

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

CARLOS JOSÉ DOS SANTOS JUNIOR

**PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO POR MEIO DA SIMULAÇÃO  
COMPUTACIONAL NA FÁBRICA TEMPEROS DE MAINHA**

Cruz das Almas - BA

2022

CARLOS JOSÉ DOS SANTOS JUNIOR

**PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO POR MEIO DA SIMULAÇÃO  
COMPUTACIONAL NA FÁBRICA TEMPEROS DE MAINHA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Gilmar  
Emanoel Silva de Oliveira.

Cruz das Almas - BA

2022

CARLOS JOSÉ DOS SANTOS JUNIOR

**PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO POR MEIO DA SIMULAÇÃO  
COMPUTACIONAL NA FÁBRICA TEMPEROS DE MAINHA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aprovada em: 03/08/2022

EXAMINADORES:

Professor Me. Gilmar Emanuel Silva de Oliveira

Orientador

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Documento assinado digitalmente

GILMAR EMANOEL SILVA DE OLIVEIRA

Data: 16/09/2022 04:48:01-0300

Verifique em <https://verificador.itl.br>

---

Professora Dra. Jania Betania Alves da Silva

Examinadora

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

*Jania Betania Alves Da Silva*

---

Professor Carlos Alberto Tosta Machado

Examinador

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

*Carlos Alberto Tosta Machado*

---

Cruz das Almas - BA

2022

## RESUMO

O mercado se tornou competitivo e as empresas necessitam adequar-se à crescente variedade na demanda dos consumidores. As micro e pequenas empresas assumem papel importante para as economias locais e regionais, contudo esses empreendimentos costumam sofrer com o fechamento precoce, devido à falta de gestão e planejamento. Assim, a estruturação e padronização dos processos produtivos se tornam essenciais para garantir a qualidade dos produtos e/ou serviços. Este estudo de caso teve como finalidade aprofundar o conhecimento no processo produtivo de uma fábrica de temperos e propor melhorias que servirão como base para o planejamento estratégico da empresa. Foi realizado o estudo de tempos das operações através da cronoanálise e simulações computacionais do processo produtivo com o *software* Arena® a fim de identificar melhorias no processo. Com a simulação 01, constatou-se que com a capacidade produtiva atual, a produção não conseguirá atender a demanda desejada. Na simulação 02, com a adição de um colaborador, houve diminuição do tempo médio em torno de 37 minutos. Na simulação 03, com a aquisição de mais um colaborador, o tempo médio diminuiu em torno de 25 minutos em comparação com a simulação 02, resultando em aproximadamente, 35,5 mil produtos produzidos mensalmente. Logo, a capacidade produtiva da empresa aumentou em 79,7%, sendo capaz de atender a demanda estimada. A simulação computacional se mostrou uma ferramenta muito importante para auxiliar na tomada de decisão em relação aos processos produtivos, de forma inteligente e rápida, sendo um diferencial no mercado competitivo atual.

**Palavras-chave:** Cronoanálise; Simulação computacional; Capacidade produtiva.

## ABSTRACT

The market becomes competitive and companies can offer to growing consumers. As micro and small enterprises assume an important role for local and regional economies, however, these enterprises will suffer from early closure, due to lack of management and early planning. Thus, the structuring and protection of production processes make services essential to guarantee the quality of products and/or. This case study aimed to deepen knowledge in the production process of a spice factory and propose that they will serve as a basis for the company's strategic planning. The study of operation times was carried out through chronoanalysis and computer simulations of the production process with the Arena® software. With a simulation 01, desired1 it is assumed that with a production will not meet the demand. In simulation 02, with the addition of a collaborator, there was an increase in time by around 37 minutes. In 03 with the acquisition of one more employee, the time of approximately one thousand minutes approximately around 02, compared to simulation 02, resulting in monthly products. Therefore, the company's production capacity increased by 79.7%, being able to meet an estimated demand. Computer simulation proved to be a very important tool to assist in decision making in relation to production processes, in an intelligent and fast way, being a differential in the current competitive market.

**Keywords:** Chronoanalysis; Computer simulation; Productive capacity.

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de produção contínuo .....	16
Figura 2. Sistema de produção em massa.....	18
Figura 3. Sistema de produção em lotes. ....	19
Figura 4. Sistema de produção sob encomenda.....	20
Figura 5. Etapas para o desenvolvimento de um <i>layout</i> .....	23
Figura 6. Vantagens e desvantagens do <i>layout</i> posicional. ....	24
Figura 7. Exemplo de <i>layout</i> por produto .....	25
Figura 8. Vantagens e desvantagens do <i>layout</i> por produto.....	25
Figura 9. Exemplo de <i>layout</i> por processos.....	26
Figura 10. Vantagens e desvantagens do <i>layout</i> por processos.....	26
Figura 11. Exemplo de <i>layout</i> celular.....	27
Figura 12. Vantagens e desvantagens do <i>layout</i> celular. ....	27
Figura 13. Exemplo de <i>layout</i> misto.....	28
Figura 14. Exemplo de gargalo de um sistema.....	29
Figura 15. Etapas do modelo de previsão da demanda.....	31
Figura 16. Faixas de eficiência. ....	35
Figura 17. Processos do Arena.....	40
Figura 18. Processos do Arena.....	41
Figura 19. Fluxograma das etapas da pesquisa. ....	43
Figura 20. À esquerda o liquidificador industrial, no meio a seladora e a direita o misturador.....	44
Figura 21. Sal temperado de Mainha.....	45
Figura 22. <i>Layout</i> atual do setor de produção de temperos.....	46
Figura 23. Fluxograma das etapas de produção.....	47
Figura 24. Coeficientes de distribuição normal e número de cronometragens .....	48
Figura 25. Modelo lógico-matemático da Tempero de Mainha .....	53
Figura 26. Tela de configuração inicial do <i>Create</i> .....	54
Figura 27. Fluxograma em simulação.....	55
Figura 28. Tela de configuração dos processos. ....	56
Figura 29. Relatório com a quantidade de entradas e saídas de lotes (1ª simulação). ....	57

Figura 30. Gráfico da porcentagem de utilização dos recursos (1ª simulação).....	57
Figura 31. Quantidade de entradas e saídas de lotes (2ª simulação)....	58
Figura 32. Gráfico da porcentagem de utilização dos recursos (2ª simulação).....	59
Figura 33. Quantidade de entradas e saídas de lotes (3ª simulação)....	59
Figura 34. Gráfico da porcentagem de utilização dos recursos (3ª simulação).....	60

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Cronometragem das operações.....	48
Tabela 2 - Número de cronometragens (N) para cada operação.....	49
Tabela 3 - Operações e tempos normais.....	50
Tabela 4 - Operações e tempos padrões.....	51
Tabela 5 - Valores da média e desvio padrão das operações. ....	54
Tabela 6 - Tempos de produção de um lote de produtos.....	60

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	11
2	OBJETIVOS.....	13
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3.1	ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO .....	14
3.2	SISTEMAS PRODUTIVOS.....	15
3.2.1	Os sistemas contínuos .....	16
3.2.2	Os sistemas em massa .....	17
3.2.3	Os sistemas em lotes .....	18
3.2.4	Os sistemas sob encomenda .....	20
3.3	LAYOUT.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.3.1	Objetivos do <i>layout</i> .....	21
3.3.2	Desenvolvimento do <i>layout</i> .....	22
3.3.3	Tipos de <i>layout</i> .....	23
3.4	GARGALOS .....	28
3.5	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	29
3.5.1	Análise e previsão de demanda .....	30
3.6	ESTUDO DOS TEMPOS E MOVIMENTOS.....	32
3.7	CRONOANÁLISE .....	32
3.7.1	Determinação do número de ciclos a serem cronometrados 33	
3.7.2	Avaliação do ritmo do operador.....	34
3.7.3	Determinação do tempo normal de trabalho .....	35
3.7.4	Tolerâncias.....	36
3.7.5	Cálculo do tempo padrão .....	37
3.7.6	Capacidade produtiva.....	38
3.8	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL .....	38

3.8.1	Simulação computacional utilizando o <i>software</i> Arena.....	39
4	METODOLOGIA .....	42
4.1	CAMPO DE ESTUDO .....	43
4.2	PROCESSO PRODUTIVO .....	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
5.1	MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO .....	47
5.2	NÚMERO DE CICLOS CRONOMETRADOS.....	47
5.3	AVALIAÇÃO DO RITMO DO OPERADOR .....	50
5.4	DETERMINAÇÃO DO TEMPO NORMAL .....	50
5.5	DETERMINAÇÃO DO TEMPO PADRÃO .....	50
5.6	CALCULO DA CAPACIDADE PRODUTIVA .....	51
5.7	SIMULAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO NO ARENA.....	52
5.7.1	Como simular .....	52
6	CONCLUSÃO .....	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
	APÊNDICE A – Tabela das cronometragens do processo produtivo.....	67

## 1 INTRODUÇÃO

As micro e pequenas empresas no Brasil realizam um papel essencial na economia, desde a geração de emprego até no impacto expressivo na renda em nível nacional.

A sobrevivência destas perpassam por adequação à crescente variedade na demanda dos consumidores, fornecendo seus produtos em tempos recordes de produção, com qualidade e a preço que agradem os clientes, pois o atual cenário é de alta competição e não permite que a empresa falhe, desperdiçando seus recursos.

O setor de temperos apresenta forte potencial de crescimento nos próximos anos, uma vez que é expressiva o enaltecimento da gastronomia e da harmonização entre alimentos e bebidas, além da valorização de ingredientes regionais. Isso se deve às melhores condições socioeconômicas da população brasileira, que cada vez mais valoriza a qualidade gastronômica dos pratos preparados e busca sabores diferenciados para suas refeições.

Os temperos e condimentos movimentam negócios no valor de US\$ 15 bilhões por ano, no mercado mundial. No caso do Brasil, a participação nesse mercado ainda é tímida, atuando muito mais como comprador do que como vendedor, porém o setor de temperos é promissor no Brasil, com um aumento de mais de 14% do valor em exportações na comparação com 2019 e 2020, segundo dados do Ministério da Agricultura.

Neste cenário que apresenta um crescimento significativo, encontra-se a Tempero de Mainha, uma empresa que está localizada na região do Recôncavo Baiano, na cidade de Cruz das Almas. Trata-se de um empreendimento individual que surgiu com a necessidade de uma demanda local por um produto de qualidade e com preço justo. A empresa fabrica e comercializa temperos prontos a base de ingredientes naturais e devido à crescente demanda, a otimização dos processos produtivos se torna essencial para garantir a empresa neste mercado competitivo.

Segundo Barnes (1977), o “Estudo de Tempos” teve sua origem na oficina mecânica de *Midvale Steel Company* em 1881 cujo criador foi Frederick Taylor.

A partir de então, empresas passaram a adotar métodos que facilitam a medição dos tempos e movimentos para melhorar seus processos de produção. O estudo do tempo é uma ferramenta avançada de qualidade que consiste no estudo de tempos e movimentos em uma linha de produção ou atividade logística, com o objetivo de otimizar processos e, conseqüentemente, melhorar a produção.

No contexto em que a Temperos de Mainha está inserida, entende-se que é necessário aumentar sua produtividade para atender a demanda dos seus clientes mantendo a qualidade dos seus produtos. Com isso, para os estudos do planejamento produtivo da empresa em questão, propôs-se neste trabalho a realização da cronoanálise para obter o tempo de cada processo, definir a capacidade produtiva por produtos e realizar simulações computacionais através do *software* Arena para identificar possíveis melhorias no processo produtivo.

## 2 OBJETIVOS

Objetivo geral:

- Realizar o planejamento de produção da fábrica Tempero de Mainha.

Objetivos específicos:

- Implantar o estudo dos tempos por meio da cronoanálise;
- Identificar os gargalos no setor produtivo;
- Analisar os dados da simulação computacional;
- Identificar a capacidade produtiva da empresa;
- Apresentar o planejamento da produção.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

A administração da produção é a área que utiliza de conceitos e técnicas administrativas que serão empregadas para a produção de bens e serviços. Segundo Slack et al. (2002), qualquer operação produz bens e/ou serviços ou um misto dos dois através de um processo de transformação. Esse processo de transformação é usado para descrever a natureza da produção e consiste em transformar recursos de entrada (*inputs*) em produtos acabados (*outputs*). Toda atividade produtiva pode ser descrita pelo modelo de Transformação: *input* – transformação – *output*, onde *input* são os materiais iniciais, os quais após passarem por uma transformação serão *outputs* (SLACK et al., 2002).

Segundo Slack et al. (2002), para que se entenda a contribuição da função produção deve-se compreender qual papel se espera que a produção desempenhe dentro da organização, e quais objetivos de desempenho específicos à organização utiliza para avaliar tal desempenho e sua contribuição para a estratégia organizacional.

A produção deve ser bem administrada de forma que cumpra as seguintes funções:

- Servir como apoio para a estratégia empresarial;
- Servir como implementadora da estratégia empresarial;
- Servir como impulsionadora da estratégia empresarial.

Slack *et al.* (2002) afirma que são cinco, os objetivos mais amplos que as operações produtivas necessitam para alcançar desempenho:

1. Qualidade: evitar erros, fazer corretamente de acordo com as especificações;
2. Rapidez: minimizando o tempo entre a solicitação do consumidor e a entrega dos bens ou serviços;

3. Confiabilidade: entregar conforme solicitado e no prazo determinado;
4. Flexibilidade: estar em condições de mudar ou se adaptar as atividades de produção para enfrentar situações inusitadas;
5. Custo: reduzir custos, produzir bens e serviços com preço justo para o mercado e ainda permitir retorno financeiro para a empresa.

### 3.2 SISTEMAS PRODUTIVOS

As organizações empresariais são tratadas e analisadas como sistemas que transformam insumos (entradas) em produtos (saídas), sendo eles bens e/ou serviços ou um misto dos dois. Esse sistema é conhecido como sistema produtivo (TUBINO, 2009).

Segundo Tubino (2009), quando o produto fabricado é algo palpável, como um ventilador, um computador ou uma bola, podendo ser tocado e visto, diz que o sistema produtivo é uma manufatura de bens. Quando o produto gerado é intangível, podendo apenas ser sentido, como um filme ou uma consulta médica, diz que essa produção é um prestador de serviço.

Tanto a prestação de serviço quando a manufatura de bens é igual no aspecto de transformar o insumo em um produto útil para o cliente através da aplicação de um sistema produtivo. Porém, existem diferenças no modo que essas atividades são executadas, visto que a manufatura de bens é voltada para o produto, enquanto a prestação de serviço é voltada para a ação. Apesar de existirem diferenças, as classificações que irão ser descritas para manufatura de bens, podem também ser empregadas no gerenciamento do sistema voltado para serviços (TUBINO, 2009).

De acordo com Tubino (2009), a classificação dos sistemas produtivos tem como finalidade facilitar o entendimento das características de cada sistema de produção e sua relação com as atividades de planejamento e controle desses sistemas.

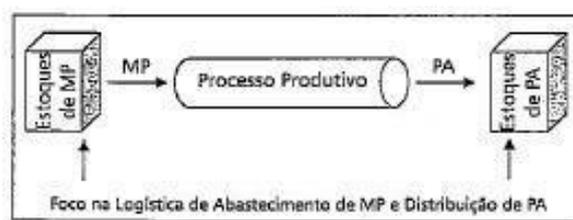
### 3.2.1 Os sistemas contínuos

De acordo com Tubino (2009), os sistemas de produção são ditos contínuos quando existe alta uniformidade na produção e demanda de bens ou serviços, favorecendo a automatização do processo. É chamado de contínuo, pois não se consegue distinguir uma unidade das demais produzidas. Devido a automação, a flexibilidade para mudança de produto nesse processo é baixa.

Está classificada dentro desse grupo a produção de bens de base, como petróleo, produtos químicos, energia elétrica, etc. Estão dentro também alguns serviços como serviços fornecidos via internet, ar condicionado, aquecimento, limpeza e entre outros. Os sistemas contínuos possuem o *lead time* (é o tempo desde que o cliente fez o pedido até o produto chegar em suas mãos) produtivo baixo, com isso, a maioria das empresas coloca estoques desses produtos à disposição dos clientes, pois sua venda é garantida. Desta forma, o tempo entre os processos é praticamente nulo, diluindo os altos custos fixos aplicados, chegando a custos de produção baixos (TUBINO, 2009).

Segundo Tubino (2009), no sistema contínuo há uma grande quantidade de estoques de uma pequena variedade de matérias-primas (MP) na entrada do sistema e uma grande quantidade de estoques de uma pequena variedade de produtos acabados (PA). O processo produtivo consiste em um sistema de transformação no qual, as várias etapas estão bem niveladas, não exigindo acréscimo de estoque durante o processo. A Figura 1 ilustra a estrutura de um sistema de produção contínuo.

Figura 1. Sistema de produção contínuo.



Fonte: Tubino (2009).

### 3.2.2 Os sistemas em massa

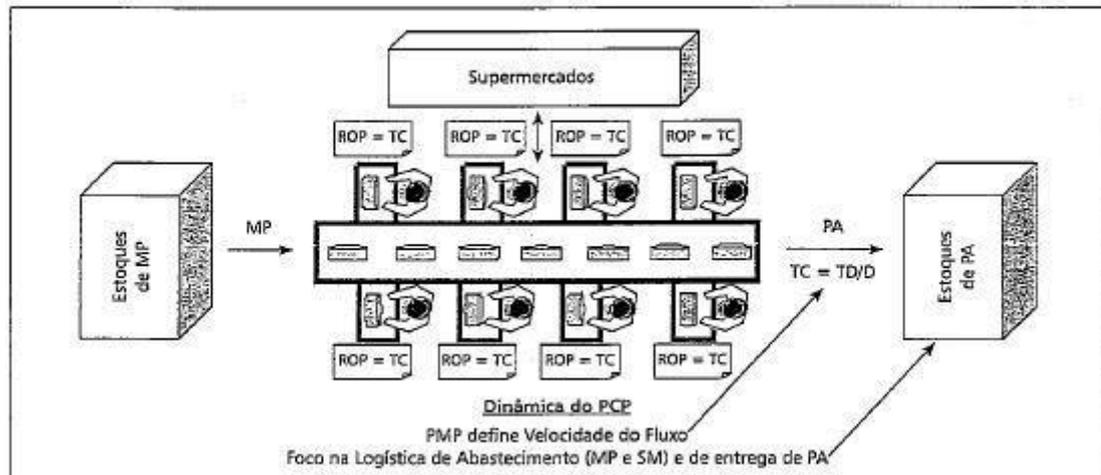
Os sistemas de produção em massa possuem semelhanças com o sistema contínuo, pois são empregados na produção em grande escala de produtos padronizados, porém no sistema contínuo, os produtos não são passíveis de automatização, exigindo mão de obra especializada na transformação do produto. Podem se classificar dentro do sistema de produção em massa as empresas com suas linhas de montagem, como as montadoras de automóveis, eletrodomésticos, abates de aves, suínos e gado e a prestação de serviço em grande escala como o transporte aéreo (TUBINO, 2009).

A demanda por produtos produzidos sobre sistemas em massa é estável, fazendo com que o processo produtivo sofra poucas alterações a curto prazo, possibilitando a montagem de uma linha produtiva altamente especializada e com pouca flexibilidade. Nesse sistema produtivo, a variação entre os produtos acabados ocorre apenas em termos da montagem final, sendo todo o processo padronizado para permitir a produção em grande escala (TUBINO, 2009).

Assim como nos sistemas contínuos, nos sistemas em massa o *lead time* (é o tempo desde que o cliente fez o pedido até o produto chegar em suas mãos) produtivo baixo, por serem produzidos poucas variações de produtos com demanda alta. O volume alto de produção faz com que os custos fixos sejam diluídos e os custos variáveis das matérias-primas e componentes, negociados em grandes lotes, também sejam menores, resultando em um custo final baixo. No sistema de produção em massa, o foco é sempre melhor o desempenho da produção e reduzir os custos associados (TUBINO, 2009).

Segundo Tubino (2009), a Figura 2 demonstra a estrutura típica de um sistema de produção em massa, onde há uma grande quantidade de estoques de matérias-primas (MP) na entrada do sistema, nos chamados supermercados de abastecimento. Já na saída, existe outra quantidade de estoque de uma pequena variedade de produtos acabados (PA).

Figura 2. Sistema de produção em massa.



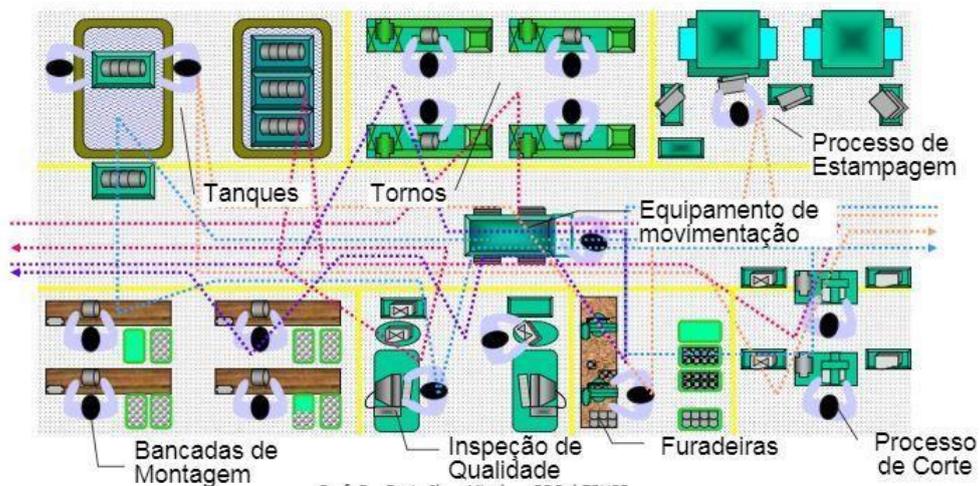
Fonte: Tubino (2009).

O processo produtivo em massa consiste em uma linha de montagem, ou várias, em que os operadores são encarregados de executar um conjunto de atividades produtivas, chamadas de rotinas de operações-padrão (ROP) no produto dentro de um tempo de ciclo (TC). O TC é a variável de controle desse sistema produtivo, ele ditará o ritmo de saída dos produtos montados na linha, e é obtido pela divisão do tempo disponível de trabalho (TD) pela demanda (D) a ser atendida pela linha (TUBINO, 2009).

### 3.2.3 Os sistemas em lotes

Os sistemas produtivos em lotes se caracterizam por produzirem um volume médio de bens ou serviços em lotes, sendo que cada lote é programado à medida que as operações anteriores forem sendo realizadas, como pode ser visto na Figura 3 (TUBINO, 2009).

Figura 3. Sistema de produção em lotes.



Fonte: Miyake (2005).

De acordo com Tubino (2009), o sistema produtivo em lotes deve ser flexível visando atender diferentes pedidos, com mão de obra polivalente, empregando equipamentos pouco especializados agrupados em centros de trabalho identificados como departamentos. Como existem muitos tempos de espera dos lotes (em filas entre os lotes, em programação, nos setups, etc.), logo o *lead time* produtivo é maior do que o do sistema em massa, bem como os custos dessa forma de organização.

Esse sistema de produção também é conhecido como produção descontínua, porque o material se acumula na frente de cada um dos processos de produção. Cada uma das etapas do processo de produção é aplicada ao mesmo tempo a um lote completo de itens. Esse lote não passa para o próximo estágio do processo de produção até que todo o lote seja produzido (BAGGA, 2013).

Segundo Tubino (2009), o sistema de produção em lote é usado para reduzir o custo por hora de cada um dos processos, considerando que quanto maior a quantidade de peças produzidas por um determinado processo, mais o custo por hora é reduzido. No entanto, ele não leva em consideração o tempo ocioso devido à falta de material e ao acúmulo de estoque em andamento.

O sistema de produção em lotes possui vantagens e desvantagens, como uma das vantagens tem que a produção em lotes é boa para o controle de qualidade. Por exemplo, se houver um erro no processo, ele poderá ser resolvido sem tantas perdas, comparado à produção em massa. E como uma das

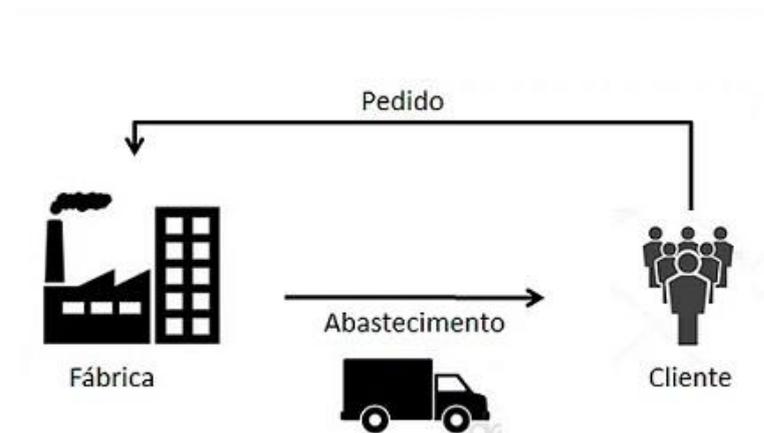
desvantagens, existe um período de inatividade entre os lotes individuais, durante o qual a configuração do maquinário é alterada. Isso faz com que a produtividade pare completamente (BAGGA, 2013).

#### 3.2.4 Os sistemas sob encomenda

Tem como finalidade a montagem de um sistema produtivo voltado para atender as necessidades dos clientes. O produto é acertado diretamente com os clientes, assim suas especificações impõem uma organização do projeto para que tudo seja preparado antecipadamente no desenvolvimento do produto. Esse sistema de produção exige, em termos de critérios, a montagem de um plano de produção, alta flexibilidade dos recursos produtivos focados no atendimento. Exemplos de sistemas de produção sob encomenda estão a fabricação de navios, aviões, máquinas e ferramentas (TUBINO, 2009).

Como na Figura 4, os sistemas sob encomenda organizam seus recursos produtivos por centros de trabalho ou departamentos com foco na função executada (TUBINO, 2009).

Figura 4. Sistema de produção sob encomenda.



Fonte: Miyake (2005).

Segundo Tubino (2009), os atrasos nas encomendas são o grande desafio desse sistema de produção. A demora na entrega não só compromete a

reputação de quem se dispõe a trabalhar nesse segmento, mas compromete a reputação da empresa como todo.

Para a empresa em estudo, a Tempero de Mainha, o sistema produtivo adotado é em lotes.

### 3.3 LAYOUT

Segundo Figueiredo (2016), a análise do *layout* da produção é utilizada como ferramenta de tradução da estratégia empresarial e espera-se que o planejamento de instalações traduza de maneira visual e tangível os aspectos importantes desta estratégia, conduzindo o fluxo do processo produtivo em direção às expectativas e objetivos traçados.

A configuração de *layout*, visto como uma impressão geral da gestão da produção, estabelece a relação física entre as atividades principais e as várias atividades secundárias. Esta impressão geral da gestão da produção pode ser simplesmente o arranjar ou o rearranjar das várias máquinas ou equipamentos até se obter a disposição mais agradável e produtiva (LEE, 1998).

No entanto, numa grande indústria este procedimento não é tão simples, pois um pequeno erro pode levar a sérios problemas na utilização e aproveitamento dos locais, podendo originar a modificação de estruturas, paredes e até mesmo edifícios e conseqüentemente causar custos altíssimos no rearranjo. Para evitar tudo isto é necessário realizar um estudo, encontrando assim o melhor planejamento de *layout* (MUTHER, 1978).

#### 3.3.1 Objetivos do *layout*

A definição de *layout* deve buscar o cenário ideal de produção, o incremento produtivo, a redução das demoras, economia de espaço, redução de manuseio, uso intensivo dos equipamentos, mão de obra e serviços, redução do tempo de manufatura e de material em processo, redução dos custos indiretos, melhor qualidade, flexibilização, entre outros (FIGUEIREDO, 2016).

Segundo Figueiredo (2016), ao desenvolver um *layout*, consideramos os seguintes objetivos:

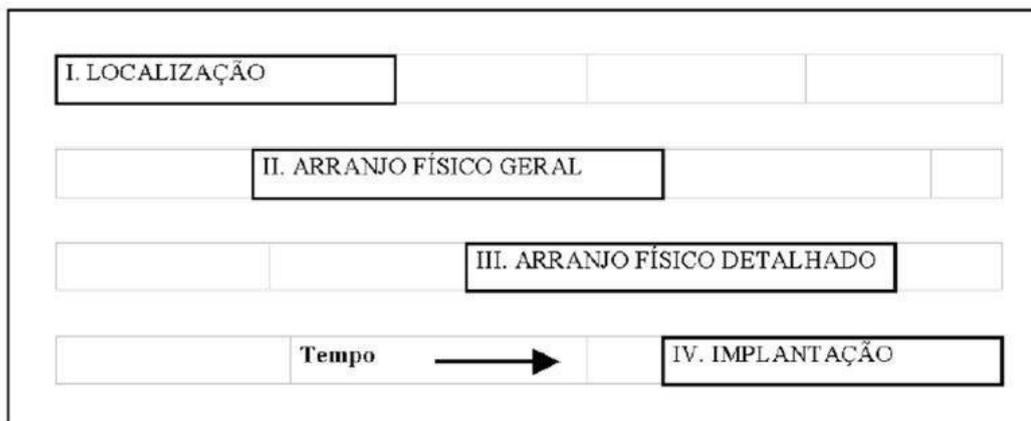
- Proporcionar um fluxo de comunicações entre as unidades organizacionais de maneira eficiente, eficaz e efetiva;
- Flexibilizar as operações;
- Minimizar o tempo de produção;
- Utilização do espaço existente da forma mais eficiente possível;
- Proporcionar melhor utilização da área disponível da empresa;
- Tornar o fluxo de trabalho eficiente;
- Proporcionar redução da fadiga do funcionário no desempenho da tarefa, incluindo o isolamento contra ruídos;
- Ter um clima favorável para o trabalho e o aumento da produtividade.

### 3.3.2 Desenvolvimento do *layout*

A distribuição física de uma empresa é planejada afim de aproveitar melhor a disposição do *layout* e aumentar a eficiência da produção. Diversos modelos de arranjo são propostos para que supram as necessidades das empresas

De acordo com Muther (1978), o primeiro passo para o estudo de um novo *layout* é o entendimento das atividades desenvolvidas no *layout* atual, isso auxilia na identificação dos problemas e das restrições que possam haver às modificações. O desenvolvimento de um novo modelo deve passar por quatro fases distintas, as quais devem ser verificadas e aprovadas convenientemente. Estas fases são demonstradas na Figura 5. (MUTHER, 1978).

Figura 5. Etapas para o desenvolvimento de um *layout*.



Fonte: Muther (1978).

A Fase 1 corresponde à determinação da localização da área a ser utilizada. Na Fase 2, o projetista deve possuir toda a informação básica, para assim efetuar a análise do fluxo de materiais e estabelecer as inter-relações de atividades que, combinadas, fornecem o diagrama de inter-relações. A seguir, determinam-se as necessidades do espaço que, balanceados em relação à disponibilidade do espaço, possibilitam a construção do diagrama de inter-relações de espaços. Neste ponto, a partir das considerações de mudança e das limitações práticas, passa-se ao ajuste do diagrama de inter-relações de espaços (MUTHER, 1978).

Segundo Muther (1978), esses ajustes levam a várias configurações de alternativas, que devem ser avaliadas e examinada a fim de se chegar a uma configuração geral. Durante a Fase 3, as áreas definidas na fase anterior são tratadas segundo o mesmo modelo de procedimentos. Depois da configuração detalhada de cada área, o projeto passa à fase de implantação.

### 3.3.3 Tipos de *layout*

O *layout* é o estudo pelo qual centros de trabalho e de instalações e equipamentos são analisados para a melhor divisão, com evidência especial na circulação otimizada de pessoas, materiais e produtos por meio do sistema. Existem quatro tipos de *layout*, podendo haver combinações entre eles a depender da necessidade da empresa (MUTHER, 1978).

### 3.3.3.1 *Layout* posicional

Segundo Figueiredo (2016), nesse tipo de configuração, o produto permanece parado enquanto os trabalhadores e máquinas se organizam ao redor dele, como na fabricação de aviões de grande porte, foguetes e navios. Para a produção desses produtos, qualquer movimentação, além de morosa, pode prejudicar a montagem. As máquinas utilizadas também são específicas para esse tipo de trabalho e facilitam a movimentação dos operadores ao redor do produto.

Nesses casos, raramente a fábrica irá escolher outro tipo de arranjo físico, porém, é possível que a produção das peças, que costumam ser feitas a parte e depois levadas para a montagem, sigam outras lógicas de produção. A Figura 6 mostra as vantagens e desvantagens desse tipo de *layout* (FIGUEIREDO, 2016).

Figura 6. Vantagens e desvantagens do *layout* posicional.

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhor planejamento e controle do trabalho, dado que tudo está orientado para um único objetivo; Alta flexibilidade de mix de produtos e processos;</li> <li>• Alta variedade de tarefas para a mão de obra;</li> <li>• Permite enriquecimento de tarefas;</li> <li>• Favorece trabalho em equipes;</li> <li>• Pequena movimentação de materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programação do espaço ou atividade pode ser complexa;</li> <li>• Grande necessidade de supervisão;</li> <li>• Grande movimentação de equipamentos e mão de obra especializada, gerando custos elevados;</li> <li>• Falta de estruturas de apoio, tais como energia elétrica e água;</li> <li>• Baixa utilização de equipamento, gerando alto custo.</li> </ul>

Fonte: Figueiredo (2016).

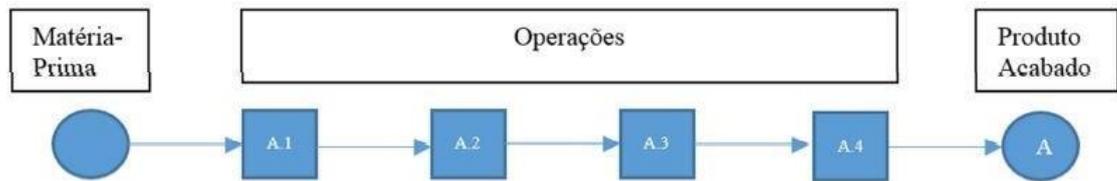
### 3.3.3.2 *Layout* por produto

Nesse modelo, as máquinas são dispostas lado a lado, seguindo a linha de produção, normalmente dedicada à fabricação de um tipo exclusivo de produto. Dessa forma, tudo acontece sempre da mesma maneira em uma sequência única. Podemos encontrar esse desenho na indústria automobilística e alimentícia, por exemplo (MUTHER, 1978).

A disposição linear favorece a automatização do processo e a produção de um grande volume de produtos, porém é quase impossível realizar

adaptações e variações de peças, já que é um sistema fixo. A Figura 7, demonstra um exemplo de *layout* por produto (FIGUEIREDO, 2016).

Figura 7. Exemplo de *layout* por produto.



Fonte: Figueiredo (2016).

Segundo Figueiredo (2016), são apresentadas as vantagens e desvantagens do *layout* por produto na Figura 8.

Figura 8. Vantagens e desvantagens do *layout* por produto.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O manuseamento do material é reduzido;</li> <li>• Os operadores não necessitam de muitos conhecimentos profissionais e do processo como um todo;</li> <li>• Controle simples da produção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se uma máquina parar, toda a linha de produção para;</li> <li>• O posto de trabalho mais lento dita o ritmo da produção;</li> <li>• Requer sempre um supervisor;</li> <li>• É necessário investir em equipamento de alta qualidade (Tompikins, 1996, p. 290)</li> </ul>

Fonte: Figueiredo (2016).

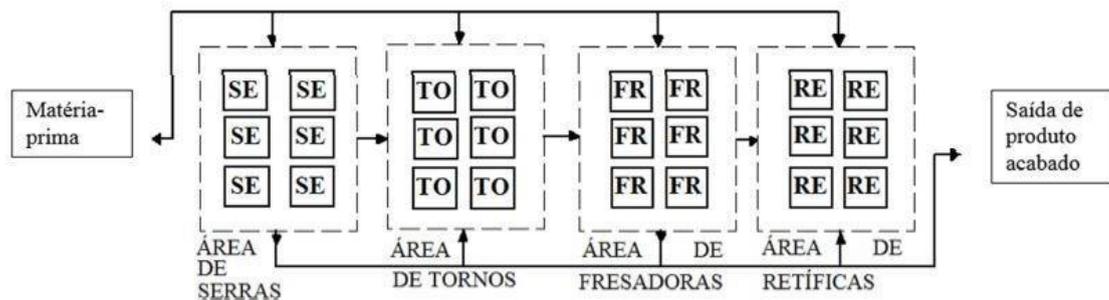
### 3.3.3.3 *Layout* por processos

Esse arranjo físico agrupa processos e equipamentos das mesmas operações ou funções em uma única área, formando setores de trabalho específicos. É utilizado quando precisa se produzir em lotes com grande variação de peças ou ainda, quando pensamos em outros segmentos além da indústria, é possível encontrar esse *layout* em bancos, hospitais e mercados, no qual o cliente é direcionado ao setor específico para a sua necessidade (MUTHER, 1978).

Em uma fábrica, temos o exemplo de um produto que precisa passar pelo processo de pintura e é destinado a um setor exclusivo para esse trabalho, onde todo o maquinário e trabalhadores necessários estão juntos (MUTHER, 1978).

Segundo Figueiredo (2016), os roteiros operacionais são usados para controlar os movimentos de materiais, o uso de empilhadeiras e carrinhos manuais são utilizados para transportar materiais de uma máquina para outra. A Figura 9 mostra um exemplo de uma organização de um *layout* por processos.

Figura 9. Exemplo de *layout* por processos.



Fonte: Figueiredo (2016).

E a Figura 10 representa as vantagens e desvantagens do *layout* organizado por processos de acordo com Figueiredo (2016).

Figura 10. Vantagens e desvantagens do *layout* por processos.

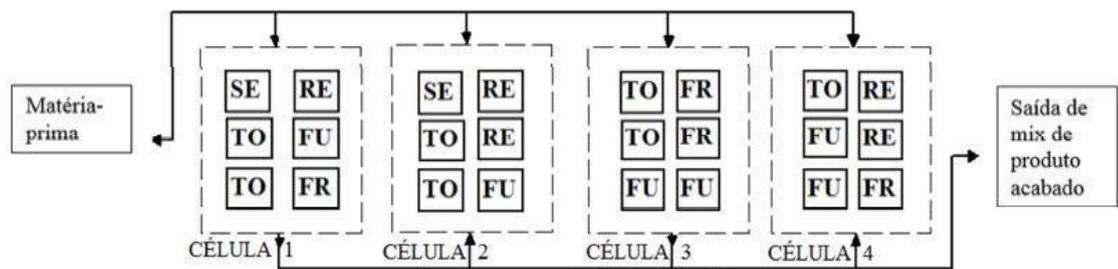
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta flexibilidade de mix e produto;</li> <li>• Relativamente robusto em interrupção de etapas;</li> <li>• Supervisão de equipamentos e instalações relativamente fácil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa utilização de recursos;</li> <li>• Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes;</li> <li>• Fluxo complexo pode ser difícil de se controlar.</li> </ul>

Fonte: Figueiredo (2016).

### 3.3.3.4 *Layout* celular

Esse arranjo é um híbrido entre o *layout* em linha e o funcional. Cada célula é auto-suficiente e auto-gerenciável e é responsável pela produção de determinado produto ou família de produtos, possuindo todas as ferramentas necessárias para o trabalho. Dessa forma, o processo inteiro é feito em um mesmo local, sem a necessidade de grandes movimentações (MUTHER, 1978).

De acordo com Figueiredo (2016), é possível observar um exemplo de *layout* celular na Figura 11.

Figura 11. Exemplo de *layout* celular.

Fonte: Figueiredo (2016).

Segundo Muther (1978), o processo em linha dentro da célula faz com que todo o trabalho pare caso haja um problema em uma das áreas. Dessa maneira, as estações precisam ser bem supervisionadas para que o ritmo da produção seja constante. As vantagens e desvantagens desse *layout* pode ser visto na Figura 12.

Figura 12. Vantagens e desvantagens do *layout* celular.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa combinação de flexibilidade e integração;</li> <li>• Flexibilidade no trabalho, pois os operadores são multifuncionais;</li> <li>• Fluxo do trabalho organizado, que contribui para o aumento da qualidade do produto final;</li> <li>• Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação;</li> <li>• Pode dar um equilíbrio entre custo e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual;</li> <li>• Pode reduzir níveis de utilização de recursos;</li> <li>• Exigem que os operadores sejam multifuncionais, alto custo com treinamento;</li> <li>• Impossibilidades físicas: alguns processos de produção são mais difíceis de serem organizados de forma celular devido ao grande porte dos equipamentos, ou outras limitações de ordem física.</li> </ul>

Fonte: Figueiredo (2016).

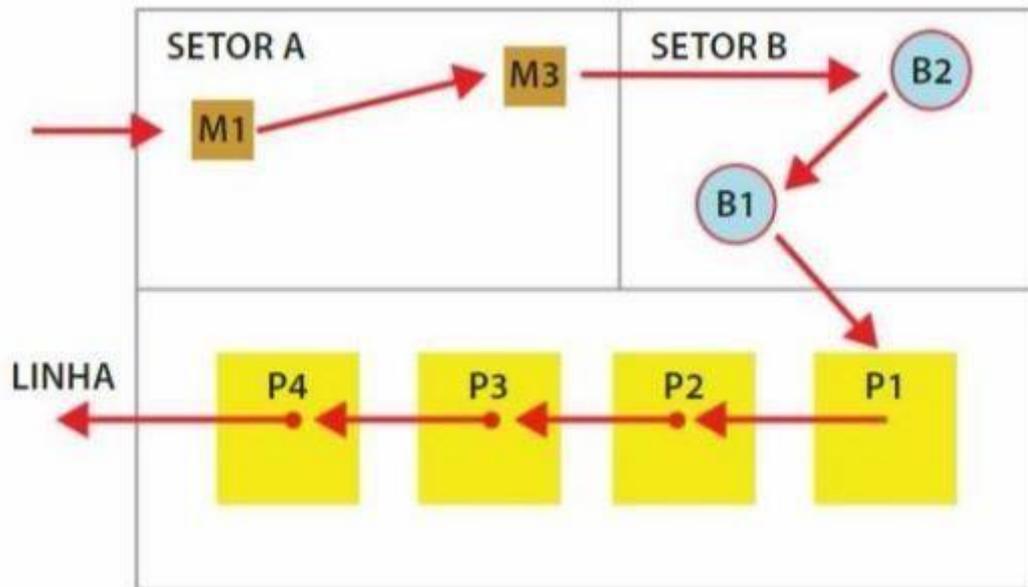
### 3.3.3.5 *Layout* misto

Esse tipo de *layout* é o resultado da junção de dois ou mais outros *layouts* diferentes em uma única unidade de produção, devido a uma alta demanda da produção ou flexibilidade entre os produtos produzidos. Logo, pode-se afirmar que os *layouts*, em grande parcela, são formulados levando em consideração uma combinação de alguns dos quatro tipos de *layouts* básicos, dando origem ao *layout* misto (MUTHER, 1978).

Segundo Figueiredo (2016), as empresas vêm se adaptando à crescente demanda do mercado e com isso elas precisam ser cada dia mais integralizáveis

ou integralizadas com outras empresas ou com elas mesmas. Dessa forma é frequente encontrar soluções de *layouts* que são uma combinação dos *layouts* antes explicitados no trabalho, como pode ser visto na Figura 13.

Figura 13. Exemplo de *layout* misto.



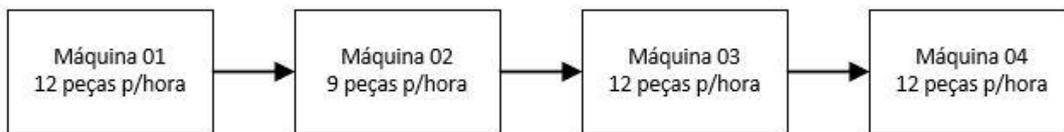
Fonte: Martins e Laugeni (2005)

Para a empresa em estudo, a Tempero de Mainha, o *layout* adotado é o *layout* celular. Assim, o processo inteiro é feito em um mesmo local, sem a necessidade de grandes movimentações de máquinas ou mão-de-obra.

### 3.4 GARGALOS

As empresas, para se modernizar, almejam a busca por equipamentos de última geração e se frustram por não se atentarem para os seus gargalos no sistema ou como também são conhecidas, as restrições. A capacidade do sistema será atribuída pela máquina que detém a menor competência, esta máquina será o gargalo de todo o sistema, determinando o ritmo pelo qual toda fábrica irá trabalhar no sistema de produção (PARANHOS FILHO, 2007).

Figura 14. Exemplo de gargalo de um sistema.



Fonte: Paranhos Filho (2007).

Conforme demonstrada na Figura 14, não importa se as outras máquinas da linha produtiva têm maior capacidade, se uma máquina no processo produzir menos todo o sistema estará sujeito à máquina menos produtiva.

Para eliminar o gargalo, o primeiro passo é identificar o mesmo. Entender o que causa retrocesso ou desperdício. O segundo passo será como explorar a restrição contida no sistema, o terceiro passo é aumentar a capacidade da restrição, seja distribuindo a demanda ou adquirindo equipamentos. Realizados os passos se o gargalo foi superado é necessário repeti-los para maximizar a produtividade do sistema (GOLDRATT, 2006).

### 3.5 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O PCP (Planejamento e Controle de Produção) é um instrumento muito importante para o sucesso de um negócio. Com ele, conseguimos otimizar a cadeia produtiva de uma empresa por meio da análise de itens como máquinas, estoque e matérias-primas. Diante desses benefícios, é essencial que os gestores saibam como implantar PCP a fim de obter os melhores resultados no processo produtivo e se manterem competitivos no mercado (TUBINO, 2009).

De acordo com Tubino (2009), para aplicar um sistema de planejamento e controle da produção é preciso envolver todas as etapas e setores produtivos da empresa e assim atribuir responsabilidades e definir metas a serem cumpridas. A implantação do PCP é dividida em seis etapas que são:

- Etapa 1 - Análise e previsão da demanda;
- Etapa 2 - Definição da capacidade produtiva;
- Etapa 3 - PAP — Planejamento Agregado da Produção;

- Etapa 4 - PMP — Programação Mestre da Produção;
- Etapa 5 - PDP — Programação Detalhada da Produção;
- Etapa 6 - Controle da produção.

Assim, entendemos o PCP como um sistema de gerenciamento que, além de aprimorar a utilização dos recursos produtivos, é capaz de ofertar dados valiosos que vão subsidiar a tomada de decisões, refinando o trabalho dos gestores. O resultado dessa dinâmica afeta os resultados financeiros da companhia, reduzindo desperdícios e custos de produção e potencializando a lucratividade (TUBINO, 2009).

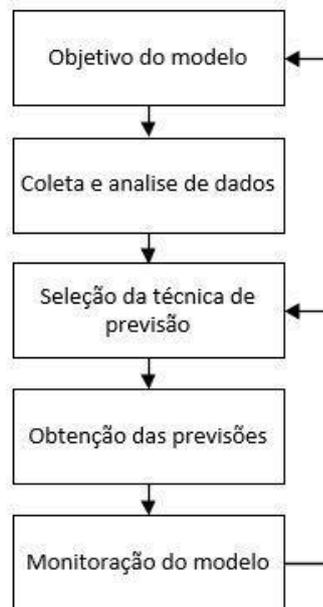
### 3.5.1 Análise e previsão de demanda

As empresas normalmente não podem esperar até que os pedidos sejam recebidos antes de iniciar a determinação qualitativa dos equipamentos de produção necessários e designar funções para a equipe de produção sobre determinado produto. Isso significa que o fabricante deve antecipar a demanda de seu produto e, assim, garantir a capacidade de produção que será essencial para atender todo o setor de vendas da empresa.

A previsão de demanda é utilizada com vários objetivos em empresas com ou sem fins lucrativos. Por ser usada no controle e no planejamento de operações, seus dados devem estar disponíveis de uma maneira passível de tradução para itens específicos de matéria-prima, tempo em equipamentos e habilidade de mão-de-obra específica.

Um modelo de previsão de demanda pode ser dividido em cinco etapas básicas, como podemos observar na Figura 15.

Figura 15. Etapas do modelo de previsão da demanda.



Fonte: Tubino (2009).

A primeira etapa consiste em definir o objetivo do modelo, ou seja, a razão pela qual se necessita de previsões. O detalhamento do modelo depende da importância do produto a ser previsto e do tempo ao qual a precisão se destina.

Definido o objetivo do modelo de previsão, o passo seguinte é analisar e coletar os dados necessários baseado no histórico do produto, no sentido de identificar e desenvolver a melhor técnica que melhor se encaixe na situação desejada.

Uma vez coletados e analisados os dados, pode-se decidir pela técnica de previsão que será utilizada. De maneira geral, existem técnicas qualitativas e quantitativas, cada uma tem seu campo e sua aplicabilidade. Não existe uma técnica que seja adequada para todas as situações.

Fatores que merecem destaque na escolha da técnica são:

- Disponibilidade de dados históricos;
- Experiência passada com aplicação de determinada técnica;
- Disponibilidade de tempo para coletar, analisar e preparar os dados;
- Período de planejamento para o qual se necessita a previsão.

### 3.6 ESTUDO DOS TEMPOS E MOVIMENTOS

Os estudos de tempos e movimentos foi introduzida por Taylor que determinou os tempos padrões de um processo com o objetivo de alcançar um método que mais aproximasse o ideal da forma prática. Assim, por meio de análises, o estudo de tempos é utilizado para a determinação de um dado tempo em que um operador treinado e qualificado execute determinada tarefa, em condições específicas e assim padronizar esse tempo, objetivando a redução de custos e a eliminação de movimentos desnecessários (BARNES, 1977).

Segundo Costa (2017), o estudo de tempos é um procedimento para a melhoria da produtividade ao estabelecer padrões de tempo e classificar os movimentos utilizados ou necessários para executar uma determinada série de operação e atribuindo padrões de tempo predeterminados para estes movimentos. O estudo de tempos e movimentos evidencia desta forma, a eficiência da aplicação dos recursos disponíveis no alcance dos objetivos de desempenho do trabalho.

Para Stevenson (2001), o estudo de movimentos visa eliminar movimentos operacionais desnecessários, a fim de otimizar a operação e evitar problemas ergonômicos e tem como principal objetivo determinar a melhor forma de execução da tarefa, a partir da análise dos movimentos feitos pelo operador durante a operação. Logo, o estudo de tempos e movimentos, se completam, buscando a determinação do método ideal ou o mais próximo do ideal cabível aquela operação.

### 3.7 CRONOANÁLISE

A cronoanálise é uma ferramenta aplicada para cronometrar e estudar o tempo que uma pessoa leva para realizar uma operação, em um processo industrial. Assim, por meio da cronometragem, calcula-se o tempo que um operador qualificado, trabalhando em ritmo normal, executa seu trabalho sem dificuldade (BARNES, 1977).

Segundo Pessoti (2015), a cronoanálise é utilizada como ferramenta para quantificar os gargalos do processo produtivo aliado a ela foi empregado às

ferramentas de qualidade para avaliar estes gargalos a estabelecer os planos de ações.

Segundo Barnes (1977), é importante trabalhar com as medidas de tempos para:

- Definir o planejamento produtivo e projetar o modo de realização das atividades;
- Estabelecer as despesas produtivas;
- Contabilizar os custos de uma mercadoria antes que sejam produzidas;
- Definir a eficácia dos equipamentos, o quantitativo de maquinários que um operador pode trabalhar, a equipe necessária para dar andamento nos distintos setores;
- Mensurar o tempo necessário para realização de determinado serviço, definindo um plano de estímulo de salário por produção, através das tarefas desenvolvidas individualmente pelo operador.

### 3.7.1 Determinação do número de ciclos a serem cronometrados

O número de ciclos necessários para avaliar e verificar a eficiência de um trabalhador irá depender da precisão desejada pelo estudo. Por se tratar de um processo de coleta de amostras, quanto maior for a quantidade de medições realizadas, mais assertivos serão os resultados. Essa coleta de amostras é feita através da cronometragem de cada etapa do processo para se obter um tempo mais preciso, para isso utiliza-se a cronoanálise, uma ferramenta que permite melhorar a produtividade, por meio da análise e detalhamento do processo, utilizando a determinação de tempos padrões numa operação (BARNES, 1977).

O número de ciclos que deveram ser cronometrados é obtido através da equação (1) a seguir.

$$N = \left( \frac{Z \times R}{E_r \times d_2 \times \bar{X}} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

$N$  = Número de ciclos a serem cronometrados;

$Z$  = Coeficiente da distribuição normal para uma probabilidade determinada;

$R$  = Amplitude da amostra;

$E_r$  = Erro relativo da medida;

$d_2$  = Coeficiente em função do número de cronometragens realizadas anteriormente;

$\bar{X}$  = Média da amostra.

No estudo de tempos, o erro relativo aceitável varia entre 5% e 10% e o grau de confiabilidade da medida utilizado fica entre 90% e 95% (PEINADO e GRAEML, 2007). Assim, no desenvolvimento deste estudo, adotou-se 90% de probabilidade e a média dos valores observados não diferirá mais de 10% do valor aferido.

### 3.7.2 Avaliação do ritmo do operador

Segundo Bortoli (2013), a avaliação do ritmo é um processo de análise de execução do operador, considerando um desempenho padrão. O observador leva em consideração um ou mais fatores considerados importantes na realização da tarefa, como a velocidade de movimento, esforço, destreza e consistência.

Barnes (1977) define que é possível avaliar o ritmo do operador utilizando um sistema de avaliação da habilidade e do esforço: esta avaliação baseia-se em estudos de tempos e padrões para caracterizar o desempenho de determinado operador e assim classificá-lo entre as faixas de eficiência demonstrados na Figura 16.

Figura 16. Faixas de eficiência.

HABILIDADE	ESFORÇO
<b>FRACA</b> Não adaptado ao trabalho, comete erros e seus movimentos são inseguros.	<b>FRACO</b> Falta de interesse ao trabalho e utiliza métodos inadequados.
<b>REGULAR</b> Adaptado relativamente ao trabalho comete menos erros e seus movimentos são quase inseguros	<b>REGULAR</b> As mesmas tendências, porém com menos intensidades.
<b>NORMAL</b> Trabalha com uma exatidão satisfatória, o ritmo se mantém razoavelmente constante	<b>NORMAL</b> Trabalha com constância e se esforça satisfatoriamente.
<b>BOA</b> Tem confiança em si mesmo, ritmo constante, com raras hesitações.	<b>BOM</b> Trabalha com constância e confiança, muito pouco ou nenhum tempo perdido.
<b>EXCELENTE</b> Precisão nos movimentos, nenhuma hesitação e ausência de erros.	<b>EXCELENTE</b> Trabalha com rapidez e com movimentos precisos.
<b>SUPERIOR</b> Movimentos sempre iguais, mecânicos, comparáveis ao de uma máquina.	<b>EXCESSIVO</b> Se lança numa marcha impossível de manter. Não serve para estudos de tempos.

Fonte: Toledo Jr.; Kiratomi, 1997.

### 3.7.3 Determinação do tempo normal de trabalho

O Tempo Normal (TN) é o tempo requerido para realizar determinada operação com base no processo de análise da velocidade com que o trabalhador realiza suas atividades com desempenho-padrão (BARNES, 1977). O cálculo do Tempo Normal é feito utilizando a média dos tempos coletados na amostra e o valor percentual da eficiência do operador (Ritmo). O TN pode ser calculado através da equação (2):

$$TN = \bar{X} \cdot E \quad (2)$$

Onde:

*TN*: Tempo normal;

$\bar{X}$  Tempo médio das cronometragens;

*E* : Eficiência do operador (ritmo).

### 3.7.4 Tolerâncias

O tempo normal da operação é o tempo que o operador precisa para realizar a operação trabalhando em ritmo normal. Quando ocorrem as interrupções para descansos, necessidades pessoais ou outros motivos, classificam-se as interrupções como: tolerância para fadiga, tolerância para pessoal ou tolerância de espera (BARNES, 1977).

As classificações de tolerâncias são apresentadas por Barnes (1977):

- Tolerância pessoal: o operário tem direito às suas necessidades pessoais. Em uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, o trabalhador usará cerca de 2% a 5% por dia para tempo pessoal, variando com a tolerância pessoal do indivíduo.
- Tolerância para fadiga: o gasto energético que ocorre devido ao esforço empregado pelo trabalhador durante seu dia de trabalho.
- Tolerância para espera: as esperas podem ser evitáveis ou inevitáveis. As esperas realizadas de modo intencional pelo operador são as evitáveis e não são consideradas para determinação do tempo-padrão. As inevitáveis são aquelas advindas de ajustamentos ligeiros, quebras de ferramentas ou interrupções pelos supervisores. Estas devem ser consideradas.

Assim, o tempo padrão, considera a duração de todos os fatores e os tempos de todas as tolerâncias necessárias durante a operação, ou seja, é o tempo normal mais as tolerâncias (BARNES, 1977). Segundo Graeml e Peinado (2007), o fator de tolerância (FT) pode ser calculado em função do tempo permissivo que a empresa concede utilizando as seguintes equações (3) e (4):

$$P = \frac{\text{tempo permissivo}}{\text{tempo trabalhado}} \quad (3)$$

$$FT = \frac{1}{1-P} \quad (4)$$

Onde:

*P* : Percentagem de tempo concedido dividido pelo tempo total do expediente;  
*FT* : Fator de tolerância.

Segundo Martins e Laugeni (2005), na prática, costuma-se adotar  $FT=1,05$  para trabalhos em escritórios e  $FT$  variando de 1,10 e 1,20 para trabalhos em unidades industriais com boas condições ambientais e trabalhos com nível de fadiga intermediário.

### 3.7.5 Cálculo do tempo padrão

Com o tempo padrão estabelecido, o operador deverá realizar a operação de acordo com as novas instruções e assim proporcionando uma padronização das operações produtivas, possibilitando a diminuição de gargalos e desperdícios (BARNES, 1997).

O cálculo do tempo padrão ( $TP$ ) é o último e mais simples de todos os procedimentos do estudo de tempos. Para obtê-lo, basta multiplicar o tempo normal ( $TN$ ) pelo fator de tolerância ( $FT$ ) (GRAEML e PEINADO, 2007). Logo, a equação (5) fica então representada:

$$TP = TN \times FT \quad (5)$$

Onde:

$TP$  : Tempo padrão;

$TN$  : Tempo normal;

$FT$  : Fator de tolerância.

### 3.7.6 Capacidade produtiva

Segundo Slack et al. (2002), a capacidade produtiva é definida como “o máximo nível de atividade de valor adicionado em determinado período de tempo que o processo pode realizar sob condições normais de operação.” Ainda segundo o autor, se faz necessário que a empresa saiba a capacidade produtiva dos seus setores para que consiga atender a sua demanda de forma adequada, sem atrasos entre os setores, e conseqüentemente, mantendo os clientes satisfeitos. O estudo dos tempos nos permite mensurar a capacidade produtiva da empresa ou de um determinado setor. Para o cálculo da capacidade produtiva (CP) utiliza-se a equação (6).

$$CP = \frac{\text{Horas diárias de trabalho}}{\text{tempo padrão}} \quad (6)$$

## 3.8 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A Simulação é uma das ferramentas da Pesquisa Operacional que é multidisciplinar e engloba ciências como a economia, estatística, matemática e a computação, sendo voltada para a análise e tomada de decisões. São dois os tipos de modelos usuais em pesquisa operacional: otimização e simulação (SOUZA, 2009).

Segundo Souza (2009), os modelos de otimização são aplicáveis quando todas as variáveis do sistema são determinísticas e são estruturadas para a escolha de uma única alternativa, que será considerada ótima, segundo algum critério preestabelecido.

Os modelos de simulação possibilitam a análise de diversos cenários para o processo de decisão. Cada cenário pode ser visto como uma configuração específica do sistema em análise. Assim, a simulação não produz uma solução ótima e única e, sim, uma resposta do sistema a uma determinada mudança de sua configuração. Os modelos de simulação devem ser usados em sistemas que possuam variáveis estocásticas (SOUZA, 2009).

Considerou-se que variáveis determinísticas, são aquelas que não possuem variações em sua ocorrência, ou seja, possuem um valor constante.

As variáveis estocásticas são aquelas que variam durante sua ocorrência, ou seja, em cada ocorrência pode-se obter um valor específico repetido ou não, sendo este tipo de variável o mais presente em sistemas reais. Assim, o gerenciamento de um sistema é uma ação baseada em previsão.

A previsão racional requer aprendizado e comparações sistemáticas das previsões dos resultados de curto e longo prazo das alternativas de ação. Assim, a simulação tem sido cada vez mais aceita e empregada como uma técnica que permite aos analistas dos mais diversos seguimentos (administradores, engenheiros, biólogos, etc.) verificarem ou encaminharem soluções, com a profundidade desejada, aos problemas com os quais lidam diariamente

Com isso, o objetivo da simulação computacional é estudar o comportamento do sistema, assim podendo avaliar seu desempenho, construir teorias e otimizar resultados a partir das observações. Além disso, o modelo é utilizado para prever os efeitos produzidos sob diferentes manipulações dos cenários estudados, possibilitando assim, um controle mais significativo e real sobre as condições experimentais.

### 3.8.1 Simulação computacional utilizando o *software* Arena

Com o aumento da popularidade da simulação entre engenheiros, gerentes e outros tomadores de decisões, houve o crescimento no número de pacotes de simulação encontrados no mercado, são exemplos: Stella, Arena, ProModel, PowerSim, etc. A seleção da ferramenta mais adequada deve ser feita com base criteriosa, levando-se em conta as aplicações que se desenvolver e as características dos produtos (ASSIS *et al.*, 2016).

De acordo com a Paragon (2018), o *software* Arena é um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem, animação, análise estatística e análise de resultados. O Arena permite que se faça uma análise do sistema real sem a necessidade de interferir no mesmo permitindo o teste de vários cenários e alternativas de solução para o sistema em estudo.

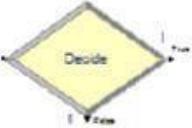
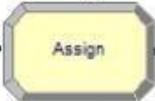
Para o processo de modelagem no Arena um fluxograma representa um sistema, incorporando seus dados de entrada e gerando dados de saída, os quais são baseados na integração entre o modelo lógico-matemático construído

e as distribuições estatísticas dos dados inseridos como parâmetros (PARAGON, 2018).

Além dos dados de saída, resultantes de interações lógico-matemáticas e distribuições estatísticas, o *software* Arena possui um conjunto de ferramentas que, segundo Paragon (2018), auxilia no ajuste dos dados e avaliações dos resultados.

Apresentamos através das Figuras 17 e 18, os processos e funcionalidades do Arena.

Figura 17. Processos do Arena.

Processo	Especificações	Descrição
<p>Create</p> 	<p>Nome; Expressão de chegada; Unidade de tempo; N° máximo de chegada.</p>	<p>Cria entidades que se movem pelo modelo capturando recursos e executando outros procedimentos lógicos.</p>
<p>Decide</p> 	<p>Nome; Tipo de decisão a ser tomada; Percentual de chances desse tipo de evento ocorrer.</p>	<p>Possibilita a entidade de decidir uma condição estipulada.</p>
<p>Process</p> 	<p>Nome; Forma em que a ação será realizada; Recursos que auxiliarão o processo; Tempo entre entidades; Unidade do tempo; Valores mínimos, médios e máximos da ocorrência do evento.</p>	<p>Tarefa a ser realizada pela entidade no processo estudado.</p>
<p>Assign</p> 	<p>Tipo; Nome; Valor.</p>	<p>Altera valores de vários elementos do modelo como variáveis, atributos e mudar figuras.</p>
<p>Dispose</p> 	<p>Nome.</p>	<p>Modela a saída das entidades no processo analisado.</p>
<p>Batch</p> 	<p>Nome; Tipo ( permanente ou temporário); Batch Size ( lote, n° de pessoas envolvidas); Por atributo ou por entidade.</p>	<p>Reúne um determinado número de entidades de espera em filas diferentes, podendo especificar um atributo de tal forma que as entidades de espera na fila devem ter os mesmos valores antes de iniciarem a partida.</p>

Fonte: Prado (2004).

Figura 18. Processos do Arena.

	<p>Nome; Recurso; Tipo (Uma unidade ou conjunto); Quantidade.</p>	<p>Libera as unidades de um recurso que tem uma entidade previamente alocada. Este módulo pode ser utilizado para liberar recursos individuais ou pode ser usado para liberar recursos dentro de um conjunto. Para cada recurso a ser liberado, o nome e a quantidade a ser liberada são especificados.</p>
	<p>Nome; Alocação; Prioridade; Recurso; Tipo; Nome do recurso; Quantidade; Nome da Fila.</p>	<p>Aloca unidades de um ou mais recursos para uma entidade.</p>
	<p>Nome; Tipo de conexão; Tempo de descarregamento e a respectiva unidade de tempo.</p>	<p>Designa a qual processo se destina o objeto em estudo.</p>
	<p>Nome; Mínimo ou máximo; Tempo de descarregamento e a respectiva unidade de tempo; Tipo de conexão-Rota.</p>	<p>Remove um número de entidades consecutivas de uma fila de dados a partir de uma ordem especificada na fila. As entidades que são apanhadas são adicionadas ao final do grupo das entidades de entrada.</p>
	<p>Nome(visualização); Nome da estação(será usado pelo Arena para se referir a estação); Tempo de descarregamento e a respectiva unidade de tempo; Transferência em (libera um sistema de transporte).</p>	<p>Indica a entrada de uma entidade em uma estação. Além disso serve para liberar algum dispositivo de transporte usado para levar a entidade até o seu destino permitindo que se especifique o tempo de descarregamento se existir.</p>
	<p>Nome; Tempo de carregamento; Tipo de conexão-Rota; Tempo de deslocamento; Nome da estação definida no Enter.</p>	<p>Define uma estação (ou um conjunto de estações) correspondente a um local físico ou lógico onde o processo ocorre.</p>

Fonte: Prado (2004).

## 4 METODOLOGIA

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), pesquisa é um processo intelectual e experimental compreende um conjunto de métodos aplicados de forma sistemática, com o propósito de perguntar sobre um assunto ou tópico, bem como expandir ou desenvolver seus conhecimentos, seja de interesse científico, humanístico, social ou tecnológico.

Pesquisa científica é o processo sistemático, isto é, que segue um passo a passo metodológico bem definido, para construir o conhecimento humano, a partir do qual é possível ampliar, detalhar e até refutar dados e outras informações verificáveis (ZANELLA, 2013).

A presente pesquisa científica se classifica como quantitativa, aplicada, exploratória e estudo de caso.

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), podemos definir a pesquisa quantitativa como o método que fornece dados numéricos a partir de perguntas objetivas, em formulários padronizados.

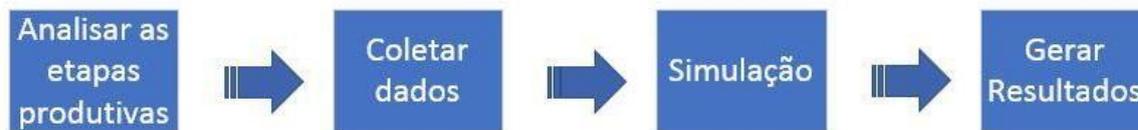
A pesquisa aplicada é aquela cujo principal objetivo é gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Já a pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

Estudos de caso são um método de pesquisa ampla sobre um assunto específico, permitindo aprofundar o conhecimento sobre ele e, assim, oferecer subsídios para novas investigações sobre a mesma temática. Também pode ser descrito como um problema que traz questionamentos, as dúvidas e as possibilidades num contexto empresarial que necessita de uma tomada de decisão. (ZANELLA, 2013).

O desenvolvimento do presente estudo realizado na empresa Tempero de Mainha foi dividido em quatro etapas: (1) analisar como funciona cada etapa produtiva na fábrica; (2) coletar de dados realizada em todo o setor produtivo da empresa; (3) realizar a simulação utilizando os dados coletados; (4) gerar resultados a partir da simulação.

A Figura 19 apresenta como foi estruturada a pesquisa para esse estudo de caso:

Figura 19. Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: O autor (2022).

Juntamente com a análise das etapas produtivas da empresa, foi realizado, simultaneamente, uma revisão de literatura em artigos e livros, com o objetivo de adquirir conhecimento para realizar a cronoanálise e de todas as etapas necessárias na construção de um planejamento de controle e produção. O conhecimento em simulação computacional utilizando o *software* Arena® foi adquirido pelo pesquisador numa disciplina optativa do curso de graduação e em livros e artigos que tratam desse tema.

A coleta de dados foi realizada com o auxílio de um controle diário de produção, que é uma tabela onde é registrada toda a produção diária da empresa. Foi utilizado também um aplicativo de celular para realizar a cronometragem dos processos produtivos.

#### 4.1 CAMPO DE ESTUDO

O estudo de caso foi realizado em uma empresa que fabrica diversos tipos de temperos e está localizada na cidade de Cruz das Almas, região do Recôncavo Baiano. Até o momento da realização dessa pesquisa eram vinte tipos de produtos fabricados com pretensão de entrada de novos tipos em um futuro próximo. O produto com maior produção é o Sal temperado com suas variações de ingredientes, comercializados para supermercados, padarias, restaurantes e minimercados. Devido à alta demanda, foi escolhido para o estudo o processo produtivo do Sal temperado.

A empresa é composta por 04 funcionários e 01 vendedor, com a jornada de trabalho de 8 horas diárias. Dos 04 funcionários da empresa, 03 são

responsáveis pelo setor de produção e 01 funcionário no setor de entrega do produto para os clientes. Na linha de produção existem as seguintes máquinas:

- Misturador: mistura os ingredientes;
- Liquidificador industrial: tritura os temperos em porções menores;
- Balança: Medir a quantidade do produto;
- Seladora: Sela o produto no seu recipiente;

Figura 20. À esquerda o liquidificador industrial, no meio a seladora e a direita o misturador.



Fonte: O autor (2022).

## 4.2 PROCESSO PRODUTIVO

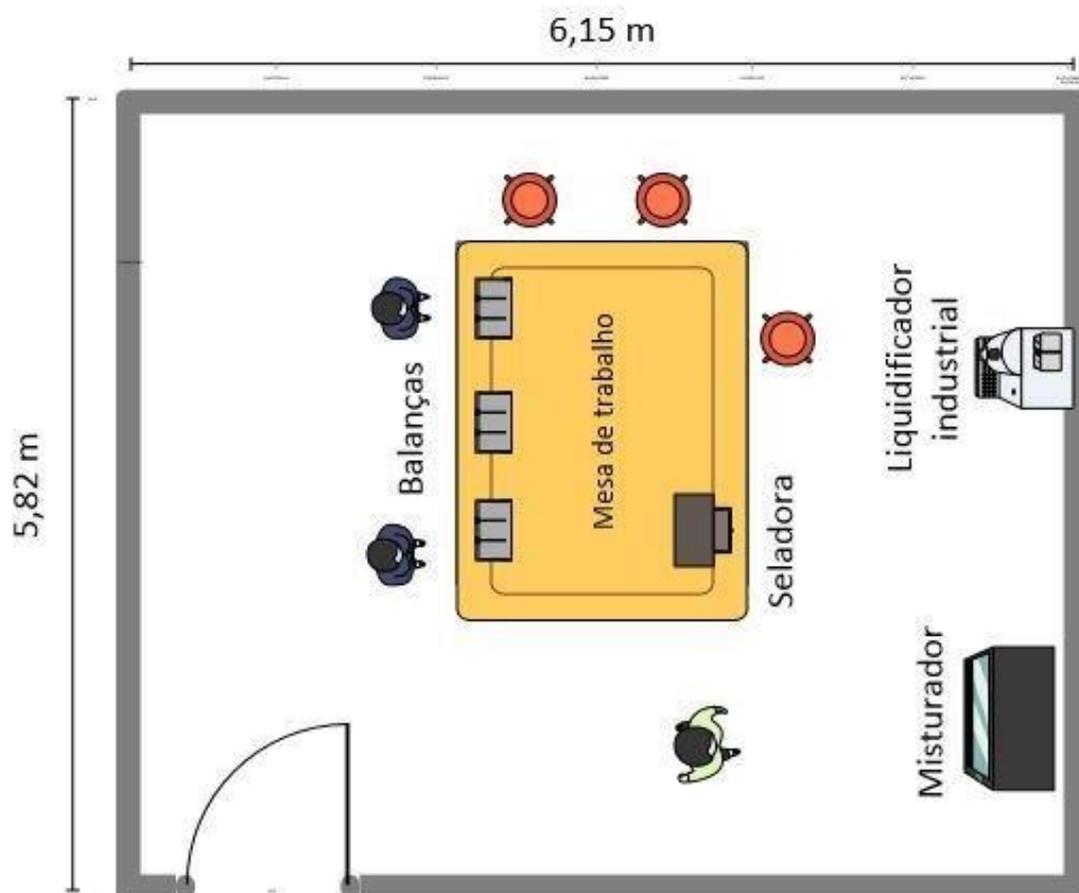
A produção do Sal temperado começa no liquidificador industrial com a trituração dos temperos (hortelã, salsa, manjericão e outros) e adicionado o sal ao misturador. O sal temperado fica pronto para ser colocado em um recipiente para iniciar a pesagem. Na etapa da pesagem, o produto é pesado e inserido em embalagens de 220 gramas, após a finalização, depois são selados com folha de alumínio para evitar a contaminação e o vazamento do sal temperado. Após a selagem o produto é tampado e encaixotado, e assim finalizando a etapas de produção deste produto. A Figura 21 demonstra o produto finalizado.

Figura 21. Sal temperado de Mainha.



Fonte: O autor (2022).

A Figura 22 ilustra como é o *layout* atual do setor de produção para temperos, a qual se busca melhorias para aumentar a quantidade de produtos produzidos e diminuir o tempo entre cada etapa do processo de produção.

Figura 22. *Layout* atual do setor de produção de temperos.

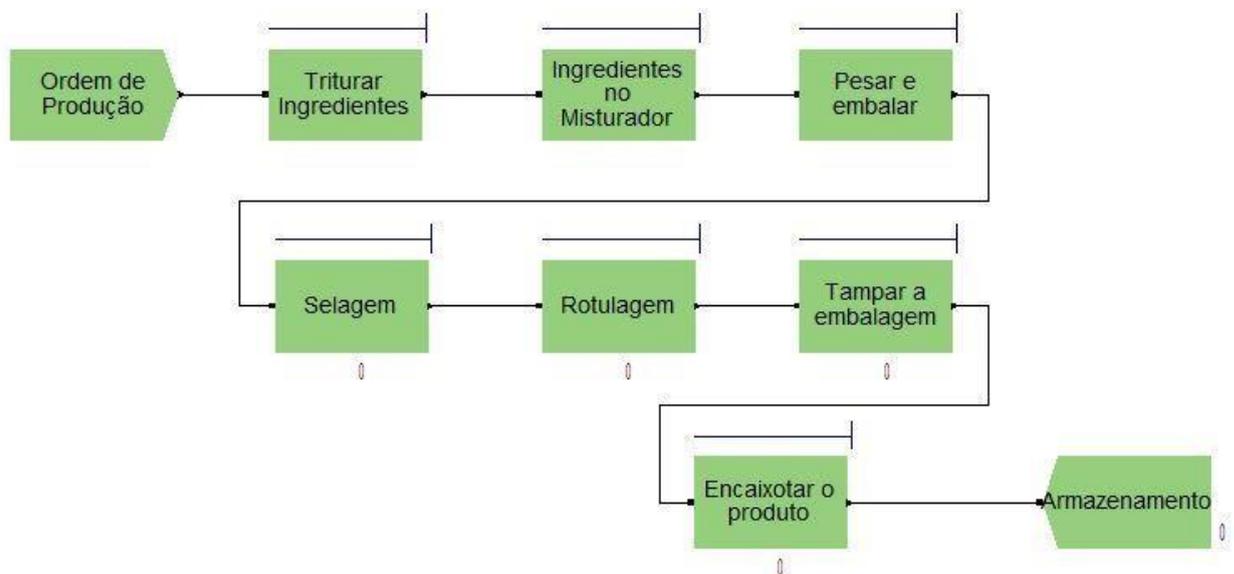
Fonte: O autor (2022).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO

O fluxograma do processo produtivo foi desenvolvido no *software* Arena® v16.1 *Educacional Edition*, através desse fluxograma, demonstrado na Figura 23, foi iniciado o processo de cronometragem de todas as etapas da produção do Sal temperado.

Figura 23. Fluxograma das etapas de produção.



Fonte: O autor (2022).

### 5.2 NÚMERO DE CICLOS CRONOMETRADOS

Seguindo a literatura foram realizadas 10 cronometragens para cada uma das etapas do processo produtivo. A Tabela 1 contém os dados dessas cronometragens.

Tabela 1 - Cronometragem das operações.

Operação	Cronometragens (minutos)										Média
Triturar ingredientes	2,65	2,22	2,18	2,14	2,03	2,08	2,11	2,22	2,19	2,34	<b>2,22</b>
Produção do sal temperado no misturador	2,67	2,99	3,26	3,67	3,39	3,25	3,14	3,58	3,40	2,96	<b>3,23</b>
Pesar e embalar	40,41	39,65	53,54	39,49	59,87	42,68	45,89	63,90	44,13	46,72	<b>47,63</b>
Selagem	21,11	19,47	19,34	23,18	23,90	22,15	21,18	22,64	20,71	20,06	<b>21,37</b>
Rotulagem	16,94	15,45	15,78	16,74	14,98	15,67	16,01	16,46	15,84	15,11	<b>15,90</b>
Tampar a embalagem	19,34	19,98	20,57	21,04	20,66	19,74	20,08	20,34	20,97	19,89	<b>20,26</b>
Encaixotar o produto	6,25	7,01	6,69	8,10	7,54	6,91	7,23	7,34	7,03	7,17	<b>7,13</b>

Fonte: O autor (2022).

No cálculo do número de cronometragens utilizou-se um intervalo de confiança de 90% e erro relativo de 10%. O coeficiente de distribuição normal padrão foi definido a partir do intervalo de confiança para uma confiança de 90% que é igual a 1,65 (Z). A amplitude (R) foi obtida através da subtração entre o maior e o menor valor cronometrado na primeira operação igual a 0,62. Um erro relativo de 10% (Er) e o valor de  $D_2$  foram encontrados na tabela estatística correspondente a 10 cronometragens, sendo este igual a 3,078 e a média da amostra referente a primeira operação (triturar ingredientes). Os dados podem ser observados na Figura 24.

Figura 24. Coeficientes de distribuição normal e número de cronometragens.

Coeficientes de distribuição normal										
Probabilidade	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96	2,05	2,17	2,33	2,58
Coeficiente $d_2$ para o número de cronometragens iniciais										
N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$D_2$	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078	

Fonte: Martins e Laugeni (2005)

De posse desses dados e das cronometragens prévias, pode-se calcular o número de cronometragens (N) necessárias para cada operação:

$$N = \left( \frac{1,65 \times 0,62}{0,1 \times 3,078 \times 2,22} \right)^2$$

$$N = 2,24$$

Após a realização do cálculo, pode-se verificar que seriam necessárias apenas 3 cronometragens (extrapolando para cima) para a primeira operação (triturar ingredientes). A Tabela 2 apresenta o número de cronometragens (N) necessárias para cada operação.

Tabela 2 - Número de cronometragens (N) para cada operação.

Operação	Z	R	Er	D <sub>2</sub>	$\bar{X}$	N
Triturar ingredientes	1,65	0,62	0,1	3,078	2,22	<b>2,24</b>
Produção do sal temperado no misturador	1,65	0,91	0,1	3,078	3,23	<b>2,28</b>
Pesar e embalar	1,65	24,41	0,1	3,078	47,63	<b>7,54</b>
Selagem	1,65	4,46	0,1	3,078	21,37	<b>1,25</b>
Rotulagem	1,65	1,96	0,1	3,078	15,90	<b>0,44</b>
Tampar a embalagem	1,65	1,70	0,1	3,078	20,26	<b>0,20</b>
Encaixotar o produto	1,65	1,85	0,1	3,078	7,13	<b>1,93</b>

Fonte: O autor (2022).

Como podemos observar através da Tabela 2, apenas na operação três foi necessário realizar oito cronometragens. Mesmo que para a maioria das operações o número necessário de cronometragens (N) foi baixo, optou-se por utilizar a média das 10 cronometragens iniciais como o valor necessário para a realização das atividades do setor de produção, conferindo maior confiabilidade.

### 5.3 AVALIAÇÃO DO RITMO DO OPERADOR

Observou-se que os colaboradores apresentam um ritmo Normal de habilidade e esforço, ou seja, igual a 100%. São devidamente treinados, apresentando ritmo constante de trabalho e esforço satisfatório com poucas avarias durante o processo produtivo.

### 5.4 DETERMINAÇÃO DO TEMPO NORMAL

O cálculo do tempo normal (TN) é definido como o produto entre o tempo cronometrado (TC) e a eficiência do operador, sendo o TC igual ao tempo total de cada cronometragem. Para o presente estudo de caso, realizou-se o cálculo do tempo normal, adotando um ritmo de 100%, ou seja, o tempo normal se torna o valor da média entre os tempos cronometrados válidos, conforme a Tabela 3 apresenta.

Tabela 3 - Operações e tempos normais.

<b>Operação</b>	<b>Tempo Normal (min)</b>
Triturar ingredientes	2,22
Produção do sal temperado no misturador	3,23
Pesar e embalar	47,63
Selagem	21,37
Rotulagem	15,90
Tampar a embalagem	20,26
Encaixotar o produto	7,13

Fonte: O autor (2022).

### 5.5 DETERMINAÇÃO DO TEMPO PADRÃO

Não há como impor para uma pessoa que ela trabalhe sem interrupções o dia inteiro. Todo o operário deve ter um tempo reservado para suas

necessidades pessoais, e por essa razão as tolerâncias pessoais devem ser consideradas de grande importância.

O valor do fator de tolerância (FT) indicado por Martins e Laugeni (2005) para trabalhos em unidades industriais com boas condições de trabalho, sendo esse valor igual a 1,20. Assim com os valores de tempo normal e fator de tolerância definidos, pode-se calcular o tempo padrão das operações através da equação (5), os mesmos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Operações e tempos padrões.

<b>Operação</b>	<b>Tempo Padrão (min)</b>
Triturar ingredientes	2,67
Produção do sal temperado no misturador	3,88
Pesar e embalar	57,16
Selagem	25,64
Rotulagem	19,08
Tampar a embalagem	24,31
Encaixotar o produto	8,56

Fonte: O autor (2022).

## 5.6 CALCULO DA CAPACIDADE PRODUTIVA

Através dos resultados obtidos com o tempo padrão das operações e a carga horária de mão de obra diária disponível na empresa, pode-se calcular a capacidade produtiva da mesma utilizando a equação (6). Somando-se os TP das operações, temos o tempo total de produção do lote igual a 141,30 minutos ou aproximadamente 2,35 horas.

$$CP = \frac{8}{2,35} = 3,40$$

O resultado indica que se pode produzir 3,40 lotes de 264 unidades de sal temperado diariamente na fábrica.

## 5.7 SIMULAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO NO ARENA

### 5.7.1 Como simular

Em uma simulação, é construído um modelo lógico-matemático que representa a dinâmica do sistema em estudo. Este modelo normalmente incorpora valores para tempos, distâncias, recursos disponíveis, etc. No Arena, esta modelagem é feita visualmente com objetos orientados à simulação e ao modelo são anexados dados sobre o sistema.

Neste ponto a simulação se diferencia, pois não são utilizados valores médios para os parâmetros no modelo, e sim distribuições estatísticas geradas a partir de uma coleção de dados sobre o parâmetro a ser inserido. Somando-se os dados e o modelo lógico-matemático, teremos uma representação do sistema no computador. Com esse sistema podemos realizar vários testes e coletar dados de resultados que irão mostrar o comportamento do sistema bem próximos do real.

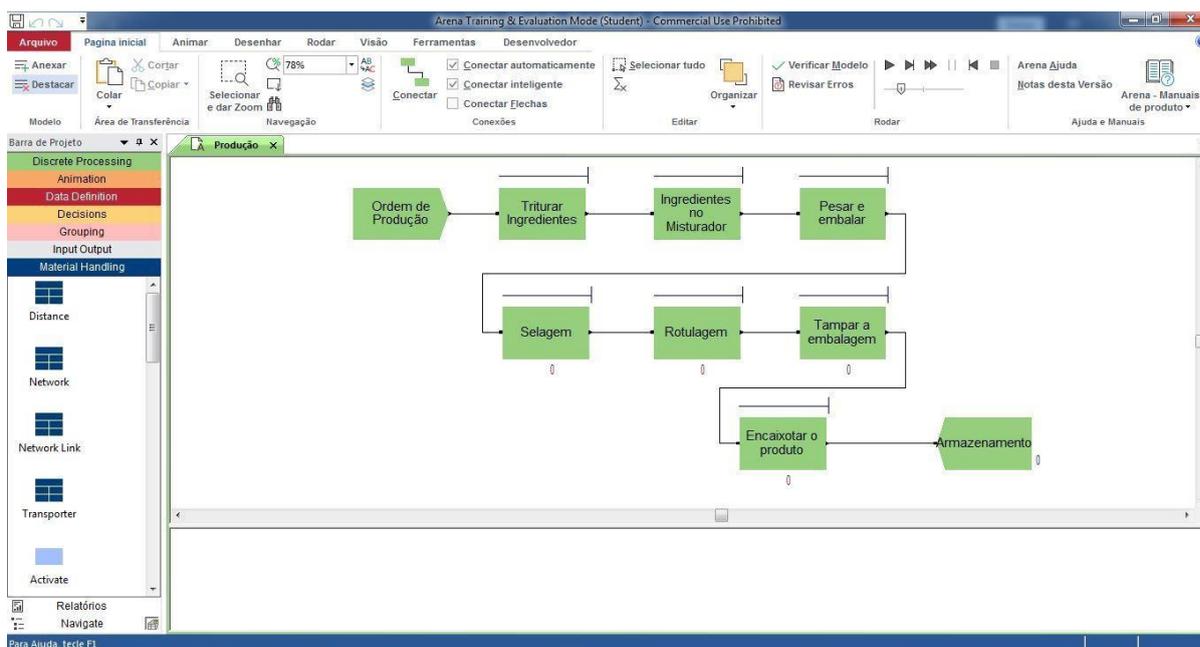
De forma sucinta, estes são os passos de uma simulação, na maioria dos casos:

1. É realizado um estudo sobre o comportamento do sistema a ser simulado, coletando-se as informações de tempo necessárias;
2. O modelo é construído no Arena e alimentado com os tempos coletados na etapa anterior;
3. O Arena é acionado para fazer funcionar o modelo e gerar resultados sobre o seu comportamento;
4. Estes resultados são analisados e, baseadas nas conclusões, novas mudanças são feitas no modelo para aperfeiçoar o processo.
5. Neste ponto, retorna-se para a etapa 3, gerando novos resultados. Este ciclo se repete até que o modelo se comporte de forma satisfatória. Como se trata de uma réplica fiel do sistema original, os resultados obtidos pelo modelo serão válidos também para o sistema.

A empresa tem como meta para o ano de 2023, aumentar o raio de alcance das vendas na região e aumentar sua capacidade de produção para atender tal demanda. Atualmente, a Tempero de Mainha tem capacidade para produzir 3,40 lotes de Sal temperado diariamente. Cada lote é composto de 264 unidades do produto, logo a empresa tem a capacidade de produzir, em média, 19,7 mil Sais temperados/mês. Estima-se que com o aumento projetado das vendas, necessita-se produzir 30 mil Sais temperados/mês. Assim, partiu-se dessa hipótese para realizar algumas simulações no Arena® e verificar quais recursos podem ser ajustados ou adicionados para que a produção possa atingir a demanda futura de vendas.

A Figura 25 apresenta o modelo lógico-matemático de simulação utilizado na Tempero de Mainha.

Figura 25. Modelo lógico-matemático da Tempero de Mainha.



Fonte: O autor (2022).

Utilizou-se dos tempos obtidos através da cronoanálise para alimentar os dados de entrada do Arena®. Optou-se por utilizar a distribuição Normal como entrada dos processos, sendo necessária a realização do cálculo da média e desvio padrão de cada operação. Na Tabela 5 são apresentados os valores da média e desvio padrão de cada operação.

Tabela 5 - Valores da média e desvio padrão das operações.

<b>Operação</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Triturar ingredientes	2,22	0,17
Produção do sal temperado no misturador	3,23	0,29
Pesar e embalar	47,63	8,20
Selagem	21,37	1,48
Rotulagem	15,90	0,62
Tampar a embalagem	20,26	0,52
Encaixotar o produto	7,13	0,47

Fonte: O autor (2022).

Para iniciar a simulação é necessário informar ao *software* quantas entidades chegam por vez, o intervalo de tempo entre cada chegada e a quantidade máxima que chega, conforme a tela de configuração do Arena, exibida pela Figura 26.

Figura 26. Tela de configuração inicial do *Create*.

The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings:

- Name:** Ordem de Produção
- Entity Type:** Lotes
- Time Between Arrivals:**
  - Type: Expression
  - Expression: EXPO( 2.35 )
  - Units: Hours
- Entities per Arrival:** 1
- Max Arrivals:** infinte
- First Creation:** 0.0
- Comment:** (empty text box)

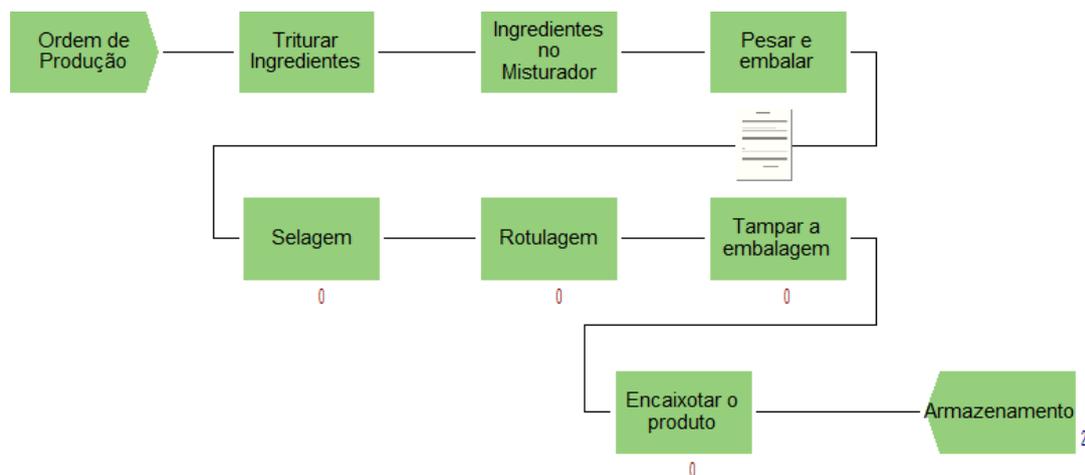
Fonte: O autor (2022).

A entidade trata de um lote de produção (264 saís temperados). Como a previsão de demanda é de 30.000 saís temperados/mês e considerando 22 dias de produção no mês, a fábrica terá que produzir 1.364 produtos por dia.

O tempo entre chegadas (*Time Between Arrivals*) para este tipo de cenário é uma distribuição exponencial (PRADO, 2004). Utilizando o tempo médio de produção de um lote de 2,35 horas. Foi definido como infinito (*Infinite*) o número máximo de entidades (lotes de produção) que chegam por dia.

De acordo com Prado (2004), para os processos, no cenário da empresa, a distribuição recomendada é a normal que utiliza o tempo médio e o desvio padrão, respectivamente, de cada etapa do processo produtivo. A Figura 27 apresenta o fluxograma (modelo) em simulação.

Figura 27. Fluxograma em simulação.



Fonte: O autor (2022).

Na Figura 28 é possível observar que tem recursos alocados no processo na aba *resources*. Estes recursos podem ser máquinas, pessoas ou equipamentos utilizados naquela etapa do processo produtivo.

Figura 28. Tela de configuração dos processos.

The screenshot shows the 'Process' configuration window with the following details:

- Name:** produção do sal temperado no misturador
- Type:** Standard
- Logic:**
  - Action:** Seize Delay Release
  - Priority:** Medium(2)
- Resources:**
  - Resource, Colaborador 1, 1
  - Resource, Misturador, 1 (selected)
  - <End of list>
- Delay Type:** Expression
- Units:** Minutes
- Allocation:** Value Added
- Expression:** NORM( 3.23 , 0.29 )
- Report Statistics
- Comment:** (empty text area)

Fonte: O autor (2022).

A primeira simulação foi realizada com as condições atuais da fábrica, simulando uma jornada de trabalho diária de 8 horas e pode-se constatar que, com a capacidade produtiva atual, a produção não conseguirá atender a demanda desejada, já que na simulação deu o mesmo resultado do calculado anteriormente. A Figura 29 apresenta o relatório de simulação com o número de lotes que começaram a ser produzidos representados por *Number In* e o número de lotes que foram finalizados representado por *Number Out*, verificou-se que o valor da capacidade produtiva de 3,40 está de acordo com o valor apresentado na simulação do Arena® entre 3 e 4.

Figura 29. Relatório com a quantidade de entradas e saídas de lotes (1ª simulação).

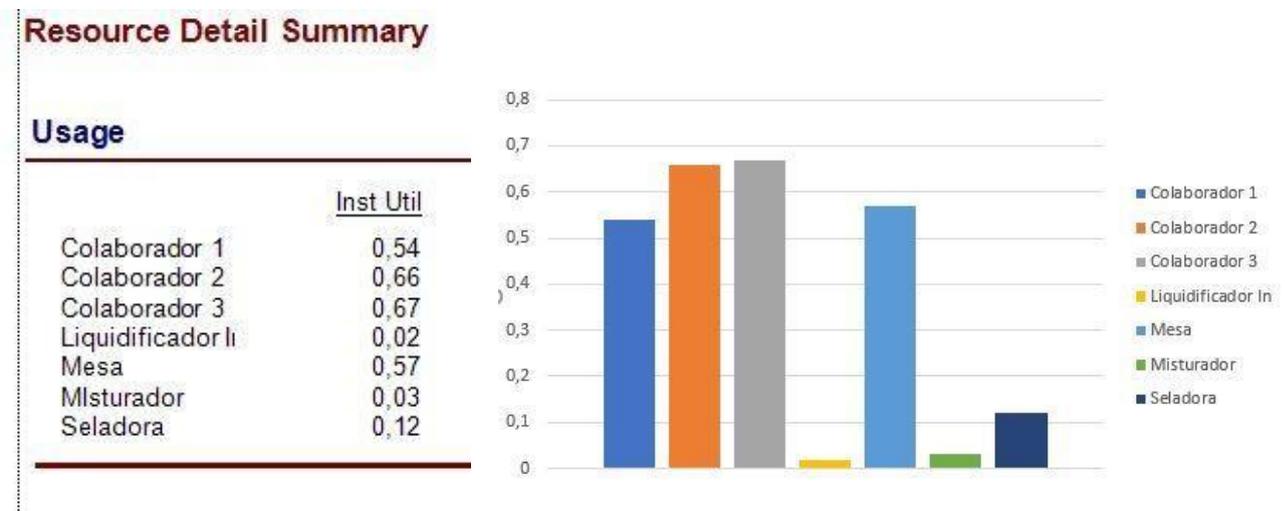
### Other

Number In	Value
Lotes	4
Number Out	Value
Lotes	3

Fonte: O autor (2022).

A Figura 30, apresenta o gráfico da porcentagem de utilização de cada recurso ao final do processo produtivo, este gráfico foi retirado do relatório de simulação do Arena®. A partir do gráfico é possível identificar que os recursos mais utilizados são os colaboradores 1, 2 e 3 e a mesa.

Figura 30. Gráfico da porcentagem de utilização dos recursos (1ª simulação).



Analisando o gráfico da Figura 30 é possível observar que a porcentagem de utilização entre os colaboradores está equilibrada, ou seja, todos os colaboradores estão trabalhando no ritmo normal. A diferença de utilização entre os recursos humanos e as máquinas ocorre, pois o processo produtivo é estritamente manual.

A etapa produtiva de pesar e embalar o produto é que demanda mais tempo e esforço dos colaboradores, por conta disso é o processo que possui a maior média de tempo e desvio padrão, logo esta etapa é considerada um gargalo no setor produtivo deste produto.

Apesar dos colaboradores trabalharem no ritmo normal, para a produção atual conseguir atender a uma demanda de 30000 produtos por mês seria necessário diminuir o tempo médio total na produção do Sal temperado.

Apresentando as análises realizadas a partir da primeira simulação para o proprietário da empresa, foi sugerido três possíveis soluções para melhorar a capacidade produtiva.

1. Automatização do processo produtivo;
2. Criação de turnos extras;
3. Contratação de colaboradores.

Visto que a automatização do processo produtivo e a criação de turnos extras requer planejamento estratégico e disponibilidade maior de recursos financeiros, optou-se pela contratação de colaboradores. Assim, foi realizada uma segunda simulação aumentando a quantidade de colaboradores de 3 para 4.

Com a adição de mais um colaborador na simulação, foi observado que foram produzidos 4 lotes completos e apenas 1 lote ficou na fila na operação de pesar e embalar. A Figura 31 apresenta a quantidade de lotes produzidos em um dia com a adição de mais um colaborador.

Figura 31. Quantidade de entradas e saídas de lotes (2ª simulação).

Number In	
	Value
Lotes	5.0000
Number Out	
	Value
Lotes	4.0000

Fonte: O autor (2022).

A Figura 32 apresenta o percentual de utilização dos recursos para a segunda simulação realizada, no qual foi acrescentado mais um colaborador.

Figura 32. Gráfico da porcentagem de utilização dos recursos (2ª simulação).



Fonte: O autor (2022).

A terceira simulação foi feita levando-se em conta a contratação de mais um colaborador, com isso foi observado que foram produzidos 6 lotes completos e apenas 1 lote ficou na fila na operação de pesar e embalar. A Figura 33 apresenta a quantidade de lotes produzidos em um dia com a adição de mais um colaborador em comparação com a segunda simulação.

Figura 33. Quantidade de entradas e saídas de lotes (3ª simulação).

Number In	Value
Lotes	7.0000

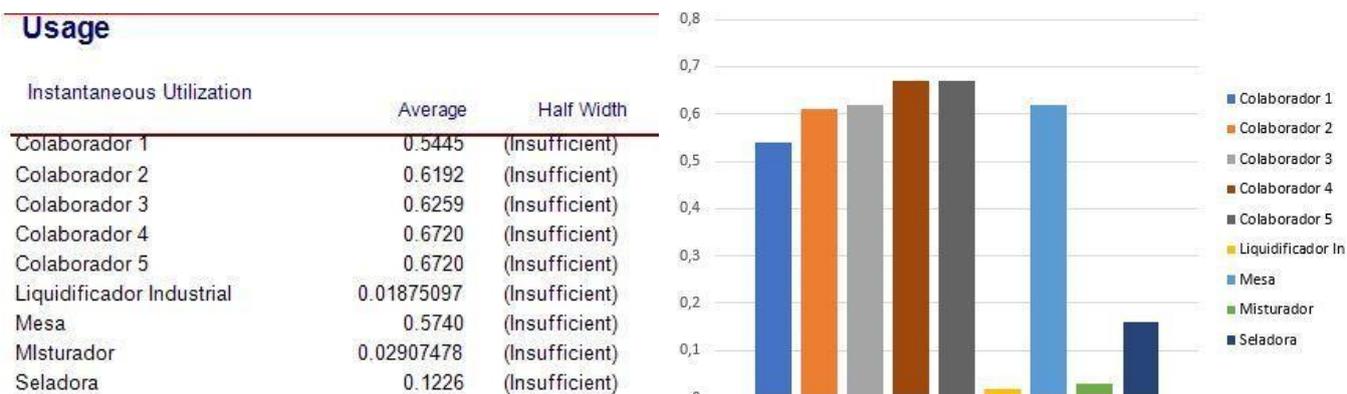
  

Number Out	Value
Lotes	6.0000

Fonte: O autor (2022).

A Figura 34 apresenta o percentual de utilização dos recursos para a terceira simulação realizada, no qual foi acrescentado mais um colaborador.

Figura 34. Gráfico da porcentagem de utilização dos recursos (3ª simulação).



Fonte: O autor (2022).

Analisando a Figura 34, é possível identificar que a porcentagem de utilização dos colaboradores não teve mudança significativa em comparação com a primeira e a segunda simulação. Esse fator ocorre devido as etapas do processo produtivo estarem bem definidas e a aquisição de novos colaboradores auxiliou para a diminuição do tempo médio de produção de um lote do Sal temperado.

A seguir são apresentados alguns dados retirados dos relatórios das três simulações realizadas no *software* Arena®. A tabela 6 apresenta os tempos médio, mínimo e máximo de produção de uma entidade (lote de produção). Na simulação 01 apenas três lotes saíram completos ao final do processo. Na simulação 02 pode-se notar que houve a diminuição do tempo médio, cerca de 37 minutos, possibilitando a saída de quatro lotes de produção completos. Na simulação 03, o tempo médio diminuiu, aproximadamente, 25 minutos em comparação com a simulação 02, possibilitando a saída de seis lotes de produção.

Tabela 6 - Tempos de produção de um lote de produtos.

Simulação	Tempo de produção (Horas)		
	Médio	Mínimo	Máximo
1	2,35	2,02	2,54
2	1,73	1,50	2,01
3	1,31	1,17	1,62

Fonte: O autor (2022).

Utilizando o tempo médio da simulação 03, podemos calcular a nova capacidade produtiva com cinco colaboradores no setor produtivo.

$$CP = \frac{8}{1,31} = 6,11$$

Logo, a capacidade produtiva diária da empresa com mais dois colaboradores seria de 6,11 lotes produzidos. Resultando em, aproximadamente, 35,5 mil produtos produzidos mensalmente.

## 6 CONCLUSÃO

Este estudo permitiu verificar a importância da cronoanálise e do conhecimento sobre capacidade produtiva para melhorar a produtividade das empresas e auxiliar no seu desenvolvimento. Mostrou-se um estudo eficaz à medida que foi possível conhecer todas as operações do processo, cronometrá-las e definir qual o tempo padrão para que sejam realizadas, respeitando a saúde e bem estar dos colaboradores.

Com base nos conceitos utilizados neste trabalho sobre cronoanálise, tempo padrão, processo produtivo e capacidade produtiva, buscou-se mostrar como a utilização desses conceitos alinhados com ferramentas de simulação computacional podem influenciar produtivamente e economicamente a tornar a empresa mais competitiva no mercado. Visto que os objetivos destes procedimentos visam otimizar o setor produtivo.

As ferramentas de simulação têm crescido em popularidade por serem aplicáveis em praticamente todos os processos produtivos e proporcionarem dados suficientemente precisos para tomadas de decisões. No que se refere ao planejamento da produção, a simulação tem um efeito satisfatório na determinação da capacidade produtiva, estudo de impactos pela variação da demanda e decisões estratégicas de programação.

A utilização do *software* de simulação Arena® mostrou-se muito relevante pois permitiu a construção de vários cenários do processo produtivo. No melhor cenário simulado, foram produzidos 1613 sais temperados por dia, ou 35848 por mês, ou seja, a capacidade produtiva da empresa aumentou em 79,7%, sendo capaz de atender a demanda estimada.

Assim, os resultados obtidos foram satisfatórios para a empresa, pois foi possível estudar detalhadamente seu processo produtivo e realizar algumas simulações para ter uma tomada de decisão mais assertiva quanto ao futuro do setor produtivo, sem influenciar no processo real. Com isso, a empresa já sabe a quantidade de colaboradores necessários para chegar a capacidade produtiva desejada. Logo, conclui-se que o trabalho atingiu os objetivos propostos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, Rodrigo Furlan de *et al.* **SIMULAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS: UMA PESQUISA-AÇÃO EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA.** In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa. **Artigo.** João Pessoa: Enegep, 2016. p. 1-16.

BAGGA, Nikhita. **Produção em lote.** 2013. Disponível em: [getrevising.co.uk](http://getrevising.co.uk).. Acesso em: 18 fev. 2022.

BARNES, R.M. **Estudo de tempos e movimentos: projeto e medida do trabalho.** Tradução de Sergio Luis Oliveira Assis, José S. Guedes Azevedo e Arnaldo Pallota. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

BORTOLI, Henrique Weber. **APLICAÇÃO DA CRONOANÁLISE PARA MELHORIA DO PROCESSO DE SUPRIMENTO DA LINHA DE MONTAGEM DE UMA EMPRESA DE GRANDE PORTE DO RAMO AGRÍCOLA.** 2013. 55 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Faculdade Horizontina, Horizontina, 2013.

COSTA, Elias Carvalho Batista da. **APLICAÇÃO DO ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS PARA A DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA EM UMA EMPRESA DE PRÉ-MOLDADOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM.** In: XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37., 2017, Joinville. **Artigo.** Joinville: Enegep, 2017. p. 1-18.

FIGUEIREDO, Luís Henrique Wanderley de. **Aplicação dos tipos de *layout*: uma análise da produção científica.** 2016. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

GENOV, I. R; SOLÉ, D; SANTOS, A. B. R; ARRUDA, L. K. P. Tropomiosinas e reatividade cruzada. **Revista Brasileira de Alergia e Imunologia**, v. 32, p. 89-95, 2009. Disponível em: <http://www.sbai.org.br/revistas/Vol323/ART%203->

09%20-%20Tropomiosinas%20e%20reatividade%20cruzada.pdf. Acesso em 02 Jun. 2022.

GERHARDT, T. E., SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Universidade Alberta do Brasil – UAB/UFRGS, Porto Alegre, 2009.

GOLDRATT, E. M. **A Meta na Prática**. São Paulo: Nobel, 2006.

LEE, Q. **Projeto de instalações e do local de trabalho**. São Paulo: IMAM, 1998.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2003.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MIYAKE, Dario Ikuo. **Arranjo Físico de Sistemas de Produção**. 2005. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5369135-Arranjo-fisico-de-sistemas-de-producao-escola-politecnica-da-usp-departamento-de-engenharia-de-producao-prof-dr-dario-ikuo-miyake-2005.html>. Acesso em: 22 jul. 2022.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: Sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.

PARAGON. **Arena: Arena Acadêmico (STUDENT)**. Disponível em: Acesso em: 25 abr. 2022.

PARAGON Decision science. **Arena - Paragon, 2018. Página inicial**. Disponível em: . Acesso em: 28 de abr. de 2022.

PARANHOS FILHO, M. **Gestão da Produção Industrial**. Curitiba: Ibpex, 2007.

PEINADO, J.; GRAEML, A.R. **Administração da produção (Operações Industriais e de Serviços)**. Curitiba: [s.n.], 2004. \_\_\_\_\_. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PESSOTTI, Rafaella Queiroz. **APLICAÇÃO DA CRONOANÁLISE E DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE COMO MEIO PARA AUMENTO DA PRODUTIVIDADE EM UMA EMPRESA DO RAMO MOVELEIRO**. 2015. 15 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Faacz, Fortaleza, 2015.

PRADO, D.(2004) – **Usando o Arena em Simulação**. Vol. 3.- INDG, Belo Horizonte. PEGDEN, C.D., SHANNON, R.E., SADOWSKI, R.P. **Introduction to Simulation Using SIMAN**, McGraw-Hill, New York, USA. v. 2. 1990.

SEBRAE. **Temperos, especiarias, molhos e os condimentos são oportunidades na Gourmetização**. Disponível em: <https://respostas.sebrae.com.br/temperos-especiarias-molhos-e-os-condimentos-estao-fortalecendo-oportunidades-para-pequenos-negocios/>. Acesso em: 29 nov. 2013.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2002.

SOUZA, Tiago Francioli. **A Simulação a Eventos Discretos como ferramenta de apoio à Tomada de Decisão em empresas do ramo de mineração: Aplicação em uma unidade da Yamana Gold**. 2009. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

STEVENSON, Willian J. **Administração das operações de produção**; Rio de Janeiro: LT C, 2001. pp.232-268.

TOLEDO JR, I.F.B.; KURATOMI, S. **Cronoanálise base da racionalização, da produtividade da redução de custos**. 3. ed. São Paulo: Itysho, 1977.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2009.

VELOSO, Rizia; Nazaré, Deisiane B.; CASTRO; Fernanda P.; NEGRÃO, Leony L. L.; Carneiro; Mariana P. **Estudo de tempos aplicado a um serviço de revisão geral de motocicletas na cidade de redenção-PA**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves, RS, out. 2012.

WOOD JUNIOR, Thomaz *et al.* **EMPRESAS BRASILEIRAS E O DESAFIO DA COMPETITIVIDADE**. 2007. 47 f. Tese (Doutorado) - Curso de Gestão Internacional, Fgv-Eaesp, São Paulo, 2007.

ZANELLA, Liane Carly Hermes. **Metodologia de Pesquisa**. 2. ed. Santa Catarina: Reimpressa, 2013.

**APÊNDICE A – Tabela das cronometragens do processo produtivo**

<b>CRONOMETRAGENS</b>														
<b>PROCESSO PRODUTIVO - SAL TEMPERADO</b>														
													<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Triturar ingredientes</b>	2,65	2,22	2,18	2,14	2,03	2,08	2,11	2,22	2,19	2,34	2,22	2,19	2,22	0,158355182
<b>Misturador</b>	2,67	2,99	3,26	3,67	3,39	3,25	3,14	3,58	3,4	2,96	3,23	3,4	3,23	0,273710198
<b>Pesar e embalar</b>	40,41	39,65	43,54	39,49	41,87	42,68	45,89	43,9	44,13	46,72	42,83	44,13	42,83	2,254352558
<b>Selagem</b>	21,11	19,47	19,34	23,18	23,9	22,15	21,18	22,64	20,71	20,06	21,37	20,71	21,37	1,410494433
<b>Rotulagem</b>	16,94	15,45	15,78	16,74	14,98	15,67	16,01	16,46	15,84	15,11	15,90	15,84	15,90	0,592127136
<b>Tampar a embalagem</b>	19,34	19,98	20,57	21,04	20,66	19,74	20,08	20,34	20,97	19,89	20,26	20,97	20,26	0,499043631
<b>Encaixotar o produto</b>	6,25	7,01	6,69	8,1	7,54	6,91	7,23	7,34	7,03	7,17	7,13	7,03	7,13	0,447763127