

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Aline Andrade Lima
Mariana de Freitas Medeiros

Simulação de eventos aplicada em uma indústria de café

ITUIUTABA

2019

Aline Andrade Lima
Mariana de Freitas Medeiros

Simulação de eventos aplicada em uma indústria de café

Trabalho de conclusão de curso de caráter obrigatório para conclusão da graduação em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Uberlândia.

Área de concentração: Pesquisa Operacional

Orientador: Jorge von Atzingen dos Reis

ITUIUTABA

2019

Simulação de eventos aplicada em uma indústria de café

Trabalho de conclusão de curso de caráter obrigatório para conclusão da graduação em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Uberlândia, pela banca examinadora formada por:

Ituiutaba, 03 de Julho de 2019.

Prof. Dr. Jorge von Atzingen dos Reis (orientador)

Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Ricardo Batista Penteado

Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo

Universidade Federal de Uberlândia

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade de cursarmos uma graduação, ao nosso orientador Prof. Dr. Jorge von Atzingen dos Reis pelo suporte durante a elaboração deste trabalho. A todo corpo docente por compartilharem suas experiências e ensinamentos durante esses anos de graduação, em especial aos professores presentes nesta banca Prof. Dr. Lúcio Abimael Medrano Castillo e Prof. Dr Ricardo Batista Penteadó. Agradecemos também a empresa por nos apoiar e permitir o desenvolvimento dessa pesquisa. Aos nossos amigos pelo companheirismo e apoio durante todos esses anos.

“Só há uma coisa pior do que formar colaboradores e eles partirem. É não formá-los e eles permanecerem.”

Henry Ford

“Se você acredita que o treinamento é caro, experimente a ignorância.”

Derek Bok

RESUMO

O presente trabalho consiste na realização de uma pesquisa para conhecer a capacidade disponível de produção instalada em uma fábrica de café, localizada em Ituiutaba, Minas Gerais. A pesquisa teve início com o conhecimento e mapeamento do processo produtivo da fábrica. O mapeamento de um processo consiste em uma descrição do sequenciamento de etapas de um processo produtivo, que tem por finalidade representar a transformação dos insumos em produtos e serviços acabados. Posteriormente foi realizada a coleta e análise de dados de cada operação do processo. Esse método frequentemente é empregado para a aplicação da simulação. A simulação é uma vertente da pesquisa operacional que tem como propósito avaliar o comportamento de um sistema e fazer experimentos de um cenário futuro, de forma a auxiliar na tomada de decisão. Essa técnica pode ser utilizada para saber a capacidade produtiva dos processos e da organização. Dessa forma foi possível mensurar a capacidade produtiva, assim como identificar gargalos para o qual foi proposto melhorias. O conhecimento da capacidade produtiva pode influenciar nas estratégias da empresa, assim como da cadeia de suprimentos que ela está inserida.

Palavras-chave: Simulação de Sistemas, Capacidade Produtiva, Mapeamento do Processo.

ABSTRACT

The present work consists in the accomplishment of a research to know the available production capacity installed in a coffee factory, located in Ituiutaba, Minas Gerais. The research began with the knowledge and mapping of the productive process of the factory. The mapping of a process consists of the description of the sequencing of stages of a productive process, whose purpose is to represent the transformation of inputs into finished products and services. Subsequently the data collection and analysis of each process operation was performed. This method is often used for the simulation application. The simulation is an aspect of the operational research whose purpose is to evaluate the behavior of a system and to make experiments of a future scenario in order to aid in the decision making. This technique can be used to know the productive capacity of the processes and the organization. In this way it was possible to measure the productive capacity as well as identify bottlenecks for which improvements were proposed. The knowledge of productive capacity can influence the strategies of the company, as well as of the supply chain that it is inserted.

Keywords: Systems Simulation, Production Capacity, Process Mapping.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.2.1 - Símbolos de mapeamento de processos.....	18
Figura 4.1 - Mapeamento da fábrica	32
Figura 4.2 - Mapeamento do processo cru	32
Figura 4.3 - Mapeamento do processo a vácuo 250 g e/ou 500 g	33
Figura 4.4 - Mapeamento dos processos de 250 g e/ou 500 g.....	33
Figura 4.5 - Mapa de fluxo de valor para processo 500 g	35
Figura 4.6 - Mapa de fluxo de valor para processo 250 g	35
Figura 4.7 - Gráfico de análise do tempo de ciclo para processo 500 g	36
Figura 4.8 - Gráfico de análise do tempo de ciclo para processo 250 g	37
Figura 4.9 - Diagrama da simulação da fábrica.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.3.1 - Classificação da pesquisa.....	22
Tabela 3.3.2 - Amostragem dos processos.....	24
Tabela 4.1 - Análise estatística dos dados.....	34
Tabela 4.2 - Simulação com Moinho 1 para processo 500 g.....	39
Tabela 4.3 - Simulação com Moinho 2 para processo 500 g.....	39
Tabela 4.4 - Simulação com os dois moinhos para processo 500 g.....	40
Tabela 4.5 - Simulação com os dois moinhos e mesma capacidade para processo 500 g...	41
Tabela 4.6 - Simulação com Moinho 1 para processo 250 g.....	41
Tabela 4.7 - Simulação com o Moinho 2 para processo 250 g.....	42
Tabela 4.8 - Simulação com os dois moinhos para processo 250 g.....	42
Tabela 4.9 - Simulação com os dois moinhos e mesma capacidade para processo 250 g...	43
Tabela 4.10 - Simulação com o moinho 1 para processo 500 g a vácuo.....	43
Tabela 4.11 - Simulação com o moinho 2 para processo 500 g a vácuo.....	44
Tabela 4.12 - Simulação com os dois moinhos para processo 500 g a vácuo	44
Tabela 4.13 - Simulação processo 500 g a vácuo automatizado	45
Tabela 4.14 - Simulação com o moinho 1 para processo 250 g a vácuo.....	45
Tabela 4.15 - Simulação com o moinho 2 para processo 250 g a vácuo.....	45
Tabela 4.16 - Simulação com os dois moinhos para processo 250 g a vácuo	46
Tabela 4.17 - Simulação processo 250 g a vácuo automatizado	46
Tabela 4.18 - Simulação processo torrado	46
Tabela 4.19 - Simulação fábrica	48

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CB	Capacidade do processo
TC	Tempo de ciclo
TT	<i>Takt time</i>
TO	Taxa de ocupação
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
g	grama
kg	quilograma
s	segundo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVO.....	13
1.2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	13
1.3. RELEVÂNCIA DA PESQUISA	14
1.4. DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	14
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1. CAPACIDADE PRODUTIVA	15
2.2. MAPEAMENTO DE PROCESSOS.....	17
2.3. SIMULAÇÃO	20
2.3.1. Simulação de eventos discretos.....	21
2.3.2. Simulação de eventos contínuos	22
3. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	22
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	22
3.2. QUESTÕES DE PESQUISA.....	23
3.3. TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS	24
3.4. TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS.....	25
3.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS – ETAPAS	25
3.6. PASSO A PASSO DA SIMULAÇÃO	26
4. RESULTADOS	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48

1. INTRODUÇÃO

A administração da produção é encarregada pelo gerenciamento de recursos necessários a produção de bens e/ou serviços e abrange a função produção que é responsável por produzir e entregar seus produtos e/ou serviços em busca de atender a necessidade de seus clientes. Para atender a demanda de seus consumidores de forma satisfatória se faz essencial conhecer a capacidade produtiva da organização (SLACK et al, 2009).

Atualmente as empresas veem a capacidade de produção como volume máximo que a linha de produção instalada é capaz de produzir em um determinado instante de tempo, não é sempre que o volume de saída corresponde ao seu potencial (CORRÊA e CORRÊA, 2005).

De acordo com Slack et al (2009), apesar de existir uma capacidade máxima dessas operações é preciso levar em consideração o tempo de processamento de cada uma delas. Para entender cada operação é preciso definir seu início e término, o que pode ser obtido a partir de um mapeamento de processo.

O mapeamento de processo é uma técnica visual que descreve o relacionamento entre as atividades dentro do processo, ele é capaz de fornecer a sequência das atividades, os recursos de entrada, processamento e produto acabado, dentre outras informações (SLACK et al, 2009).

Existem diversas técnicas para fazer um mapeamento na qual pode utilizar ou não uma simbologia na classificação de cada atividade, de forma a evidenciar cada estação de trabalho, o que possibilita a implementação de melhorias nas operações (SLACK et al, 2009). Por permitir uma melhor visualização do processo, o mapeamento serve como suporte para a elaboração da simulação de sistemas.

Segundo Taha (2008), a simulação é uma representação de um sistema aleatório que tem como objetivo determinar um valor aproximado do desempenho de cada processo. O princípio da simulação desenvolve a partir da escolha de *software* que concede a maneira como os dados deverão ser coletados para que possam ser submetidos a uma análise estatística posteriormente.

Na atualidade a simulação se fundamenta no estudo sobre a forma como os sistemas reais se comportam de acordo com o tempo, podendo haver mudanças

contínuas no decorrer do tempo ou mudanças em pontos discretos do tempo, sendo assim caracterizadas respectivamente como uma simulação de modelos contínuos ou discretos (TAHA, 2008).

Diante desse contexto houve a identificação de uma indústria para a qual era desconhecida a capacidade produtiva instalada. Desta forma, desenvolveu-se um estudo com a pretensão de verificar o potencial de produção da fábrica, que proporcionará para a organização uma clareza quanto ao sistema de produção e as alternativas de mudança no sistema tático e operacional.

1.1. Objetivo

O objetivo desta pesquisa é determinar a capacidade disponível de produção instalada na fábrica. Mais especificamente:

- Fazer o mapeamento do processo produtivo;
- Coletar dados estatísticos sobre cada processo;
- Analisar os dados coletados utilizando um teste de distribuição estatístico;
- Propor melhorias para redução de custos e/ou aumento do *market share*;
- Proporcionar uma iteração entre universidade e empresa utilizando uma ferramenta de pesquisa operacional.

1.2. Procedimento metodológico

O estudo consiste na realização de uma pesquisa aplicada, descritiva empírica, de caráter qualitativo e quantitativo que abrange a capacidade produtiva, mapeamento do processo, análise estatística e simulação de sistemas, que faz utilização de referências bibliográficas para descrever sobre esses temas que podem contribuir nas tomadas de decisões referentes à linha de produção.

Para atingir o objetivo da pesquisa é necessário conhecer a linha de produção, mapear o processo, coletar os tempos de processamento de cada etapa, armazenar os dados, analisar estatisticamente e posteriormente aplicar a simulação no *software Anylogic®*. A escolha do *software* foi motivada por este trabalhar com

eventos discretos e contínuos, assim como ser de fácil acesso e gratuito para fins acadêmicos.

De acordo com Brito (2011) o *software Anylogic®* engloba fatores discretos e contínuos em apenas um modelo e ele tem como base a linguagem em Java para estabelecer a lógica da simulação. Essa linguagem requer um nível básico de conhecimento como por exemplo o uso de apenas algumas expressões, visto que o próprio *software* consegue manusear parte da programação sem a necessidade da atuação do programador.

1.3. Relevância da pesquisa

A pesquisa proporciona ao ambiente empresarial uma ferramenta para a tomada de decisões estratégicas envolvendo o processo produtivo, permitindo através da simulação, identificar gargalos, testar a viabilidade de acrescentar ou reduzir equipamentos e/ou funcionários, ver a necessidade de expandir seus parceiros de negócios. A aplicação adequada da simulação em uma organização pode acarretar um aumento significativo de receita. Em relação ao ambiente acadêmico, a pesquisa mostra a existência de análises de caráter qualitativas e quantitativas. O trabalho também aborda duas temáticas complexas da engenharia de produção, o mapa de fluxo de valor e a simulação de sistemas, o que possibilita que este sirva como base para trabalhos futuros. Além disso, pode ser publicado, divulgando o nome da universidade, de forma a agregar valor a ela e ao curso.

1.4. Delimitação do trabalho

Simular o cenário atual de todas as linhas de produção existentes na fábrica, para quantificar a capacidade máxima, sem a contratação de novos funcionários ou compra de novos equipamentos. Com o resultado alcançado pode-se manter os equipamentos que existem na fábrica ou a viabilidade de abrir um novo polo industrial.

1.5. Estrutura do trabalho

A estrutura do trabalho apresenta no primeiro capítulo a introdução que obtém uma contextualização do que será abordado durante o estudo, no segundo capítulo retrata a fundamentação teórica que engloba temas que sejam suporte para o entendimento da aplicação executada, a seguir nos métodos de pesquisa estão os meios utilizados para coleta e análise de dados e as etapas realizadas para a simulação, posteriormente são descritos os resultados e interpretações da pesquisa e por fim as considerações finais que contém informações que auxiliam nas tomadas de decisões e proporcionam sugestões de melhoria.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo abordará os temas de capacidade produtiva, mapeamento de processo e simulação de sistemas, sendo todos de suma importância para o entendimento da pesquisa.

2.1. Capacidade Produtiva

Capacidade representa o quanto pode ser produzido em determinado processo e ela é expressa em razão temporal ou atemporal. A capacidade projetada de uma organização significa a capacidade máxima que ela está apta a produzir de acordo com suas instalações. Porém as indústrias nem sempre tomam a decisão de operar no seu limite de produção, pois se torna difícil absorver variações na oferta de insumos ou de demanda (LUSTOSA et al, 2008).

As empresas têm como objetivo produzir de forma que atenda toda sua demanda e os gestores de operações são responsáveis por garantir que a linha de produção tenha capacidade essencial para atender seus clientes. A capacidade é uma variável que influencia nas tomadas de decisões em curto, médio e longo prazos (CORRÊA e CORRÊA, 2012).

A capacidade de produção constitui-se de um encadeamento de atividades em máxima condição de produção. Existem diversos fatores que podem influenciar na capacidade de produção instalada, dentre eles: ausências de funcionários,

quebra de maquinários e atrasos nas entregas de insumos necessários para a produção (GAITHER e FRAIZER, 2002).

A capacidade de produção pode ser classificada como: instalada, disponível, efetiva ou realizada. Instalada é o máximo que a fábrica consegue produzir sem interrupções, desconsiderando as perdas. Disponível é o máximo que pode ser produzido durante a jornada líquida de trabalho e não leva em consideração as perdas. Efetiva significa a capacidade disponível eliminando as perdas planejadas. E a realizada consiste na subtração das perdas planejadas e não planejadas da capacidade disponível (Staudt et al, 2011 apud PEINADO e GRAEML, 2007).

Normalmente em uma organização 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). Entretanto, para saber qual a capacidade que seu processo está operando é preciso medi-la.

Medir a capacidade não é uma atividade simples devido à complexidade de alguns processos produtivos, como por exemplo: a produção 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* fundamenta-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 opera sobre os recursos transformados (SLACK et al, 2009).

Os *outputs* do processo podem ser produtos e/ou serviços. Os produtos se caracterizam como tangíveis enquanto os serviços são intangíveis e eles podem ter vida útil diferentes (SLACK et al, 2009).

A medida da capacidade de produção pode ser direta quando a empresa produz um único produto ou produtos homogêneos e quando existe diversidade de produtos para medir a capacidade é necessário converter as unidades para uma unidade comum de medição da produção, essa técnica é denominada como unidade agregada de capacidade. Uma ferramenta utilizada para medir a capacidade é a simulação através do computador (GAITHER e FRAIZER, 2002).

A partir do conhecimento da capacidade produtiva pode-se tomar algumas decisões, como por exemplo: ampliação no setor logístico, alteração dos níveis de capacidade e abrir uma nova fábrica, são decisões que geram impactos nas estratégias da organização (CORRÊA e CORRÊA, 2012).

2.2. Mapeamento de processos

Davis et al (2001) definem processos como um conjunto de etapas que juntas transformam os insumos em resultados. Para Paladini et al (2012) processo consiste em uma sequência de tarefas que transformam os insumos advindos de seus fornecedores em saídas (produtos e/ou serviços) mensuráveis para os clientes.

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).

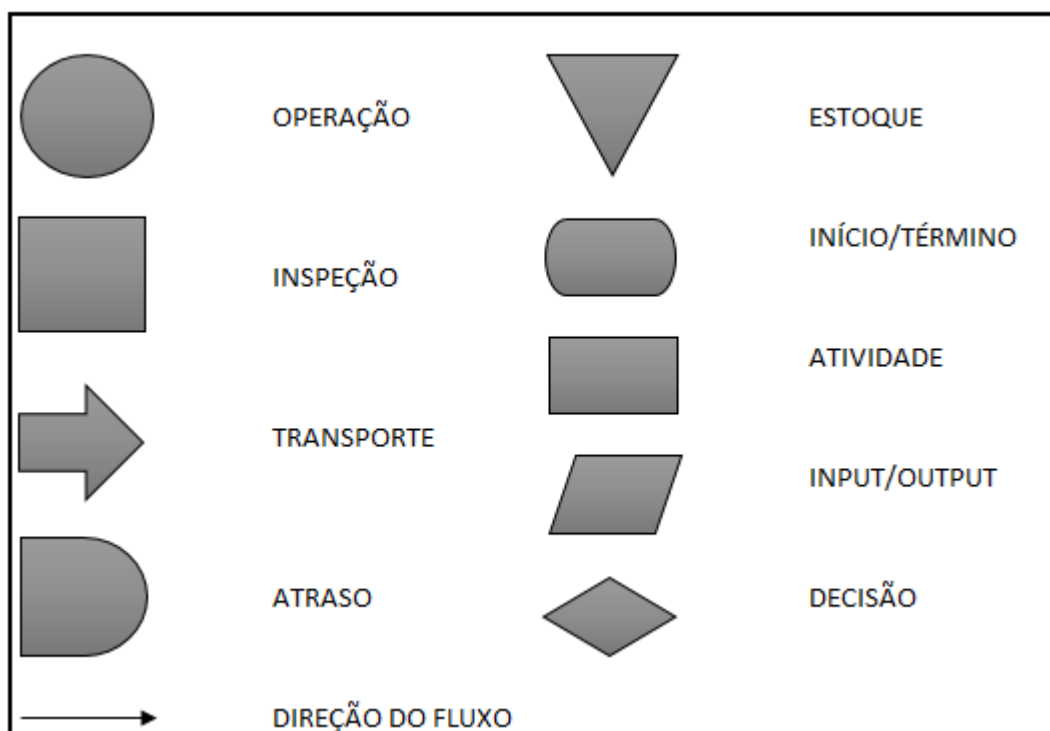
Existem técnicas para mapear os processos, para a realização da pesquisa utilizou-se apenas duas:

- Fluxograma (DAVIS, 2001).
- Mapa de fluxo de valor (LIKER e MEIER, 2007).

O fluxograma é uma das técnicas utilizadas para fazer o mapa dos processos. Davis et al (2001) dizem que essa técnica permite a visualização de todas as atividades do processo de forma ampla, existem símbolos que habitualmente são utilizados na elaboração de um fluxograma.

De acordo com Slack et al. (2009), para elaborar o mapeamento de processos são utilizadas algumas simbologias para representar cada tipo de atividade. Apesar de não existir uma simbologia universal, alguns símbolos são comuns e estão descritos na Figura 2.2.1:

Figura 2.2.1 - Símbolos de mapeamento de processos



Fonte: Adaptado Slack et al. (2009)

O mapeamento realizado utilizando o fluxograma revela a maneira com que o processo opera, se existem falhas no decorrer do processamento, evidência as etapas, gargalos, atrasos, desperdícios, grau de complexidade e ineficiência (PALADINI et al, 2012).

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).

O mapa de fluxo de valor foi desenvolvido pelo Taiichi Ohno a partir da necessidade de representar visualmente o fluxo de materiais e de informações de toda a cadeia produtiva do sistema Toyota de produção. A criação do mapa do estado atual compreende a representação do fluxo de material e fluxo de

informações, ele proporciona a visualização das perdas no fluxo de valor e leva em consideração o *lead time* total do processo (LIKER e MEIER, 2007).

Segundo Elias et al (2011) apud Rother e Shook (2003), para a elaboração do mapa de fluxo de valor existem algumas etapas fundamentais que devem ser executadas:

- Escolher uma família de produtos que tenham etapas de processos similares;
- Criar o desenho do estado atual e futuro com base em informações obtidas na organização;
- Desenvolver um plano a ser implementado que descreva o que deve ser feito para alcançar seu estado futuro.

Durante a elaboração de um mapa de fluxo de valor do estado atual devem-se analisar os processos pensando na criação do estado futuro, a compreensão dos seus objetivos é fundamental para entendimento dos obstáculos que a organização percorrerá. Existem algumas etapas iniciais para desenvolvimento do mapa, entender e definir a situação atual, estabelecer uma meta e fazer reconhecimento de falhas no intervalo entre o ponto em que você está e aonde você quer chegar (LIKER e MEIER, 2007).

O mapeamento do fluxo de valor possui alguns objetivos fundamentais que são essenciais para iniciar o mapeamento: flexibilidade nos processos, *lead time* mínimo, processos com fluxo contínuo e puxados de insumos, *loops* de fluxo, simplificação do fluxo de informações, informações advindas do cliente e *takt - time*. Enquanto analisa cada processo é preciso verificar as características dos processos de acordo com esses objetivos, se houver processos contrários a essas características ou que podem ser melhorados a partir delas, pode-se começar a desenvolver o mapa do estado futuro buscando melhorias nos processos. O mapa do estado futuro também compreende o fluxo de material e informações, e o fluxo de fabricação é de acordo com a demanda do cliente (LIKER e MEIER, 2007).

Desenvolver um mapeamento do estado futuro tem como finalidade ressaltar as fontes de desperdícios e buscar eliminá-las. Ele é feito com base no mapa de fluxo de valor do estado atual, aplicando conceitos e técnicas da manufatura enxuta. Com isso, cada processo deve ser estruturado através da necessidade do seu

processo seguinte até chegar ao cliente final (Elias et al, 2011 apud ROTTER e SHOOK, 2003).

Para alcançar o fluxo de valor enxuto desde o fornecedor até o cliente final, o mapa do estado futuro deve ter o ritmo de produção acompanhando a demanda, alterar o fluxo tornando-o contínuo, quando for viável e a linha de produção estar apta a produzir todo o mix de produtos a qualquer momento (Elias et al, 2011 apud QUEIROZ et al, 2004).

Conforme Cadioli e Perlatto (2008) apud Rother e Shook (2003), as vantagens de elaborar um mapa de fluxo de valor são: visualização do fluxo como um todo e não somente de um processo individual; identificação dos desperdícios, assim como das fontes destes; evidencia o fluxo de forma a auxiliar nas tomadas de decisões; aborda conceitos da produção enxuta possibilitando a implementação de técnicas englobando toda a linha de produção; relaciona os fluxos de informação e material; por fim, se caracteriza como uma ferramenta qualitativa, na qual descreve particularidades de como cada atividade deve ser realizada de forma a agregar valor.

2.3. 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. Além disso, não é em todo caso que 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, distinguindo-se da programação linear. Contudo, ela permite, através da análise dos experimentos, compreender o comportamento do sistema tornando-se uma ferramenta de apoio à tomada de decisão.

A aplicação da simulação pode se dar por três motivos básicos. O primeiro diz respeito sobre as variáveis. Em casos onde a relação entre as variáveis são não-lineares, a quantidade de variáveis ou restrições forem altas, a simulação é utilizada como forma de simplificar a análise de um problema. O segundo refere-se ao fato de que a simulação permite fazer testes em um modelo sem afetar um sistema na prática. Dessa forma é possível constatar onde realmente deve ou não interferir no processo. O terceiro relaciona-se a situação em que a simulação consegue gerar um cenário futuro para alcançar alguma estimativa operacional em um tempo relativamente muito curto quando comparado a um sistema real (KRAJEWSKI et al, 2009).

Krajewski et al (2009) definem a simulação como “o ato de reproduzir o comportamento de um sistema usando um modelo que descreve seus processos”. Ainda asseguram que um modelo de simulação não determina o que deve ser feito sobre o problema, no entanto, ele pode auxiliar a avaliar soluções alternativas para o mesmo.

Na atualidade, a simulação é realizada fundamentada no método citado acima, tanto quanto o desempenho dos sistemas como uma função do tempo. Segundo Taha (2008), pode-se dividir em duas categorias de modelos de simulação: eventos discretos e eventos contínuos.

2.3.1. Simulação de eventos discretos

A simulação de eventos discretos apresenta mudanças nas condições do sistema em pontos discretos do tempo (HILLIER e LIEBERMAN, 2014). Para Taha (2008), esse modelo trabalha principalmente com filas de espera, onde os clientes chegam, esperam em filas, quando necessário, e em seguida são atendidos. Desta maneira, um modelo de eventos discretos é um conjunto de filas inter-relacionadas.

Em relação a coleta de dados estatísticos, dois eventos são considerados essenciais, sendo eles: entradas e saídas. Isso acontece porque são os únicos momentos onde é necessário examinar o sistema. Todos os outros momentos não acontecem mudanças que possam afetar a estatística do sistema (TAHA, 2008).

2.3.2. Simulação de eventos contínuos

A simulação de eventos contínuos corresponde a uma simulação onde as alterações nas condições do sistema acontecem constantemente no decorrer do tempo (HILLIER e LIEBERMAN, 2014). De acordo com Taha (2008), esses modelos empregam equações diferenciais para retratar as relações entre os componentes do sistema.

Segundo Hillier e Lieberman (2014), quando se estabelece uma analogia entre as alterações contínuas e as alterações ocasionais discretas, é possível aplicar a simulação de eventos discretos. Dessa forma, reduziria o grau de complexidade de análise do sistema.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo serão tratados os métodos utilizados para a realização da pesquisa, assim como as técnicas de coleta e análise de dados e a descrição das etapas.

3.1. Caracterização da pesquisa

A escolha pelos procedimentos metodológicos aconteceu a partir do objetivo e características dessa pesquisa. A Figura 3.3.1 apresenta a classificação proposta neste trabalho:

Tabela 3.3.1 - Classificação da pesquisa

A pesquisa quanto	Classificação
À natureza	Aplicada
Aos objetivos	Descritivo
Aos procedimentos metodológicos	Experimental
À abordagem	Qualitativa e Quantitativa

Fonte: Autoria própria

A pesquisa realizada se caracteriza como aplicada possuindo o propósito de obter a capacidade produtiva da fábrica a partir da aplicação dos métodos

apresentados na fundamentação teórica. Segundo Silva e Menezes (2005), uma pesquisa aplicada busca produzir conhecimentos que podem ser aplicados na prática, envolvendo a resolução de problemas reais. Também classificado como descritivo, tendo em vista que o trabalho procura observar, armazenar, analisar e comparar os fatos sem que estes sofram alteração (Magalhães 2018 apud CERVO e BERVIAN, 1996).

Classifica como um procedimento experimental, pois é especificado o objeto de estudo, identificado as variáveis que podem influenciar a pesquisa e definido as maneiras de controle e observação do impacto que as variáveis causam no objeto de estudo (SILVA e MENEZES, 2005).

A pesquisa quantitativa trabalha com a formulação de hipóteses, análises estatísticas e métodos lógico dedutivos, esses que partem de uma premissa verdadeira. Em relação ao caráter qualitativo, faz a aproximação entre a teoria e os fatos por meio da interpretação de eventos esporádicos, fazendo uso de um método indutivo (BERTO e NAKANO, 2000).

Buscando alcançar o objetivo da pesquisa foram executadas análises qualitativas e quantitativas, utilizou-se a análise qualitativa para conhecer o processo produtivo da organização, elaborar o fluxograma dos processos e a interpretação do resultado da simulação. Aplicou-se a análise quantitativa para realizar a coleta e análise estatística dos dados, mapeamento do fluxo de valor e para elaborar a simulação.

Os procedimentos da pesquisa se desenvolveram a partir de revisões bibliográficas que foram fundamentais para o levantamento de dados dentro da empresa. A modelagem executada é de caráter descritiva empírica, que se aplicou na simulação de sistemas sendo um experimento que descreve o processo produtivo da fábrica através da exposição dos processos no *software Anylogic*®.

3.2. Questões de pesquisa

A pesquisa busca encontrar respostas para as seguintes questões: qual a capacidade disponível de cada processo produtivo, qual etapa se classifica como um gargalo para o processo e quais etapas podem ser melhoradas.

3.3. Técnicas de coleta de dados

As técnicas utilizadas para a coleta de dados foram entrevistas semiestruturada com os colaboradores responsáveis pelas atividades e a cronometragem de cada operação do processo. Com exceção do processo de moagem, cuja coleta seria inviável, visto que não é possível visualizar o início e final do processo e nem programar um tempo para uma quantidade específica de grãos a serem moídos, então usou o valor nominal da máquina.

O processo de café torrado, café cru e café a vácuo foram considerados como um único processo, uma vez que os dois primeiros contêm poucas etapas em um período de tempo muito curto e o último é considerado um processo artesanal.

A coleta ocorreu nos períodos matutino e vespertino, foi calculado a média e o desvio padrão por amostra. A finalização da coleta só aconteceu quando a média amostral e o desvio padrão amostral fossem equivalentes a média acumulada e o desvio padrão acumulado. Foi coletado o tempo de processamento de cada operação, em segundos, e as amostras estão descritas na Tabela 3.3.2:

Tabela 3.3.2 - Amostragem dos processos

Processos	Número de amostras	Tamanho da amostra
Torra	5	7
Resfriamento	5	7
<i>Blend</i>	4	7
Envase Cru	5	10
Envase Torrado	4	10
Envase 250 g	5	12
Envase 500g	7	13
Pilhas 250 g	4	12
Pilhas 500 g	8	10

Fonte: Autoria própria

Os demais processos não mencionados na Tabela 3.3.2 foram coletados apenas uma amostra. Para coletar os dados da pré limpeza era necessário interromper a linha de produção e esvaziar todo estoque antes e depois do processo. Em relação ao lacre e ao *pallet*, foram observadas variações de operador e na velocidade em que o operador realizava as etapas.

3.4. Técnicas de análise de dados

Para a análise de dados utilizou-se o software Input Analyzer® presente no Arena®. A escolha do software ocorreu por este trabalhar com a média e o desvio padrão das amostras, assim como apresentar vários testes de distribuição.

Segundo Prado (2004) o software Input Analyzer® faz análise de dados reais do desempenho do processo e seleciona a melhor distribuição que represente seu comportamento. Essas distribuições podem ser: poisson, exponencial, triangular, uniforme, normal, johnson, log neperiano, weibull, discreta, contínua, erlang ou gamma.

3.5. Procedimentos metodológicos – Etapas

As etapas que ocorreram para o desenvolvimento da pesquisa são descritas a seguir:

1. Conhecimento do processo produtivo da fábrica;
2. Mapeamento do processo – fábrica;
3. Coleta de dados;
4. Mapeamento do processo – mapa de fluxo de valor e fluxograma;
5. Análise estatística dos dados;
6. Simulação no *software*;
7. Análise dos resultados;
8. Proposta de melhoria.

Para obter o conhecimento dos processos foi realizada uma visita à fábrica e houve um diálogo com os funcionários responsáveis pelas atividades. A partir disso elaborou o fluxograma da fábrica e iniciou a coleta dos dados, que aconteceu por um período de 45 dias. Em seguida desenvolveu-se o mapa de fluxo de valor para os processos de café 500 g e 250 g e o fluxograma para os demais processos. O mapa de fluxo de valor só foi executado para esses processos por serem os que possuem maiores demandas. Os dados foram submetidos a uma análise estatística de teste de distribuição para entender o comportamento do processo. Com a definição de qual teste cada processo se adequava aplicou-se a simulação.

3.6. Passo a passo da simulação

Para realizar a simulação é necessário definir qual biblioteca que será utilizada, se é de evento discreto ou contínuo. No caso utilizou-se primeiro a de evento contínuo e depois a de evento discreto.

Para estruturar o diagrama da simulação utilizaram-se os blocos: *fluid source*, *process tank*, *tank*, *fluid split*, *fluid merge*, *convert*, *valve*, *fluid to agent*, *delay*, *service*, *batch*, *resource pool* e *sink*.

Bloco *fluid source* é utilizado para chegada de recurso, *process tank* corresponde a uma operação de fluido, *tank* funciona como estoque, *fluid split* é empregado na distribuição dos recursos, *fluid merge* faz a união de duas entradas, *convert* equivale às perdas, *valve* funciona como uma válvula regulando o fluxo de recurso, *fluid to agent* transforma o fluido em uma unidade, *delay* indica o tempo de transporte, *service* retrata uma operação de uma unidade, *batch* cria lotes, *resource pool* simboliza as máquinas e operadores e o *sink* representa a saída do produto final.

As etapas para a simulação da fábrica:

1. Abra o Anylogic® e clique em Create a Model. Mude o nome do modelo para Fábrica e a unidade de tempos para segundos;
2. Abra a biblioteca de fluidos e comece a montar o diagrama de acordo com as próximas etapas;
3. Abra as propriedades do bloco *Fluid Source* e insira o valor da taxa de chegada e defina a unidade como quilogramas por segundo, troque o nome do bloco para Café;
4. Abra as propriedades do bloco *Process Tank*, troque o nome do bloco para PréLimpeza, defina a capacidade, insira o tempo do processo e a taxa de saída;
5. Abra as propriedades do bloco *Tank*, defina a capacidade do estoque, a quantidade inicial e a taxa de saída. Troque o nome do bloco para Estoque;
6. Abra as propriedades do bloco *Process Tank*, troque o nome do bloco para Torra, defina a capacidade, insira o tempo do processo e a taxa de saída;
7. Abra as propriedades do bloco *Convert* e defina o fator de rendimento do processo de torra;

8. Abra as propriedades do bloco *Process Tank*, troque o nome do bloco para Resfriamento, defina a capacidade, insira o tempo do processo e a taxa de saída;
9. Abra as propriedades do bloco *Tank*, defina a capacidade do estoque, a quantidade inicial e a taxa de saída. Troque o nome do bloco para Estoque1;
10. Abra as propriedades do bloco *Process Tank*, troque o nome do bloco para Blend, defina a capacidade, insira o tempo do processo e a taxa de saída;
11. Abra as propriedades do bloco *fluid Split*, selecione a opção proporcional para distribuir a quantidade de fluido para os dois processos seguintes de acordo com a demanda e defina a taxa de saída. Troque o nome para Split;
12. Na primeira saída do bloco Split, abra as propriedades do bloco *valve* e defina a taxa de saída;
13. Abra as propriedades do bloco *Tank*, defina a capacidade do estoque, a quantidade inicial e a taxa de saída. Troque o nome do bloco para Estoque2;
14. Crie um agente e troque o nome para caféTorrado;
15. Abra as propriedades do Fluid To Agent, selecione o agente criado caféTorrado, troque o nome do bloco para Agente e defina a quantidade de fluido que será transformado em uma unidade de café torrado. Esse bloco representa a mudança de um evento contínuo em evento discreto;
16. Crie um bloco *resource pool* e troque o nome para MáquinaEnvase;
17. Abra as propriedades do bloco *Service*, troque o nome para Envase, defina o tempo de processo, selecione a capacidade máxima da fila, o *resource pool* criado e o agente caféTorrado;
18. Abra as propriedades do bloco *Sink* e selecione o agente caféTorrado. Troque o nome do bloco para Torrado;
19. Na segunda saída do bloco Split, abra as propriedades do bloco *valve*, troque o nome para valve1 e defina a taxa de saída;
20. Abra as propriedades do bloco *Tank*, defina a capacidade do estoque, a quantidade inicial e a taxa de saída. Troque o nome do bloco para Estoque3;
21. Abra as propriedades do bloco *fluid Split*, selecione a opção proporcional para distribuir a quantidade de fluido para os dois processos seguintes de acordo com a demanda e defina a taxa de saída. Troque o nome para Split1;

22. Na primeira saída do bloco *Split1*, abra as propriedades do bloco *Process Tank*, troque o nome do bloco para *Moinho1*, defina a capacidade, insira o tempo do processo e a taxa de saída;
23. Na segunda saída do bloco *Split1*, abra as propriedades do bloco *Process Tank*, troque o nome do bloco para *Moinho2*, defina a capacidade, insira o tempo do processo e a taxa de saída;
24. Abra as propriedades do bloco *fluid Merge*, selecione a opção neutro para manter o fluxo de saída proporcional a taxa de entrada e defina a taxa de saída. Esse bloco faz a união das saídas do *Moinho1* e *Moinho2*;
25. Abra as propriedades do bloco *Tank*, defina a capacidade do estoque, a quantidade inicial e a taxa de saída. Troque o nome do bloco para *Estoque4*;
26. Abra as propriedades do bloco *fluid Split*, selecione a opção proporcional para distribuir a quantidade de fluido para os dois processos seguintes de acordo com a demanda e defina a taxa de saída. Troque o nome para *Split2*;
27. Na primeira saída do bloco *Split2*, abra as propriedades do bloco *valve*, defina a taxa de saída e troque nome para *valve2*;
28. Crie um agente e troque o nome para *caféV250*;
29. Abra as propriedades do *Fluid To Agent*, selecione o agente criado *caféV250*, troque o nome do bloco para *Agent1* e defina a quantidade de fluido que será transformado em uma unidade de café a vácuo 250 g;
30. Crie um bloco *resource pool* e troque o nome para *Trabalhador*;
31. Abra as propriedades do bloco *Service*, troque o nome para *Processo*, defina o tempo de processo, selecione a capacidade máxima da fila, o *resource pool* criado e o agente *caféV250*;
32. Abra as propriedades do bloco *Sink* e selecione o agente *caféV250*. Troque o nome do bloco para *Vácuo250*;
33. Na segunda saída do bloco *Split2*, adicione um bloco *Split* e troque nome para *Split3*;
34. Na primeira saída do bloco *Split3*, abra as propriedades do bloco *valve*, defina a taxa de saída e troque nome para *valve3*;
35. Crie um agente e troque o nome para *caféV500*;
36. Abra as propriedades do *Fluid To Agent*, selecione o agente criado *caféV500*, troque o nome do bloco para *Agent2* e defina a quantidade de fluido que será transformado em uma unidade de café a vácuo 500 g;

37. Abra as propriedades do bloco *Service*, troque o nome para *Processo1*, defina o tempo de processo, selecione a capacidade máxima da fila, o *resource pool* criado, *Trabalhador*, e o agente *caféV500*;
38. Abra as propriedades do bloco *Sink* e selecione o agente *caféV500*. Troque o nome do bloco para *Vácuo500*;
39. Na segunda saída do bloco *Split3*, adicione um bloco *Split* e troque nome para *Split4*;
40. Na primeira saída do bloco *Split4*, abra as propriedades do bloco *valve*, defina a taxa de saída e troque nome para *valve4*;
41. Crie um agente e troque o nome para *café500*;
42. Abra as propriedades do *Fluid To Agent*, selecione o agente criado *café500*, troque o nome do bloco para *Agent3* e defina a quantidade de fluido que será transformado em uma unidade de café 500 g;
43. Crie um *resource pool* e troque o nome para *MáquinaEnvase500g*;
44. Abra as propriedades do bloco *Service*, troque o nome para *Envase1*, defina o tempo de processo, selecione a capacidade máxima da fila, o *resource pool* criado e o agente *café500*;
45. Abra as propriedades do bloco *delay* e insira o tempo de transporte do envase para as pilhas;
46. Crie um agente e troque o nome para *pilhas500*;
47. Abra as propriedades do bloco *batch*, selecione o agente *pilhas500* e defina o tamanho do lote;
48. Crie um *resource pool* e troque o nome para *MáquinaPilhas*;
49. Abra as propriedades do bloco *Service*, troque o nome para *Pilhas*, defina o tempo de processo, selecione a capacidade máxima da fila, o *resource pool* criado e o agente *pilhas500*;
50. Abra as propriedades do bloco *delay* e insira o tempo de transporte das pilhas para o lacre e troque o nome para *delay1*;
51. Crie um *resource pool* e troque o nome para *Trabalhador1*;
52. Abra as propriedades do bloco *Service*, troque o nome para *Lacre*, defina o tempo de processo, selecione a capacidade máxima da fila, o *resource pool* criado e o agente *pilhas500*;
53. Crie um *resource pool* e troque o nome para *Trabalhador2*;

54. Abra as propriedades do bloco *Service*, troque o nome para Pallet, defina o tempo de processo, selecione a capacidade máxima da fila, o *resource pool* criado e o agente pilhas500;
55. Abra as propriedades do bloco *Sink* e selecione o agente pilhas500. Troque o nome do bloco para Café500g;
56. Na segunda saída do bloco Split4, abra as propriedades do bloco *valve*, defina a taxa de saída e troque o nome para valve5;
57. Crie um agente e troque o nome para café250;
58. Abra as propriedades do Fluid To Agent, selecione o agente criado café250, troque o nome do bloco para Agent4 e defina a quantidade de fluido que será transformado em uma unidade de café 250 g;
59. Crie um resource pool e troque o nome para MáquinaEnvase250g;
60. Abra as propriedades do bloco *Service*, troque o nome para Envase2, defina o tempo de processo, selecione a capacidade máxima da fila, o *resource pool* criado e o agente café250;
61. Abra as propriedades do bloco *delay*, insira o tempo de transporte do envase para as pilhas e troque o nome para delay2;
62. Crie um agente e troque o nome para pilhas250;
63. Abra as propriedades do bloco batch, selecione o agente pilhas250, defina o tamanho do lote e troque o nome para batch2;
64. Crie um resource pool e troque o nome para MáquinasPilhas1;
65. Abra as propriedades do bloco *Service*, troque o nome para Pilhas1, defina o tempo de processo, selecione a capacidade máxima da fila, o *resource pool* criado e o agente pilhas250;
66. Abra as propriedades do bloco *delay*, insira o tempo de transporte das pilhas para o lacre e troque o nome para delay3;
67. Abra as propriedades do bloco *Service*, troque o nome para Lacre1, defina o tempo de processo, selecione a capacidade máxima da fila, o *resource pool* criado, Trabalhador1, e o agente pilhas250;
68. Abra as propriedades do bloco *Service*, troque o nome para Pallet1, defina o tempo de processo, selecione a capacidade máxima da fila, o *resource pool* criado, Trabalhador2, e o agente pilhas250;
69. Abra as propriedades do bloco *Sink* e selecione o agente pilhas250. Troque o nome do bloco para Café250g;

70. Em uma linha de produção separada, crie um bloco *Fluid Source*, abra suas propriedades e insira o valor da taxa de chegada e defina a unidade como quilogramas por segundo, troque o nome do bloco para *GrãoMoca*;
71. Abra as propriedades do bloco *Tank*, defina a capacidade do estoque, a quantidade inicial e a taxa de saída. Troque o nome do bloco para *tank*;
72. Crie um agente e troque o nome para *caféCru*;
73. Abra as propriedades do *Fluid To Agent*, selecione o agente criado *caféCru*, troque o nome do bloco para *Agent5* e defina a quantidade de fluido que será transformado em uma unidade de café cru;
74. Abra as propriedades do bloco *Service*, troque o nome para *Envase3*, defina o tempo de processo, selecione a capacidade máxima da fila, o *resource pool* criado, *MáquinaEnvase*, e o agente *caféCru*;
75. Abra as propriedades do bloco *Sink* e selecione o agente *caféCru*. Troque o nome do bloco para *CaféCru*.

Etapas para elaboração das estatísticas de evento contínuo:

1. Na aba *Análise*, selecione o elemento estatísticas e adicione ao diagrama principal;
2. Abra as propriedades da estatísticas, nomeie de acordo com o bloco, selecione a opção em que as amostras não tenham tempo de duração, na opção valor insira o nome do bloco.`amount()`;
3. Adicione o Gráfico *Time Stack*;
4. Abra as propriedades do gráfico e na opção dados, no item valor coloque o nome da estatísticas.`mean()`, para a média e nome da estatísticas.`max()` para o máximo.

Etapas para elaboração das estatísticas de evento discreto:

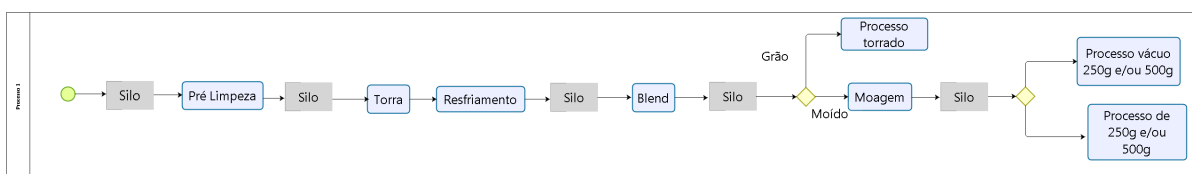
1. Na aba *Agente*, selecione o elemento parâmetro e adicione ao diagrama do agente;
2. Na aba *Análise*, insira dados do histograma e nomeie de acordo com o bloco;
3. Abra as propriedades do bloco, na opção ações, no item na entrada coloque `agent.nome do parâmetro = time()`; e no item na entrada atrase coloque nome do dados do histograma.`add(time() – agent.nome do parâmetro)`;
4. Adicione o Histograma;

- Abra as propriedades do histograma e na opção histograma coloque o nome do dados do histograma.

4. RESULTADOS

Iniciou-se a pesquisa com o conhecimento visual da fábrica e logo após criou-se o mapeamento de toda a fábrica que exhibe todas as linhas de produção.

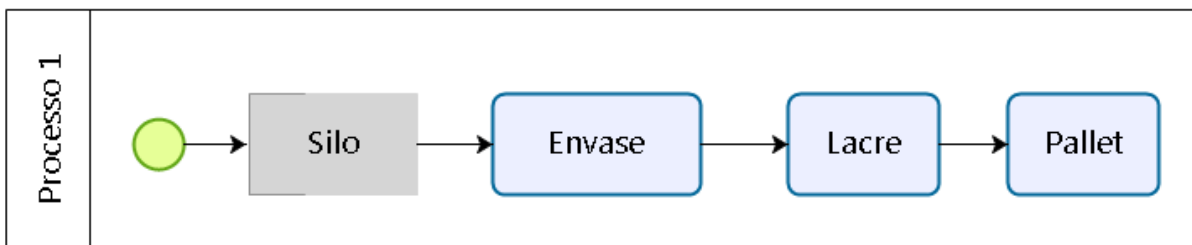
Figura 4.1 - Mapeamento da fábrica



Fonte: Autoria própria

O processo de café cru tem sua linha de produção desvinculada das demais, dessa forma, realizou-se o mapeamento do mesmo.

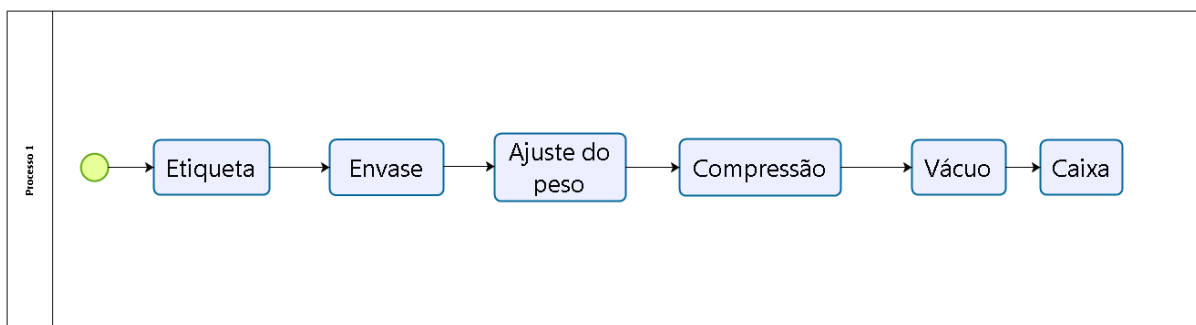
Figura 4.2 - Mapeamento do processo cru



Fonte: Autoria própria

Observou-se que as últimas três etapas da linha de produção do café cru também estão presentes na linha de produção do processo torrado e se concentra na etapa processo torrado.

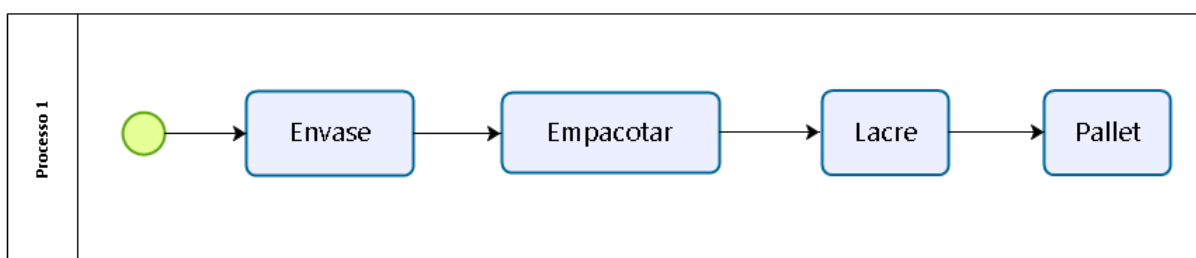
Figura 4.3 - Mapeamento do processo a vácuo 250 g e/ou 500 g



Fonte: Autoria própria

O processo de café a vácuo é composto pelas etapas de envase, ajuste de peso, compressão, vácuo e caixa. Apenas a etapa de vácuo consiste em um processo automatizado, dessa forma o processo foi considerado como totalmente manual e compactado como sendo uma única etapa. Devido ele passar pela etapa de vácuo ele contém baixa taxa de oxidação em relação ao processo de 250 g e/ou 500 g garantindo assim uma melhor qualidade.

Figura 4.4 - Mapeamento dos processos de 250 g e/ou 500 g



Fonte: Autoria própria

Os processos de 250 g e 500 g passam pelas etapas de envase, empacotamento, lacre e pallet. Durante a coleta de dados na fábrica notou-se que a máquina de envase requer uma calibragem toda vez em que é trocada a bobina de embalagem, sendo assim percebeu-se um grande desperdício de embalagem ao executar essa atividade.

Outra observação feita é sobre o processo de *blend*, na qual a máquina que faz a operação apresenta paradas não programadas. A máquina possui uma grande precisão em relação a quantidade de quilogramas. Se ela contém mais ou menos que 135 quilogramas de café, interrompe sua execução.

As máquinas empregadas no processo de moagem sofrem um desgaste a medida em que são utilizadas, o que provoca uma redução em sua capacidade produtiva.

Após a coleta de dados e as análises feitas de forma visual, houve a submissão dos dados no software *Input Analyzer*® e obteve como resultado os dados apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Análise estatística dos dados

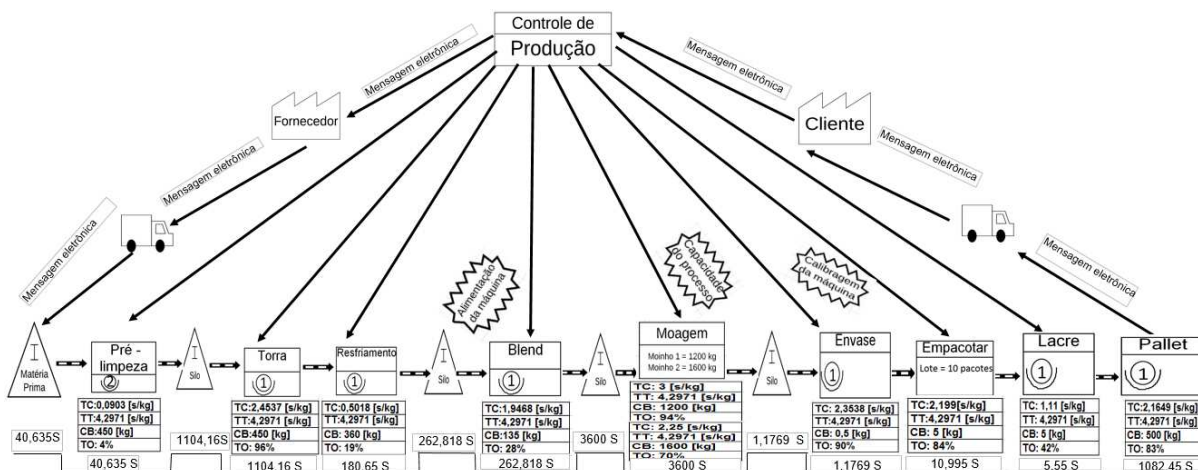
Processos	Média	Desvio Padrão	Distribuição
Torra	1,1e+003	106	Normal
Resfriamento	211,5433	63,37376	-
<i>Blend</i>	263	2,27	Beta
Envase Cru	10,0832	1,0614	Beta
Envase Torrado	16,3046	0,8017	Beta
Envase 250 g	1,0102	0,0678	<i>Erlang</i>
Envase 500g	1,17	0,0623	Normal
Pilhas 250 g	20,3041	0,8984	Triangular
Pilhas 500 g	11	0,422	Normal

Fonte: Autoria própria

O processo de resfriamento não foi submetido ao teste de distribuição, uma vez que este apresenta uma variação elevada porque é realizado de forma aleatória, todavia não interfere no processo produtivo. Portanto utilizou-se o valor da média para este processo.

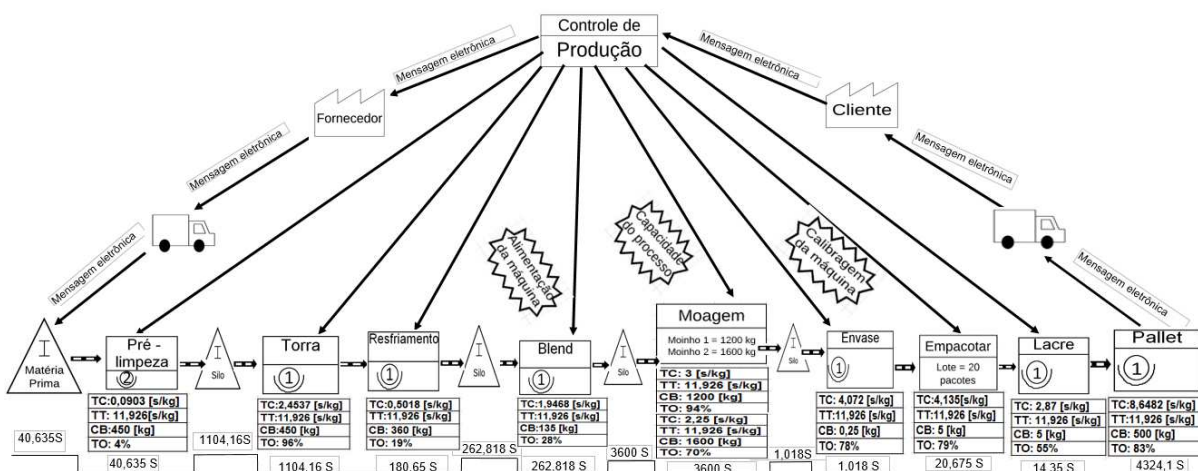
Foi elaborado o mapa de fluxo de valor para os processos de 500 g e 250 g, visto que estes possuem maior demanda. O mapa de fluxo de valor para o processo 500 g está representado na Figura 4.5 e para o processo 250 g na Figura 4.6.

Figura 4.5 - Mapa de fluxo de valor para processo 500 g



Fonte: Autoria própria

Figura 4.6 - Mapa de fluxo de valor para processo 250 g



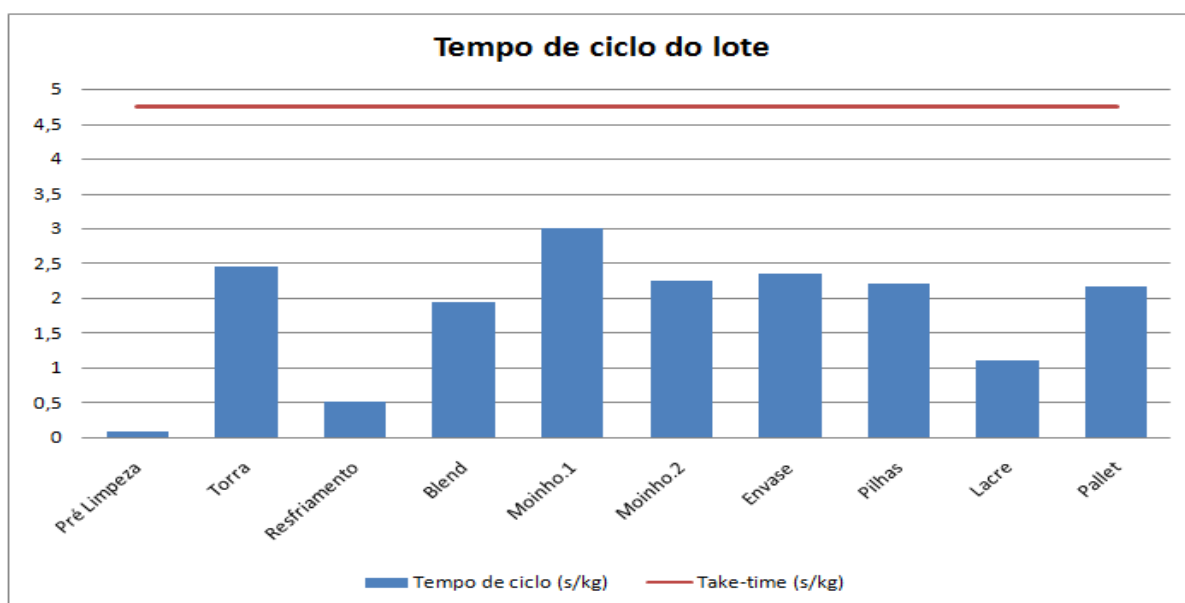
Fonte: Autoria própria

Atualmente a fábrica produz em média 25 lotes por dia com uma jornada líquida de trabalho diário de 23.580 segundos (seis horas e trinta e três minutos). Sua demanda média diária do processo de 500 g é 5.487,43 quilogramas e para o processo de 250 g é 1.977,097 quilogramas. A Figura 4.5 e Figura 4.6 exibem os mapas de fluxo de valor que evidenciam de forma específica cada etapa dos processos. Eles demonstram algumas informações que serão analisadas posteriormente: o tempo de ciclo do processo - TC, capacidade do processo - CB, takt time – TT e taxa de ocupação – TO.

Tempo de ciclo consiste no tempo que um produto gasta para terminar determinado processo (GARDONIO e FILHO, 2019). Capacidade do processo é definida como o potencial de produção de um produto ou serviço em um processo específico (DE OLIVEIRA et al, 2008). O takt-time expressa o ritmo de produção com relação a demanda. Ele é calculado pela divisão do tempo disponível de trabalho pela demanda (COSTA et al, 2018). A taxa de ocupação consiste na parcela de tempo utilizado em relação ao tempo total disponível para uso (MARINHO, 2000).

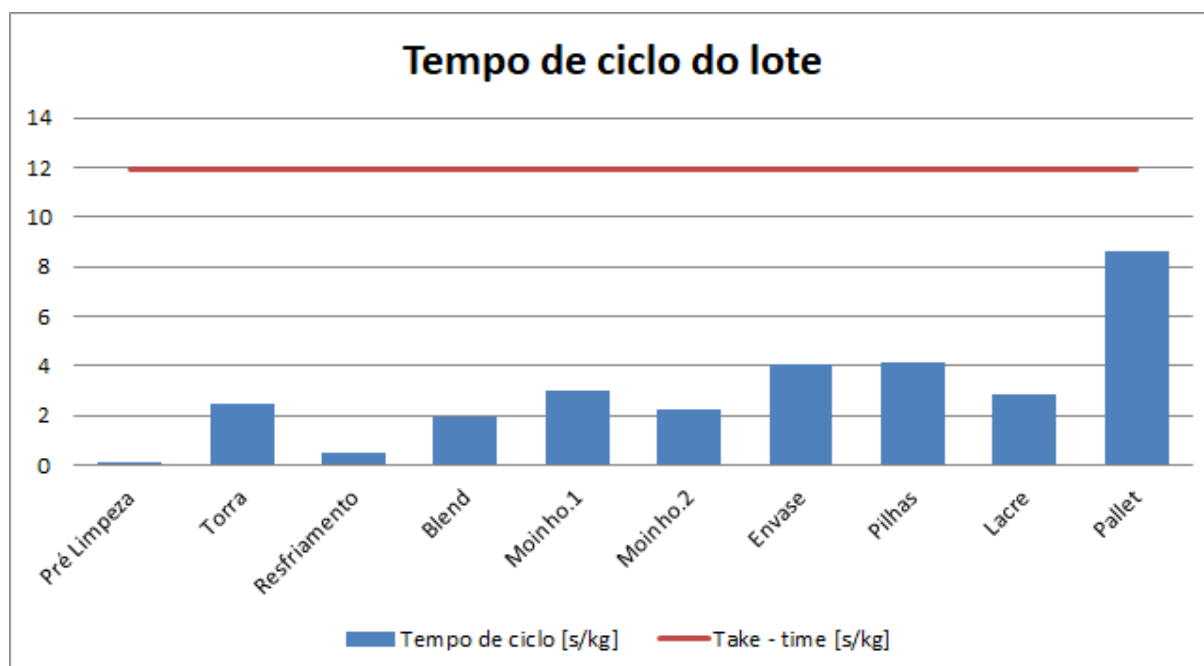
Dessa forma, foram elaborados os gráficos de análise do tempo de ciclo para os processos de 500 g e 250 g, representados na Figura 4.7 e Figura 4.8 respectivamente.

Figura 4.7 - Gráfico de análise do tempo de ciclo para processo 500 g



Fonte: Autoria própria

Figura 4.8 - Gráfico de análise do tempo de ciclo para processo 250 g



Fonte: Autoria própria

O tempo de ciclo é o período necessário para processar uma unidade, neste caso o quilograma. A Figura 4.7 e Figura 4.8 mostram a relação do tempo de ciclo de cada etapa dos processos com o *takt time*. Após relacionar esses dois parâmetros, pode-se dizer que todas as etapas do processo contêm um tempo de ciclo inferior ao *takt time*, portanto de acordo com o tempo de ciclo e o *takt time* todos os processos são capazes de atender a atual demanda.

Vale ressaltar que a ociosidade representada em ambos os gráficos somente vai acontecer nessas proporções quando a fábrica produzir uma única linha de produção, seja ela de café 500 g ou café 250 g, em uma jornada líquida diária de trabalho.

Através do mapa de fluxo de valor e do gráfico de análise do tempo de ciclo foi possível identificar prováveis melhorias para o processo de 500 g, que também se aplicam ao processo de 250 g devido à similaridade das linhas de produção. As melhorias percebidas são:

- A alimentação da máquina de *blend*, onde seria necessária uma regulagem e manutenção da pneumática da máquina para que esta consiga distribuir os grãos com exatidão de 135 quilogramas, evitando paradas não programadas;

- Aumentar a capacidade do processo de moagem, seja aumentando a rotação do motor ou trocando uma máquina por outra de capacidade superior, evitando um possível gargalo recorrente do desgaste das máquinas;
- Calibragem da máquina de envase para reduzir o desperdício de embalagem;
- Outra situação seria reduzir os equipamentos e aplicar a manutenção preventiva, ao invés da manutenção corretiva.

Na aplicação realizada, inicialmente foi utilizado a simulação de eventos contínuos por se tratar de um fluido (café) e o comportamento do sistema variar continuamente com o tempo. Posteriormente, empregou-se a simulação de eventos discretos, uma vez que o produto final já não se trataria de um fluido (pacotes de café) e seu comportamento variar em pontos discretos do tempo.

As simulações foram realizadas para cada linha de produção, considerando que a fábrica optasse por produzir somente um produto de seu mix. Houve a necessidade de padronizar o tempo da simulação, uma vez que o equipamento utilizado para realização dessa atividade não possui capacidade suficiente para acompanhar a execução do software. O período estipulado foi de um mês para todos os processos. Contudo, o processo de café a vácuo 250 g e a fábrica por completo foi utilizado o período máximo que o equipamento foi capaz de simular, sendo de 15 e 7 dias respectivamente.

Realizou-se a simulação para o processo de 500 g contando apenas a jornada líquida de trabalho e utilizando apenas o Moinho 1, cuja capacidade é de 1.200 kg por hora e obteve como resultado:

Tabela 4.2 - Simulação com Moinho 1 para processo 500 g

Moinho 1					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máxima de fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	85,985	450			
Torra	414,274	450			
Resfriamento	143,309	360			
<i>Blend</i>	73,419	135			
Moinho 1	0,664	1			
Envase			1	0	
Pilhas			1	0	
Lacre			1	0	
Pallet			0	0	
Máquina Envase					25
Máquina Pilhas					24
Operador Lacre					12
Operador Pallet					23

Fonte: Autoria própria

Posteriormente, simulou-se utilizando apenas o Moinho 2, cuja capacidade é de 1.600 kg por hora e obteve-se:

Tabela 4.3 - Simulação com Moinho 2 para processo 500 g

Moinho 2					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	91,869	450			
Torra	406,105	450			
Resfriamento	119,172	360			
<i>Blend</i>	77,975	135			
Moinho 2	0,664	1			
Envase			1	0,01	
Pilhas			1	0	
Lacre			1	0	
Pallet			0	0	
Máquina Envase					34
Máquina Pilhas					32
Operador Lacre					16
Operador Pallet					31

Fonte: Autoria própria

Por fim, simulou-se com a possibilidade de ambas as máquinas funcionarem ao mesmo tempo e obteve-se:

Tabela 4.4 - Simulação com os dois moinhos para processo 500 g

Moinho 1 + Moinho 2					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	95,851	450			
Torra	400,575	450			
Resfriamento	82,29	360			
<i>Blend</i>	87,253	135			
Moinho 1	0,64	1			
Moinho 2	0,534	1			
Envase			2	0,576	
Pilhas			1	0	
Lacre			1	0	
Pallet			0	0	
Máquina Envase					44
Máquina Pilhas					41
Operador Lacre					21
Operador Pallet					41

Fonte: Autoria própria

Após a simulação utilizando o Moinho 1 obteve a capacidade de produção de 140.190 sacos de café 500 g. A Tabela 4.2 indica que a máquina de Moinho 1 não consegue suprir a demanda de café fazendo com que todos os processos subsequentes se tornem ociosos pela falta de café. Dessa forma, o processo de moagem é um gargalo para o processo de 500 g de café.

A simulação utilizando o Moinho 2 teve como capacidade de produção 186.990 sacos de café 500 g. A Tabela 4.3 mostra que a máquina de Moinho 2 também não consegue suprir a demanda de café, embora seja um pouco mais eficiente que a outra máquina. Desse modo, o Moinho 2 também é um gargalo para o processo produtivo.

A simulação realizada com os dois moinhos atuando no processo alcançou uma capacidade de produção de 240.340 sacos de café 500 g. A Tabela 4.4 indica que as máquinas trabalhando conjuntamente conseguem melhorar um pouco o processo, entretanto permanece sendo um gargalo para o processo de 500 g.

Como proposta de melhoria elaborou-se uma simulação onde os dois moinhos funcionassem ao mesmo tempo e apresentassem a mesma capacidade, sendo no total de 3.200 kg por hora. Dessa maneira, não ocorreu gargalo no processo e houve uma produção de 280.310 sacos de café 500 g, tendo um aumento médio de aproximadamente 16% na produção.

Tabela 4.5 - Simulação com os dois moinhos e mesma capacidade para processo 500 g

Moinho 1 + Moinho 2 com capacidade de 3200 kg/h					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	95,851	450			
Torra	400,575	450			
Resfriamento	82,29	360			
<i>Blend</i>	95,032	135			
Moinho 1	0,622	1			
Moinho 2	0,622	1			
Envase			2	0,4	
Pilhas			1	0	
Lacre			1	0	
Pallet			0	0	
Máquina Envase					51
Máquina Pilhas					48
Operador Lacre					24
Operador Pallet					47

Fonte: Autoria própria.

Realizou-se a simulação para o processo de 250 g contando apenas a jornada líquida de trabalho e utilizando apenas o Moinho 1 e obteve como resultado:

Tabela 4.6 - Simulação com Moinho 1 para processo 250 g

Moinho 1					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máxima de fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	85,985	450			
Torra	414,188	450			
Resfriamento	143,318	360			
<i>Blend</i>	73,44	135			
Moinho 1	0,664	1			
Envase			1	0	
Pilhas			1	0	
Lacre			1	0	
Pallet			0	0	
Máquina Envase					22
Máquina Pilhas					22
Operador Lacre					15
Operador Pallet					23

Fonte: Autoria própria

Posteriormente, simulou-se utilizando apenas o Moinho 2 e obteve como resultado:

Tabela 4.7 - Simulação com o Moinho 2 para processo 250 g

Moinho 2					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	91,869	450			
Torra	406,105	450			
Resfriamento	119,172	360			
<i>Blend</i>	77,975	135			
Moinho 2	0,664	1			
Envase			1	0,000357	
Pilhas			1	0	
Lacre			1	0	
Pallet			0	0	
Máquina Envase					29
Máquina Pilhas					30
Operador Lacre					21
Operador Pallet					31

Fonte: Autoria própria

Por fim, simulou-se com a possibilidade de ambas as máquinas funcionarem ao mesmo tempo e obteve-se:

Tabela 4.8 - Simulação com os dois moinhos para processo 250 g

Moinho 1 + Moinho 2					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	95,851	450			
Torra	400,575	450			
Resfriamento	82,29	360			
<i>Blend</i>	87,253	135			
Moinho 1	0,64	1			
Moinho 2	0,534	1			
Envase			2	0,13	
Pilhas			1	0	
Lacre			1	0	
Pallet			0	0	
Máquina Envase					38
Máquina Pilhas					38
Operador Lacre					27
Operador Pallet					41

Fonte: Autoria própria

Em seguida, com a simulação utilizando o Moinho 1 a capacidade de produção foi de 140.220 sacos de café 250 g. A Tabela 4.6 demonstra que a máquina de Moinho 1 não é capaz de atender a demanda de café, tornando os processos posteriores ociosos pela falta de café. Sendo assim, o processo de moagem é um gargalo para o processo de 250 g de café.

Utilizando-se o Moinho 2, a capacidade de produção foi de 186.900 sacos de café 250 g. A Tabela 4.7 apresenta que a máquina de Moinho 2 também não é

capaz de atender a demanda de café, entretanto consegue ser um pouco mais eficiente que a outra máquina. Porém, o Moinho 2 também é um gargalo para o processo produtivo.

A simulação realizada com os dois moinhos simultaneamente obteve uma capacidade de produção de 240.300 sacos de café 250 g. A Tabela 4.8 exibe que neste cenário o processo apresenta uma melhoria, contudo permanece sendo um gargalo para o processo de 250 g.

Como proposta de melhoria criou-se um cenário onde os dois moinhos funcionassem ao mesmo tempo e tivessem a mesma capacidade, sendo no total de 3.200 quilogramas por hora. Desse modo, não foi identificado gargalo no processo e houve uma produção de 280.280 sacos de café 250 g, tendo um aumento médio de aproximadamente 16% na produção.

Tabela 4.9 - Simulação com os dois moinhos e mesma capacidade para processo 250 g

Moinho 1 + Moinho 2, com capacidade de 3200 kg/h					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	95,851	450			
Torra	400,575	450			
Resfriamento	82,89	360			
<i>Blend</i>	95,032	135			
Moinho 1	0,622	1			
Moinho 2	0,622	1			
Envase			2	0,3	
Pilhas			1	0	
Lacre			1	0	
Pallet			0	0	
Máquina Envase					44
Máquina Pilhas					45
Operador Lacre					31
Operador Pallet					47

Fonte: Autoria própria

Em seguida simulou-se o processo de 500 g a vácuo contando apenas a jornada líquida de trabalho e utilizando apenas o Moinho 1 e obteve como resultado:

Tabela 4.10 - Simulação com o moinho 1 para processo 500 g a vácuo

Moinho 1					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	85,988	450			
Torra	414,18	450			
Resfriamento	143,322	360			
<i>Blend</i>	73,442	135			
Moinho 1	0,664	1			
Envase			129.165	290.617,52	99

Fonte: Autoria própria

Depois, fez a simulação utilizando apenas o Moinho 2 e atingiu o seguinte resultado:

Tabela 4.11 - Simulação com o moinho 2 para processo 500 g a vácuo

Moinho 2					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	91,869	450			
Torra	406,105	450			
Resfriamento	119,172	360			
Blend	77,975	135			
Moinho 2	0,664	1			
Envase			175.909	296.851,57	99

Fonte: Autoria própria

Por fim, realizou a simulação com os dois moinhos atuando juntos no processo e resultou em:

Tabela 4.12 - Simulação com os dois moinhos para processo 500 g a vácuo

Moinho 1 + Moinho 2					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	95,851	450			
Torra	400,575	450			
Resfriamento	82,29	360			
Blend	87,254	135			
Moinho 1	0,64	1			
Moinho 2	0,534	1			
Envase			229.289	300.879,12	99

Fonte: Autoria própria

Todas estas simulações apresentaram a mesma capacidade de produção, sendo de 11.084 sacos de café a vácuo 500 g. Todavia, a diferença entre elas está no tempo e na quantidade de café em espera para ser envasado. Isso demonstra que o processo artesanal não consegue acompanhar a linha de produção que é automatizada. Sendo assim, o processo de envase é um gargalo para o processo de café a vácuo 500 g.

Pode-se observar que como o processo de café a vácuo é um processo artesanal, uma sugestão de proposta de melhoria seria a de automatizar todo o processo. Para isso, criou-se um cenário onde o processo seria automatizado com um tempo de processamento de 20 segundos, e teve como resultado:

Tabela 4.13 - Simulação processo 500 g a vácuo automatizado

Automatizado					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	85,992	450			
Torra	414,713	450			
Resfriamento	143,325	360			
<i>Blend</i>	73,444	135			
Moinho 1	0,664	1			
Envase			98.178	220.889,87	99

Fonte: Autoria própria

Com o processo automatizado, a capacidade de produção foi de 42.076 sacos de café a vácuo, gerando um aumento de aproximadamente 279%. No entanto, o custo para automatizar um processo é bastante elevado e considerando uma baixa demanda pelo produto seria necessário fazer uma análise de investimento.

Posteriormente realizou a simulação para o processo de café a vácuo 250 g para o Moinho 1, Moinho 2, ambos os moinhos e automatizado respectivamente.

Tabela 4.14 - Simulação com o moinho 1 para processo 250 g a vácuo

Moinho 1					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	92,604	450			
Torra	405,363	450			
Resfriamento	104,905	360			
<i>Blend</i>	76,281	135			
Moinho 1	0,662	1			
Envase			146.347	164.639,23	99

Fonte: Autoria própria

Tabela 4.15 - Simulação com o moinho 2 para processo 250 g a vácuo

Moinho 2					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	96,171	450			
Torra	400,411	450			
Resfriamento	82,188	360			
<i>Blend</i>	81,669	135			
Moinho 2	0,662	1			
Envase			198.390	167.382,89	99

Fonte: Autoria própria

Tabela 4.16 - Simulação com os dois moinhos para processo 250 g a vácuo

Moinho 1 + Moinho 2					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	96,171	450			
Torra	400,411	450			
Resfriamento	82,188	360			
<i>Blend</i>	93,603	135			
Moinho 1	0,638	1			
Moinho 2	0,532	1			
Envase			257.747	169.090,90	99

Fonte: Autoria própria

Tabela 4.17 - Simulação processo 250 g a vácuo automatizado

Automatizado					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máximo da fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	92,604	450			
Torra	405,363	450			
Resfriamento	104,903	360			
<i>Blend</i>	76,279	135			
Moinho 1	0,662	1			
Envase			60.492	136.106,74	99

Fonte: Autoria própria

Pode-se observar que o processo de café a vácuo 250 g se comporta de maneira similar ao processo a vácuo 500 g. As capacidades máximas para os três primeiros cenários foram de 9.576 sacos. Portanto, simulou-se uma possível melhoria, onde o processo seria automatizado e com ele obteve uma produção de 17.562 sacos, sendo um aumento de 83%.

Foi realizada a simulação para o processo de café cru, que é uma linha de produto criada para atender um público específico, que já é fidelizado da empresa. Sua capacidade de produção foi de 62.864 sacos, e apresenta um processo sem gargalo e sua demanda é relativamente baixa.

Logo após, foi realizado a simulação para o processo de café torrado e o resultado alcançado foi:

Tabela 4.18 - Simulação processo torrado

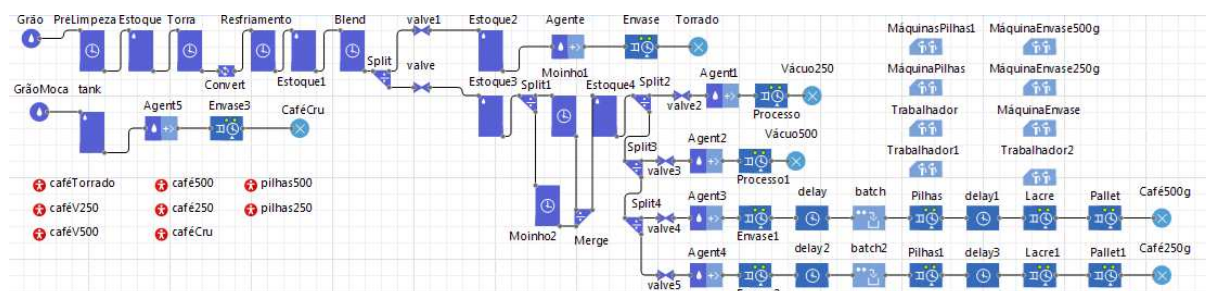
Processo torrado 5 kg - 22 dias - 633600 s					
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Tamanho máxima de fila	Tempo médio de espera (s)	Utilização (%)
Pré Limpeza	95,851	450			
Torra	400,575	450			
Resfriamento	82,29	360			
<i>Blend</i>	95,032	135			
Envase			9	67,032	72

Fonte: Autoria própria

Observou-se com a simulação do processo torrado a ausência de gargalos durante a linha de produção do mesmo e de acordo com o período simulado atingiu-se uma capacidade produtiva de 28.090 sacos de café torrado 5 kg.

Por fim, criou-se um cenário onde todas as linhas de produção existentes na fábrica estivessem produzindo ao mesmo tempo. A produção de cada linha foi baseada em sua respectiva demanda atual. O diagrama utilizado na simulação da fábrica está exibido na Figura 4.9:

Figura 4.9 - Diagrama da simulação da fábrica



Fonte: Autoria própria

A Tabela 4.19 mostra as capacidades produtivas de cada processo, assim como a taxa de utilização de cada máquina e operador.

Tabela 4.19 - Simulação fábrica

Fábrica				
Processos	Média (kg)	Máximo (kg)	Utilização (%)	Capacidade máxima - Sacos
Pré Limpeza	96,858	450		
Torra	400,184	450		
Resfriamento	81,595	360		
<i>Blend</i>	94,299	135		
Moinho 1	0,631	1		
Moinho 2	0,527	1		
Processo Torrado				1.132
Processo Vácuo 250 g				207
Processo Vácuo 500 g				309
Processo 500 g				40.030
Processo 250 g				40.880
Processo Cru				31
Máquina Envase			11	
Máquina Envase 1			28	
Máquina Envase 2			25	
Máquina Pilhas 1			26	
Máquina Pilhas 2			25	
Operador Vácuo			15	
Operador Lacre			31	
Operador Pallet			53	

Fonte: Autoria própria

Com as simulações realizadas utilizando todos os recursos disponíveis da fábrica foi possível encontrar as capacidades de produção de cada linha de produção, sendo de 240.340 sacos de café 500 g, 240.300 sacos de café 250 g, 11.084 sacos de café a vácuo 500 g, 9.576 sacos de café a vácuo 250 g, 28.090 sacos de café torrado e 62.864 sacos de café cru. A simulação da fábrica com todas as linhas de produção operando alcançou um resultado de 40.030 sacos de café 500 g, 40.880 sacos de café 250 g, 309 sacos de café a vácuo 500 g, 207 sacos de café a vácuo 250 g, 1.132 sacos de café torrado e 31 sacos de café cru.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da iteração entre universidade e empresa foi possível conhecer toda a instalação da fábrica e o modo de operação da mesma. Assim criou-se o mapeamento da fábrica, o que permitiu uma melhor visualização do processo produtivo e definição de início e término de cada operação. Com isso, realizou-se a

coleta de dados, que auxiliou na construção do mapa de fluxo de valor. Os dados coletados foram submetidos a uma análise estatística para entender qual o comportamento de cada processo. Logo após, elaborou-se a simulação. Portanto, todos os objetivos propostos pela pesquisa foram alcançados.

Com o resultado obtido através das simulações realizadas pode-se perceber que os processos de café 250 g e 500 g possuem um gargalo no processo de moagem. Enquanto que os dois processos a vácuo apresentam gargalo no processo de envase, visto que é um processo artesanal. Assim todas as atividades subsequentes a esses processos não conseguem ser executadas, fazendo com que a produtividade seja abaixo do seu potencial. A simulação da fábrica não indicou nenhum gargalo, uma vez que foi feito baseado na demanda de cada produto.

Para a realização desta pesquisa encontrou-se como limitação o equipamento disponível, que possui o sistema operacional *Windows* e processador Intel® Core™ i5, não possuindo capacidade suficiente para executar o software. Dessa forma, houve a necessidade de limitar o período da simulação e não foi possível realizar a simulação 3D, que havia sido planejada.

Uma análise que poderá ser abordada futuramente é a de viabilidade econômica para melhoria dos processos. Outra análise é a possibilidade de conquistar novos clientes tendo em vista que a capacidade de produção é excedente a demanda atual.

REFERÊNCIAS

- 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: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v9n2/v9n2a05.pdf>> Acesso em: 09 jul. 2019.
- BRITO, Thiago B. **Aplicabilidade da Simulação Híbrida em Sistemas Logísticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.
- CADIOLI, Luiz P.; PERLATTO, Leonardo. **Mapeamento do Fluxo de Valor: uma ferramenta da produção enxuta**. Vol. 2, nº. 3. Anuário da Produção Acadêmica Docente, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.pgsskroton.com.br/bitstream/123456789/1573/1/v.2,%20n.3,%202008-369-389.pdf>> Acesso em: 10 jul. 2019.
- CORRAR, Luiz J.; et al. **Pesquisa Operacional para Decisão em Contabilidade e Administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. **Administração de Produção e de Operações**. São Paulo: Atlas, 2005.
- CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. **Administração de Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- DAVIS, Mark M.; et al. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- DE OLIVEIRA, M. L. R.; et al. **Classificação da capacidade produtiva de povoamentos não desbastados de clones de eucalipto**. Vol. 43. Brasília, Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2008. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/975/5557>> Acesso: 11 jul. 2019.
- ELIAS, Sérgio J.; et al. **Mapeamento do Fluxo de Valor: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Gesso**. Vol. 4, n. 1. Revista ADMpg Gestão Estratégica, 2011. Disponível em: <<http://www.admpg.com.br/revista2011/artigos/5.pdf>> Acesso em: 10 jul. 2019.
- GAITHER, N; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2002.
- GARDONIO, P. C. M.; FILHO, J. R. de F. **A utilização da ferramenta de mapeamento do fluxo de valor (MFV) para melhoria de processos: estudo de caso em uma empresa do setor naval**. Vol. 1. Curitiba, Brazilian Journal of Business, 2019. Disponível em: <<http://www.brjd.com.br/index.php/BJB/article/view/2327/2339>> Acesso em: 11 jul. 2019.
- HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introduction to operations research**. 10. ed. Stanford University: McGraw-Hill Education, 2014.
- KRAJEWSKI, Lee J.; et al. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- LIKER, Jeffrey K.; MEIER, David. **O modelo toyota: manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007. (TRADUÇÃO)
- LOESCH, C.; HEIN, N. **Pesquisa operacional: fundamentos e modelos**. São Paulo: Saraiva, 2009.
- LUSTOSA, Leonardo; et al. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. (TIRAGEM)

MAGALHÃES, Moniely A. **Aplicação do Mapa de Fluxo de Valor: estudo de caso em uma indústria láctea.** Universidade Federal de Uberlândia, 2018. Disponível: <<http://clyde.dr.ufu.br/bitstream/123456789/22124/1/AplicacaoMapaFluxo.pdf>> Acesso em: 10 jul. 2019.

MARINHO, Alexandre. **Hospitais Universitários: Indicadores de Utilização e Análise de Eficiência.** Rio de Janeiro, IPEA, 2000. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/2178>> Acesso em: 11 jul. 2019.

PALADINI, Edson P.; et al. **Gestão da qualidade: teoria e casos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

PRADO, D. **Usando o Arena em Simulação.** 2. ed. Belo Horizonte: INDG, 2004.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em: <https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf> Acesso em: 10 jul. 2019.

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

STAUDT, F. H. et al. **Determinação da capacidade real necessária de um processo produtivo utilizando cadeia de Markov.** Vol.21. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/v21n4/aop_t6_0005_0238.pdf> Acesso em: 09 jul. 2019.

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

COSTA, Ivan J. S.; et al. **Aplicação de fluxo contínuo no processo de produção: um estudo de campo na fábrica de massas Scayners Ltda.** Vol. 4. Curitiba, Brazilian Journal of Business, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/329125033_Aplicacao_de_fluxo_continuo_no_processo_de_producao_um_estudo_de_campo_na_fabrica_de_massas_Scayners_Ltda> Acesso em: 11 jul. 2019.