturalmente já possuem um tempo de processamento maior, o que faz com que a capacidade produtiva delas seja ainda mais prejudicada. Levando em consideração a ocorrência dessas paradas diariamente, para fins de simulação do cenário atual, está sendo considerado a média da quantidade de minutos parados em um mês. Sendo considerados o período de 3,8 horas por dia destinada a paradas na linha.

Apesar de possuir funcionários em 3 turnos (A, B, C), os quais deveriam se sobrepor na linha para que não houvesse paradas para troca de turnos e refeições, no período do turno C (22:00 as 06:00) por questões de falta de mão de obra, a linha precisa ser parada para que os colaboradores façam sua ceia. Essa parada é considerada uma perda planejada e por isso está sendo contabilizada na simulação do FlexSim.

A capacidade efetiva da linha pode ser calculada por meio da Equação (10).

$$\text{capacidade efetiva} = \text{Paletes por hora} \times (\text{horas no dia} - \text{perdas programadas}) \quad (10)$$

A partir dos dados de parada de linha foi considerado como perdas planejadas a soma do tempo das paradas administrativas, setup e limpeza, que são atividades que podem ser previstas.

Quadro 6: Paradas programadas na linha de produção.

| **Tipo de parada** | **Tempo(H/mês)** |
|---|---|
| Administrativa | 19,75 |
| Setup | 12,98 |
| Limpeza | 10 |
| Total de horas de paradas no mês | 32.89 |

Fonte: A autora (2022)

Para fins de simulação, considerou-se o tempo com perdas programadas como sendo de 1,1 horas. Utilizando a Equação (10) tem-se que a capacidade efetiva de produção

é de 58,85 paletes. Por fim, pode-se calcular a utilização da linha por meio da Equação (11), resultando em uma utilização de 95%.

$$Utilização = \frac{CAPACIDADE\ EFETIVA}{CAPACIDADE\ DISPONÍVEL} \quad (11)$$

4.4 SIMULAÇÃO NO FLEXSIM.

A utilização do Software FlexSim para análise da capacidade fornece um meio fácil e barato para testar e implementar melhorias em um processo de produção, fornecendo dados para as tomadas de decisões.

### 4.4.1 Construção do modelo no FlexSim.

Para construção do modelo foram utilizados os tempos de processamento por biscoito de cada equipamento da linha calculados na Seção 4.2.

As etapas seguidas para a construção modelo no FlexSim são descritas no Quadro 7.

Quadro 7 - Passo a Passo para Simulação no FlexSim

1- *Abrir o FlexSim e clique em New Model;*
2- *Definir o nome do modelo e a unidade em segundos;*
3- *Abrir a Library e começar a montar o modelo utilizando Fixed Resources*
4- *Inserir uma source para representar a fonte de matéria prima;*
5- *Selecionar um processor para representar o forno. Em seguida, definir o tempo de processamento deste recurso.*
6- *Selecionar um processor para representar a esteira de resfriamento. Em seguida, definir o tempo de processamento deste recurso.*
7- *Adicionar um queue, para representar as calhas da recheadora, devido ao comportamento de filas. Em seguida, definir a quantidade máxima suportada no recurso.*
8- *Selecionar um combinador para representar a recheadora. Em seguida, definir o tempo de processamento deste recurso. Abrir o combiner e selecionar no combiner mode a opção join, devido ao comportamento do equipamento que faz a junção de duas casquinhas com o recheio.Em seguida adicionar a quantidade de casquinhas que serão combinadas.*

9- *Adicionar um novo source para representar a fonte de recheio, faça a ligação entre com a recheadora.*

10- *Selecionar um processor para representar o túnel de resfriamento. Em seguida insira o tempo de processamento do recurso.*

11- *Adicionar dois skink para representar as perdas com Varredura e Reprocesso. Em seguida estabelecer a conexão com o túnel de resfriamento.*

12- *Abrir as propriedades do Túnel de resfriamento, selecionar output, clique em Randon by porcentagem. Em seguida Adicionar mais duas portas que serão usadas para a varredura e o reprocesso, insira a porcentagem que cada porta irá receber.*

13- *Inserir um Queue, para representar as calhas da GS, devido ao comportamento de filas. Em seguida, definir a quantidade máxima suportada no recurso.*

14- *Adicionar três novos combiners, para representar embaladoras GS1, GS2, GS3. Em seguida definir o tempo de processamento de cada recurso. Logo depois, clicar na aba combiner, selecionar no combiner mode a opção pack. Insira a quantidade de biscoitos que combinados formam um pacote.*

15- *Conectar a calha da Gs as embaladoras GS, em seguida adicionar três novos Queue para representar os estoques de pacotes de cada GS, fazer a conexão entre os processos,definir a quantidade máxima suportada no recurso.*

16- *Adicionar três novos combiners, para representar o processo de encaixotamento. Em seguida definir o tempo de processamento de cada recurso. Selecionar combiner mode, selecionar pack e inserir a quantidade de pacotes que formam uma caixa.*

17- *Adicionar um source, para representar a fonte de embalagem. Em seguida fazer a conexão com os recursos GS1, GS2, GS3.*

18- *Adicionar um Queue, para representar o armazenamento de caixas.Em seguida fazer a conexão com os recurso de encaixotamento.*

*19-Inserir um novo combiner, para representar a palletização. Em seguida definir o tempo de processamento do recurso. Definir em combiner mode a função pack, e a quantidade de caixas que formam um pallet. Faça a conexão com a fila de armazenagem de caixas.*

*20-Adicionar um Source, para representar a fonte de paletes, em seguida faça a conexão com a armazenagem de caixas.*

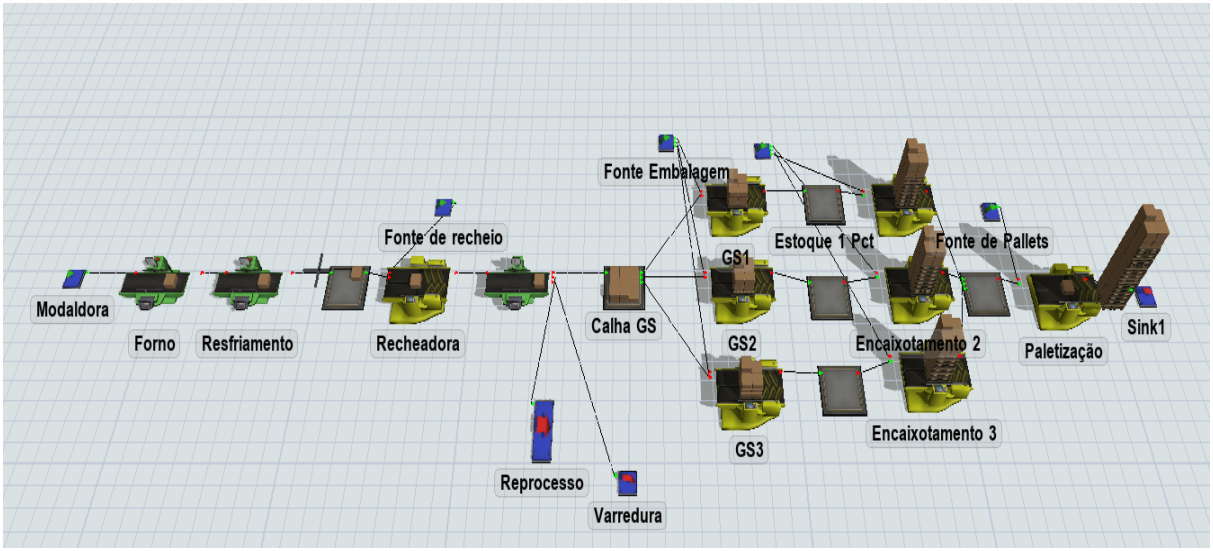
*21-Por fim adicionar um skink como fonte de saída do sistema e fazer a conexão com o paletização.*

### 4.4.2 Validação do Modelo no FlexSim

A validação do modelo é uma etapa fundamental para o projeto, uma vez que sem ela os experimentos não podem ser aplicados. Busca-se verificar o quão próximos os resultados alcançados a partir da simulação do processo estão do cenário real. Para validação do modelo, foi simulado no software FlexSim o cenário da capacidade disponível da empresa e o cenário da capacidade realizada, e comparados com os dados calculados anteriormente.

A Figura 14 representa no modelo do FlexSim o cenário da capacidade disponível da empresa. Para a construção do modelo, considerou-se um período de 24 horas de produção sem perdas.

Figura 14: Cenário Atual-Capacidade Disponível.




Fonte: A autora (2022)

A capacidade disponível obtida pela linha foi o equivalente a 60 paletes em 24 horas. Comparando com os dados do Quadro 7, tem-se que o modelo possui uma precisão de 97%.

Quadro 8: Tempo de espera - Capacidade disponível

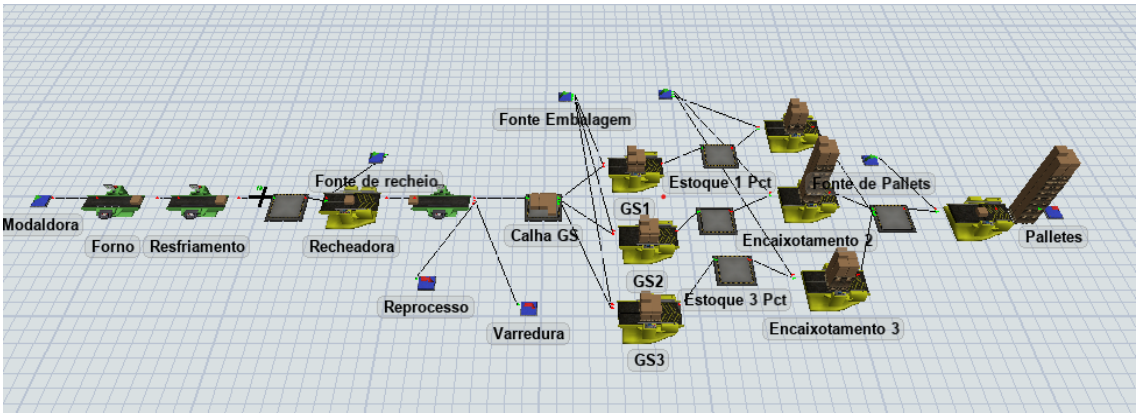
| Máquina | Tempo médio de espera(S) | Tempo máximo de espera(S) |
|---|---|---|
| Calha Recheadora | 0 | 0,01 |
| Recheadora | 0,02 | 0,02 |
| Calha GS | 0,10 | 0,22 |
| GS1 | 0,06 | 1,07 |
| GS2 | 0,06 | 1,33 |
| GS3 | 0,06 | 1,59 |

Fonte: A autora (2022)

Conforme pode ser observado na Quadro 8, dentre todas as etapas do processo, a que apresentou a maior fila foram as calhas da GS, com um tempo máximo de espera por biscoito de 0,22s. Observou-se que esta fila é devido à espera para o empacotamento nas GSs que possuem um tempo de processamento de 0,76s.

A Figura 15 representa a linha de produção com a sua capacidade realizada atual, considerando o índice médio 1,39% de varredura (Biscoitos que caem das calhas no chão), reprocesso 10,01% (Biscoitos que caem das calhas, ou são mal embalados, mas não entram em contato com o chão) e a média de paradas de linha por dia como 3,8 horas, a linha produz durante 21,2 horas/dia.

Figura 15: Capacidade realizada.




Fonte: A autora (2022)

A simulação gerou um total de 44 paletes de produto acabado, com uma perda de 128 caixas para varredura e 5 paletes para reprocessos, valores que se assemelham aos obtidos na Seção 4.3.

Quadro 9: Tempos de espera - Cenário Atual

| Máquina | Tempo médio de espera(S) | Tempo máximo de espera(S) |
|---|---|---|
| Calha Recheadora | 0,00 | 0,01 |
| Recheadora | 0,02 | 0,05 |
| Calha GS | 0,04 | 0,22 |
| GS1 | 0,06 | 1,09 |
| GS2 | 0,06 | 1,37 |
| GS3 | 0,06 | 1,65 |

Fonte: A autora (2022)

No cenário atual, o tempo de espera nas Calhas da GS é 55% menor do que o tempo de espera no cenário da capacidade disponível. Isso ocorre devido aos altos índices de reprocesso e varredura que diminuem a quantidade de biscoito na linha. De modo geral, pode-se dizer que o modelo de simulação desenvolvido representa o sistema real de fabricação da linha de biscoitos recheados.

### 4.4.3 Comparação de cenários

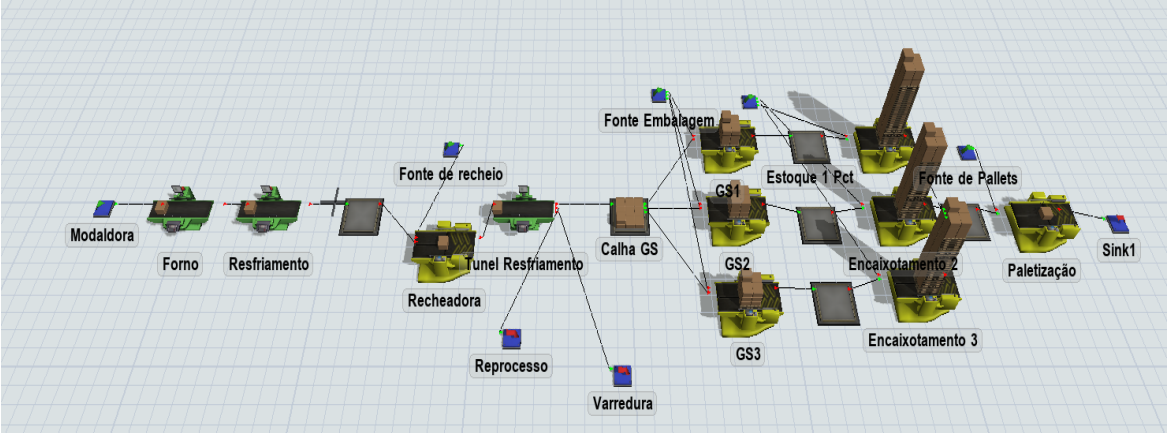
Atualmente a linha de biscoitos trabalha com uma eficiência de 71% da sua capacidade de produção. Esse cenário ocorre devido às perdas de produção que são decorrentes de problemas operacionais como erros na produção das massas e recheio e problemas com paradas para manutenção corretiva. Visando investigar como a eficiência da linha poderia ser melhorada, foram realizadas diversas análises às quais foram baseadas em diferentes configurações (cenários) que poderiam ser adotadas pela empresa.

#### 4.4.3.1 Cenário 01

A empresa possui como metas para as perdas de produção: 2,6% de reprocesso, 0,36% de varredura. O cenário em questão considera que a empresa é

capaz de cumprir as metas e não possui paradas de linha, produzindo 24 horas por dia.

Figura 16: Linha de produção Cenário 01.




Fonte: A Autora (2022)

Na Figura 16 é possível visualizar o cenário proposto, de acordo com a simulação foram produzidos um total de 58 paletes de produto acabado, 1,2 paletes de reprocesso e 39 caixas de varredura. Conseguindo uma eficiência de produção igual a 96%, tendo um aumento de 23,6% em comparação ao cenário atual da empresa.

Quadro 10: Tempo de espera - Cenário 01

| Máquina | Tempo médio de espera | Tempo mínimo de espera | Tempo máximo de espera |
|---|---|---|---|
| Calha Recheadora | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Recheadora | 0,02 | 0,02 | 0,05 |
| Calha GS | 0,09 | 0,00 | 0,22 |
| GS1 | 0,06 | 0,00 | 1,07 |
| GS2 | 0,06 | 0,00 | 1,33 |
| GS3 | 0,06 | 0,00 | 1,59 |

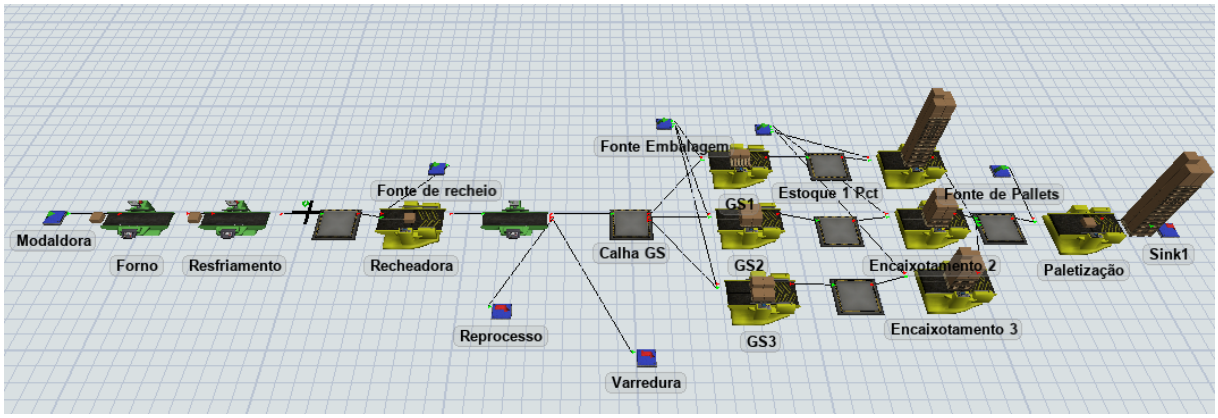
Fonte: A autora (2022)

Em relação aos tempos de espera nos equipamentos, como não foram realizadas mudanças nos tempos de processamento, o tempo médio de espera permanece o mesmo em comparação com o cenário atual, exceto nas calhas da GS, pois com a diminuição da varredura e reprocesso, mais biscoitos conseguem ser embalados.

4.4.3.2 Cenário 02

O Cenário 02 considera que a linha produz durante o período de 24 horas, alterando apenas as velocidades da GSs para 0,66 que equivale a 90 pacotes por minuto.

Figura 17: Linha de produção Cenário 02.




Fonte: A autora (2022)

Quadro 11: tempo de espera - Cenário 02

| Máquina | Tempo médio de espera | Tempo mínimo de espera | Tempo máximo de espera |
|---|---|---|---|
| Calha Recheadora | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Recheadora | 0,02 | 0,02 | 0,05 |
| Calha GS | 0,01 | 0,00 | 0,06 |
| GS1 | 0,06 | 0,00 | 0,91 |
| GS2 | 0,06 | 0,00 | 1,17 |
| GS3 | 0,06 | 0,00 | 1,43 |

Fonte: A autora (2022)

É possível observar no Quadro 11, que os tempos máximos de espera diminuem consideravelmente. Isso leva a uma redução do risco de perdas com varredura e reprocesso. No entanto, apenas o tempo médio da calha da GS diminui em relação ao cenário atual. De acordo com a simulação foram produzidos 58 paletes, 1,28 paletes de reprocesso e 39 caixas de varredura.

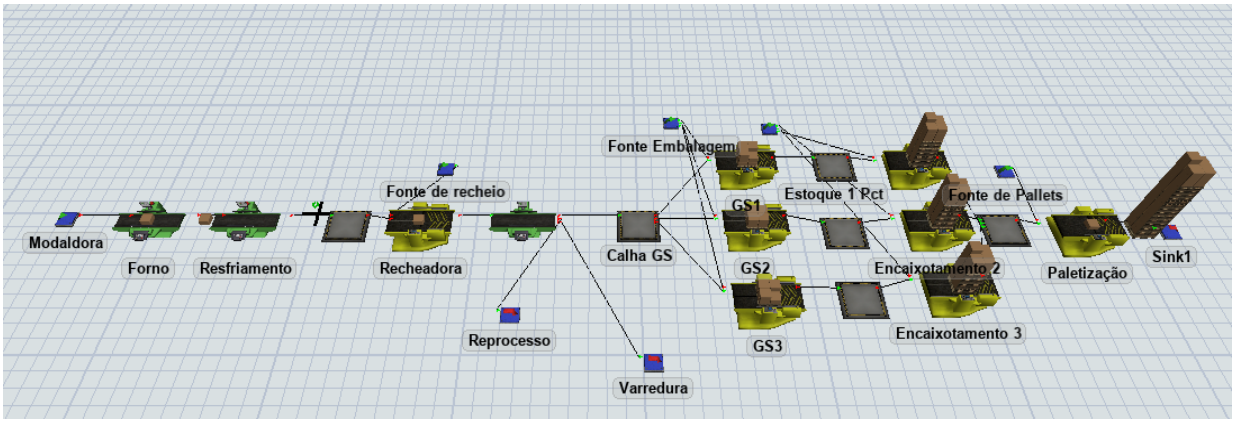
Comparando-se os resultados obtidos com o segundo cenário nota-se que houve uma diminuição do tempo de espera nas GSs e nas calhas GS, devido o

aumento de velocidade, mas a quantidade produzida se manteve a mesma devido a limitação da recheadora que não teve sua capacidade aumentada.

#### 4.4.3.3 Cenário 03

No Cenário 03, foi proposto o aumento na velocidade da recheadora para 3900 biscoitos/min, considera-se no FlexSim o tempo de processamento da recheadora 0,01. Alterando a velocidade das GSs para 90 pacotes, e cumprindo as metas de varredura 0,36% e reprocesso 2,6%.

Figura 18: Linha de produção Cenário 03.




Fonte: A Autora, (2022)

Quadro 12:tempo de espera - Cenário 03

| Máquina | Tempo médio de espera | Tempo mínimo de espera | Tempo máximo de espera |
|---|---|---|---|
| Calha Recheadora | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Recheadora | 0,02 | 0,02 | 0,05 |
| Calha GS | 0,02 | 0,00 | 0,12 |
| GS1 | 0,06 | 0,00 | 0,97 |
| GS2 | 0,06 | 0,00 | 1,23 |
| GS3 | 0,06 | 0,00 | 1,49 |

Fonte: A autora (2022)

No Cenário 03 a simulação mostra que foram produzidos uma quantidade de 58 paletes de produto acabado, reprocesso 1,2 paletes e varredura 39 caixas.

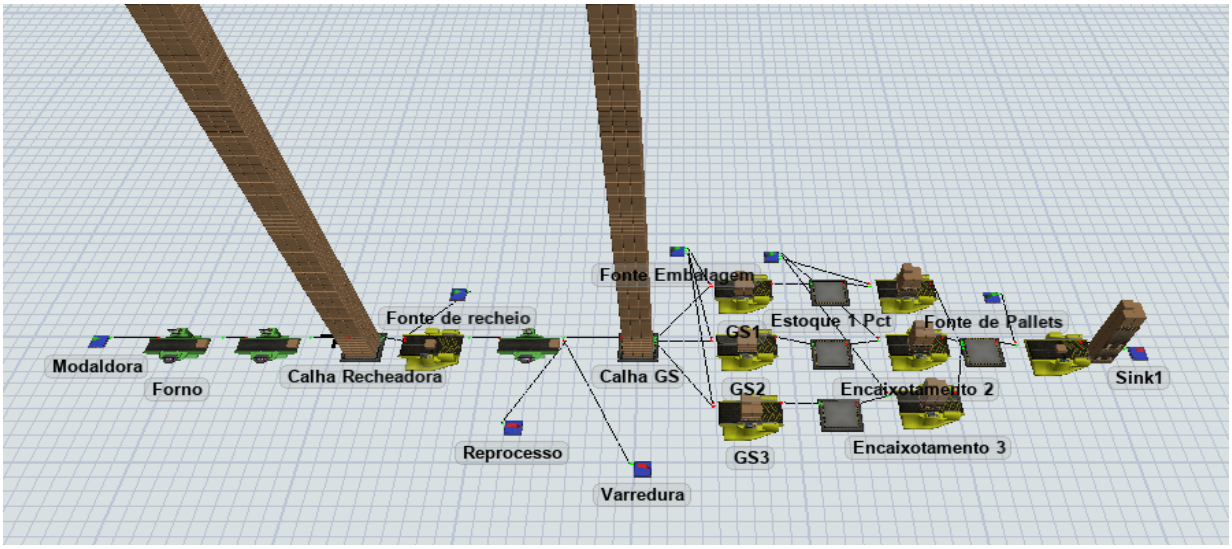
Em relação ao segundo cenário nota-se que não houve modificações na quantidade de produto acabado, uma vez que a quantidade de casquinhas que a

recheadora necessita para forma os sanduiches não foi modificada. Entretanto o tempo de espera na calha da GS aumentou 50%, podendo gerar mais varredura do que a meta planejada.

#### 4.4.3.4 Cenário 04

No Cenário 04 foi proposto o aumento de capacidade na fabricação, aumentando a capacidade da moldadora, forno e resfriamento. No software FlexSim foi realizado a diminuição dos seus tempos de processamento para 0. A recheadora por sua vez teve a capacidade de 3900 biscoitos com um tempo de processamento de 0,1, as embaladoras GS operariam na sua capacidade máxima, com o tempo de processamento de 0,66. Nesse cenário são planejados uma perda com reprocesso de 2,6% e 0,36 % de varredura, sendo produzidos durante 24 horas.

Figura 19: Linha de produção Cenário 04.




Fonte: A autora (2022).

Quadro 13: Tempo de espera - Cenário 04

| Máquina | Tempo médio de espera | Tempo mínimo de espera | Tempo máximo de espera |
|---|---|---|---|
| Calha Recheadora | 8,99 | 0,00 | 10,00 |
| Recheadora | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| Calha GS | 15,02 | 0,00 | 17,02 |
| GS1 | 0,06 | 0,00 | 0,93 |
| GS2 | 0,06 | 0,00 | 1,19 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| GS3 | 0,06 | 0,00 | 1,45 |

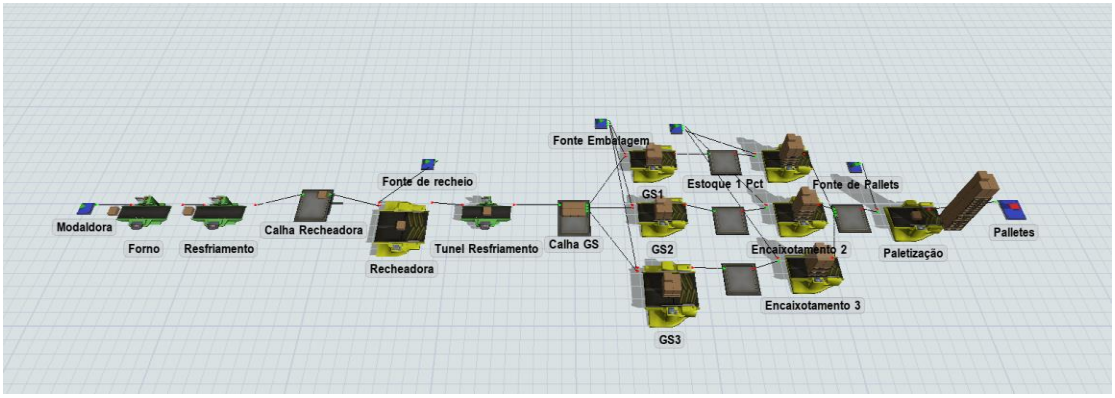
Fonte: A autora (2022)

Em relação ao Cenário 04 é possível observar um grande aumento no tempo de espera na calha da recheadora e GS, gerando acúmulo de produtos, possibilitando perdas indesejadas. Mesmo com sua capacidade aumentada a recheadora não consegue suportar a quantidade de casquinhas que são recebidas nas esteiras, o mesmo acontece com as GS.

#### 4.4.3.5 Cenário 05

No Cenário 05 foi proposto o aumento da velocidade das máquinas embaladoras para 95% da sua capacidade, embalando 85 pacotes por minuto. No modelo, isso pode ser obtido atualizando o tempo de processamento das GS para 0,70s. Como tratativa para possíveis problemas nos equipamentos foi proposto uma parada programada para manutenção preventiva durando 1 hora por dia. Adota-se o índice de varredura 0,36% e reprocesso 2,6%.

Figura 20: Linha de produção Cenário 05.




Fonte: A autora (2022).

Quadro 14: Tempo de espera - Cenário 05

| Máquina | Tempo médio de espera | Tempo mínimo de espera | Tempo máximo de espera |
|---|---|---|---|
| Calha Recheadora | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Recheadora | 0,02 | 0,02 | 0,05 |
| Calha GS | 0,04 | 0,00 | 0,16 |
| GS1 | 0,06 | 0,00 | 1,01 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| GS2 | 0,06 | 0,00 | 1,27 |
| GS3 | 0,06 | 0,00 | 1,53 |

Fonte: A autora (2022)

No quadro 14, pode-se observar que houve uma diminuição em 100% das filas geradas nas calhas da Recheadora, com um total de produção de 56 paletes de produto acabado, 1,15 paletes de reprocesso e 31 caixas de varredura, com realização da parada para manutenção preventiva, prevenindo quebras de equipamento e perdas indesejadas.

## 4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos com a simulação do modelo, pode-se perceber os benefícios que a simulação pode trazer para tomada de decisões e identificação de gargalos de produção. Com a simulação foi possível estudar como a capacidade de produção varia em diferentes cenários, auxiliando não só no planejamento do setor, mas também no abastecimento de matérias primas feita pelo PCP e o setor de expedição que faz a armazenagem dos produtos acabados.

Quadro 15: Resumo dos cenários.

| | Cenário Atual | Cenário 01 | Cenário 02 | Cenário 03 | Cenário 04 | Cenário 05 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tempo Médio de espera na Calha da recheadora | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 8,99 | 0,00 |
| Tempo Máximo de espera na Calha da recheadora | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 10,00 | 0,01 |
| Tempo Médio de espera na Calha da GS | 0,04 | 0,09 | 0,01 | 0,02 | 15,02 | 0,04 |
| Tempo Máximo de espera na Calha da GS | 0,22 | 0,22 | 0,06 | 0,12 | 17,02 | 0,16 |
| Total de produtos acabados | 44 paletes | 58 paletes | 58 paletes | 58 Paletes | 58 paletes | 56 paletes |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Varredura | 39 caixas | 39 caixas | 39 caixas | 39 caixas | 39 caixas | 31 caixas |
| Reprocesso | 1,2 paletes | 1,2 paletes | 1,2 paletes | 1,2 paletes | 1,2 paletes | 1,1 paletes |
| Horas disponíveis para produção | 21,2 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 |

Fonte: A autora (2022)

Foi possível perceber que a recheadora é o ponto de gargalo da linha, a qual limita a produção. O cenário que representa a capacidade realizada difere bastante dos demais, com um alto índice de paradas de linha e perdas. Visando aumentar a eficiência da linha foram propostos cenários onde foi minimizado as perdas e paradas, modificando apenas a capacidade dos equipamentos, a fim de evitar filas nas calhas, que são os pontos de maiores perdas.

Dentre os cenários, aquele que possui o menor tempo de processamento nas calhas é o Cenário 02, com uma média de 0,02 segundos, mas apesar de ter menos espera não é considerado ideal, pois a fabricação não possui capacidade para produzir na mesma velocidade. Além disso devido a alta velocidade de embalagem pode haver erros de selagem dos pacotes ou problemas de manutenção.

O Cenário 03, tinha como objetivo aumentar a quantidade de biscoitos enviados para as calhas e embalagens, mas por também precisar de uma quantidade maior de inputs vindos das esteiras de resfriamento não teve mudanças significativas. O Cenário 04 foi construído para resolver a limitação de produtos encontrada no Cenário 03, mas a recheadora mesmo com a capacidade máxima não conseguia suprir a demanda sem a geração de grandes filas na sua calha.

Por fim, o Cenário 05 foi gerado sendo considerado o ideal considerando a necessidade de paradas de manutenção preventiva, e o impacto que a utilização da capacidade máxima de equipamentos pode interferir na sua vida útil. Além disso leva-se em consideração que a empresa atualmente não precisa de um aumento na capacidade, e sim de uma melhor eficiência, além de possuir estoques de produtos que podem suprir a demanda.

## 5 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho foi utilizado métodos de simulação para análise de uma linha de produção de biscoitos recheados. Depois de elaborado o mapeamento do processo, foram coletados dados relacionados com a capacidade produzida, índices de perdas e paradas de linha. Em seguida foi realizado o estudo da capacidade atual da empresa, calculando sua eficiência, capacidade disponível, capacidade realizada e utilização. Foi realizado o estudo dos tempos de produção, calculado o tempo de processamento de cada equipamento, para auxilio da construção do modelo no software FlexSim. O modelo foi capaz de representa a linha de produção, levando em consideração a capacidade dos equipamentos e o tempo de produção disponível, além de poder estratificar as perdas esperadas.

O modelo permitiu a investigação de diferentes cenários, os quais podem representar diferentes configurações da linha de produção. Tal ferramenta permite que melhores decisões sobre a capacidade da empresa possam ser tomadas, auxiliando em decisões estratégicas sobre expansão da empresa e cumprimento de prazos de entrega de mercadoria.

Como limitação ao estudo, tem-se a falta de acesso às metas estabelecidas pelo comercial e a previsão de demanda da empresa, para conseguir definir critérios de decisão e elaboração dos cenários. Além da falta de um planejamento de manutenções, para auxiliar na programação da produção já que impacta diretamente não só nas horas disponíveis, mas na execução dos equipamentos. A variabilidade das perdas de produção, apesar de ter sido utilizado o histórico para definir a média das perdas passadas, este é um dado que varia bastante, dificultando sua simulação.

Como sugestões de trabalhos futuros pode-se propor o desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva para diminuição das paradas de linha, este já está sendo realizado pela empresa, mas que devido à limitação do tempo necessário para entrega do TCC não foi possível incluí-lo no estudo. Aplicação da ferramenta DMAIC para diminuir os erros operacionais, como erros no ponto da massa e recheio que não podem ser previstos pelo modelo.

## REFERÊNCIAS

ANTAR, Sara. **O alinhamento entre os objetivos estratégicos e a capacidade de produção**. Orientador: André Leme Fleury. 2014.102 f. Trabalho de formatura (Graduação)-Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014. Disponível em: < https://repositorio.usp.br/directbitstream/32c04a0e-4a04-444c-8e53-837e35caa314/SaraAntar%20TCCPRO14.pdf>. Acesso em: 23 de setembro de 2022.

ARAGÃO, André. **modelagem e simulação computacional de processos produtivos: o caso da cerâmica vermelha de campos dos Goytacazes**. Orientador: José Ramón Arica Chávez, D. 2011, 143 f. Dissertação (Mestrado)- Centro de ciência e tecnologia. Departamento de Engenharia de produção, Universidade estadual do norte fluminense .RJ, Campos dos Goytacazes, RJ março, 2011. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-producao/wp-content/uploads/sites/13/2013/04/DISSERTACAO_FINAL1.pdf>.Acesso em: 07 de Agosto de 2022.

AZEVEDO, Tiago Sono Alves de. **Planejamento da capacidade produtiva em uma indústria gráfica. Departamento de engenharia de produção da escola politécnica da USP**. São Paulo, 2004. Disponível em: < http://pro.poli.usp.br/trabalho-de-formatura/planejamento-da-capacidade-produtiva-em-uma-industria-grafica/> Acesso em: 19 de setembro de 2022.

BANKS, J. ; CARSON, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete-Event System Simulation**- New Jersey : Englewood Cliffs,NJ, Prentice Hall., 2001. - Vol. 3th Edition

BERTO, Rosa M. V. S.; NAKANO, Davi N**. A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa**. ABEPRO. Vol. 9. Rio de Janeiro. 2000.Disponível em:< https://www.scielo.br/j/prod/a/CX834BnHRMbj4RwmGNJ8Xfk/?format=pdf&lang=ptA > Acesso em: 09 set. 2022.

BOFF, Carolina Patias. **Gerenciamento da capacidade produtiva na empresa isca tecnologias Ltda**. Orientador: Dieter Rugard Siedenberg. 2013. 57 f. TCC(Graduação). – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul Disponível em:https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/2103.Acesso em: 20 de agosto, 2022.

BRITO, Victor. **Aplicação de simulação como ferramenta de apoio à elaboração de um planejamento estratégico de capacidade.** in: Ilos, 2022.Disponível em https://www.ilos.com.br/web/aplicacao-de-simulacao-como-ferramenta-de-apoio-a-elaboracao-de-um-planejamento-estrategico-de-capacidade/. Acesso em: 22 agosto de 2022.

CAMARGO, Renata. **Como planejar e calcular a capacidade produtiva: Aumente a eficiência do seu negócio**. In:Treasy Planejamento e Controladoria. 2017. <Disponível em: https://www.treasy.com.br/blog/capacidade-produtiva/>. Acesso em: 25 de set. de 2022.

CHUNG, C. A. **Simulation modeling handbook** – a practical approach. 1ª ed. Florida: CRC press, 2004.

CORRAR, L.J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J.M. **Análise multivariada: para cursos de administração, ciências contábeis e economia**. FIPECAFI – Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras; São Paulo: Atlas, 2009. 541 p.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle de Produção MRP II / ERP Conceitos, Uso e Implantação**. 5.ed. Editora Atlas. 2007.

CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. **Administração de Produção e de Operações**. São Paulo: Atlas, 2005.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e de operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** São Paulo: Atlas, 2005.

FANK, Fabrício. **Simulador de eventos discretos em Python.** Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2022. Disponível em<http://hdl.handle.net/11449/216178>.Acesso em: 23 set. 2022.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemascom Aplicações em Arena**. Florianopolis: Visual Books, 2001.

GAITHER, N; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2002.

HEIZER, Jay; RENDER, Barry. **Administração de Operações: bens e serviços**. 5a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

Jain, R., & Lyons, A. C. (2009). **He implementation of lean manufacturing in the UK food and drink industry. International Journal of Services and Operations Management.** 5(4), 548-573. Disponível em: https://doi.org/10.1504/ IJSOM.2009.024584. Acesso em: 10 de Agosto de 2022.

KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. Manutenção – Função Estratégica. 4ª Edição: Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2013.

KREUTZFELDT, Thiago. **Custos e impactos do estoque obsoleto na indústria de linha branca de Curitiba e região metropolitana.** Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/52500/R%20-%20E%20%20THIAGO%20WILIAN%20LOURENCO%20KREUTZFELDT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 25 de setembro de 2022.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

LEAL, Luiz; LIMA, Suzana**. Formulação de um modelo de custeio por absorção com características gerenciais**. In: congreso internacional de costos - cruzando fronteras: tendencias de contabilidad directiva para el siglo xxi. 8., 2001 – Del 4 al 6 Julio, León (España). Anais eletrônicos León: IIC, 2001. Disponível em: https://intercostos.org/documentos/Trabajo223.pdf>. Acesso em: 11 agosto. 2022.

LIMA, Aline; MEDEIROS, Mariana. **Simulação de eventos aplicada em uma indústria de café**. Ituiutaba, 2019.

LOESCH, Cláudio; HEIN, Nelson (2009**) Pesquisa Operacional: Fundamentos e Modelos**. São Paulo: Saraiva, 248 p.

LUSTOSA, L., MESQUITA, . **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

RUSSEL, R. O. M.; PASSOS, F. U.; MENEZES, B. L. S.; MIURA, M. N**. Modelagem e Simulação Computacional para o Balanceamento de Linhas de Montagem de Computadores**. Revista de Tecnologia Aplicada, v. 8, n. 2, p. 16-27, 2019.

MOTTA, M, PO; GOMES, J, P, H. **Capacidade Produtiva e Eficiencia de Processo: Um Estudo de Caso em uma Confecção de Moda Fitness**. 2016.

NASCIMENTO, L. SILVA, J. MORAIS, R. **Utilização de métodos de simulação para avaliação da capacidade produtiva de pães**.IN:Congresso de Logística das Faculdades de Tecnologia do Centro PaulaSouza.X.2019.São Paulo. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/0b1c4b10-0358-4b5b-8eee-c0594c6f5599/content>. Acesso em:17 agosto 2022.

TUPY, Oscar; SERILLO, Juliana Aranha. **Eficiencia Produtiva de Frigorificos e Laticinios no Brasil**. 2006.

PALHARES, Rafael de Azevedo; NOGUEIRA, Jedson O. de Melo; FREIRE, Denyeivisson da Silva; SEGUNDO, Joel da Costa Câmara Neto; COSTA, M. Antônio Araújo. **Análise das capacidades realizada e efetiva de uma empresa no setor de moda íntima no interior do estado do Ceará: um estudo de caso acerca de fatores que causam paradas na produção**. IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. 2019. Disponível em: < http://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/>. Acesso em: 18 de setembro de 2022

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre R. **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007

RAGSDALE, Cliff T**. Modelagem e análise de decisão**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

KRAJEWSKI, L. J.; MALHOTRA, M. K.; RITZMAN, L. P.. **Administração de produção e operações**. 11 ed. São Paulo: Pearson Education, 2017.

SHAFER, S. M.; SMUNT, T. L. **Empirical simulation studies in operations management: context, trends and research opportunities**. Journal of Operations Management, v. 22, n. 4, p. 345-354, 2004.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996a.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da Produção. 3a ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOARES, Raissa de Oliveira. **Análise da capacidade produtiva de uma empresa do segmento metalúrgico.** Orientador: Alesandro Cruzetta. 2014. 68 f. Monografia (Bacharel) – Curso de Administração, linha de formação específica em administração de empresas, Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciuma, julho de 2014. Disponível em: < http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/2951/1/RAISSA%20DE%20OLIVEIRA%20SOARES.pdf>. Acesso em: 18 de setembro de 2022.

STAUDT, Francielly Hedler; COELHO, Antonio Sérgio and GONCALVES, Mirian Buss. **Determinação da capacidade real necessária de um processo produtivo utilizando cadeia de Markov**. Prod. [online]. 2011, vol.21, n.4, pp. 634-644. Epub Nov 08, 2011. ISSN 0103-6513.Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132011005000058.>. Acesso em: 20 de setembro de 2022.

TAHA, Hamdy A. **Pesquisa Operacional.** 8ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

TEIXEIRA NETO, Garibaldi. **Planejamento da capacidade de produção, empregando simulação computacional e teoria das restrições** "Orientador: Prof. Dr. Clarimar José Coelho. 2015, 116 f. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Produção e Sistemas. Goiânia, 2015. Disponível em: <http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/3562/2/GARIBALDI%20TEIXEIRA%20NETO.pdf>. Acesso em: 25 de setembro de 2022.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez & Autores Associados, 1988.

YANG, Y. Hélio; HADDAD, Kamal; CHOW, Chee W**. Planejamento de capacidade usando simulação de Monte Carlo: uma aplicação ilustrativa de software para PC comumente disponível**. Finanças Gerenciais, 2001.