



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS  
CAMPUS MORRO DO CRUZEIRO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



**BRUNO ERICK SIQUEIRA WANDERLEY**

**O PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA  
PRODUÇÃO DE AVIÁRIOS DE PEQUENO PORTE: UMA  
ANÁLISE POR MEIO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

Ouro Preto  
Fevereiro de 2024

**BRUNO ERICK SIQUEIRA WANDERLEY**

**O PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA  
PRODUÇÃO DE AVIÁRIOS DE PEQUENO PORTE: UMA  
ANÁLISE POR MEIO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

Projeto de Conclusão de Curso apresentado  
à Universidade Federal de Ouro Preto, como  
parte dos requisitos para obtenção de grau de  
bacharelado em Engenharia de Produção.

Orientadores: Profa. Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães

Ouro Preto  
Fevereiro de 2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,  
ADMINISTRAÇÃO E ECON



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Bruno Erick Siqueira Wanderley**

### O PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DE AVIÁRIOS DE PEQUENO PORTE: UMA ANÁLISE POR MEIO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 22 de fevereiro de 2024

#### Membros da banca

Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto- UFOP)  
Dr. Aloísio de Castro Gomes Junior (Universidade Federal de Ouro Preto- UFOP)  
Dr. Helton Cristiano Gomes (Universidade Federal de Ouro Preto- UFOP)

Irce Fernandes Gomes Guimarães , orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 24/02/2024



Documento assinado eletronicamente por **Irce Fernandes Gomes Guimaraes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/02/2024, às 15:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0672124** e o código CRC **502B0C82**.

## Agradecimentos

Antes de concluir esta importante etapa da minha jornada acadêmica, gostaria de expressar minha mais profunda gratidão a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

Primeiramente, agradeço a Deus, fonte de toda sabedoria e força, que me guiou ao longo deste caminho e me permitiu superar os desafios.

A minha orientadora, Profa. Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães, por sua paciência, dedicação e valiosos *insights* que foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho. Sua orientação e apoio não apenas enriqueceram minha pesquisa, mas também contribuíram significativamente para meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço também aos professores da Engenharia de Produção e à instituição de ensino Universidade Federal de Ouro Preto, pelo ambiente de aprendizado estimulante e pelo conhecimento compartilhado. Cada aula, discussão e orientação foram essenciais para a minha formação.

Um agradecimento especial à minha família, pelo amor incondicional, apoio e incentivo constante. Vocês foram a minha força nas horas de desafio e a minha maior motivação para seguir em frente.

Aos meus amigos, pelo companheirismo, compreensão e momentos de descontração que me ajudaram a manter o equilíbrio e a persistência necessários ao longo dessa jornada.

E, finalmente, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste estudo, minha sincera gratidão. Este trabalho é também um reflexo do apoio e da confiança que vocês depositaram em mim.

## Resumo

O objetivo geral da monografia é analisar melhorias nos processos de produção de frango de corte na propriedade em estudo. Esta análise visa aprimorar o Planejamento e Controle da Produção (PCP), identificar gargalos, criar indicadores de controle e medir a produtividade do processo. Os objetivos específicos incluem mapear o processo de produção do frango de corte para identificar e tratar os gargalos, e por meio de aprimoramento do sequenciamento eliminar desperdícios, simular o processo produtivo para identificar oportunidades de melhorias e criar possíveis indicadores de controle para melhor elaboração do planejamento do processo.

A pesquisa empregou uma abordagem que incluiu a modelagem e simulação do processo produtivo em um *software* específico (ARENA®), análise da redução de desperdícios com a aplicação do *Lean Manufacturing* em um estudo de caso, além do desenvolvimento de cenários hipotéticos para a melhoria nos pesos iniciais das aves, melhoria na alocação e disponibilização dos recursos, e finalmente aumento da densidade de alojamento. Foi realizada também a coleta e tratamento de dados para validar o modelo e as hipóteses propostas.

Os resultados englobam a apresentação do modelo estudado, incluindo os macroprocessos de tratamento do aviário, pré-alojamento, fase inicial das aves, fase de crescimento e pré-abate. A pesquisa também abordou a análise de cenários hipotéticos, cuja melhor taxa de retorno do investimento encontra-se no Cenário Hipotético 3, sendo também o caso que demanda maior investimento, porém salienta-se que no Cenário Hipotético 2 é encontrado melhores índices de eficiência produtiva. Todas as hipóteses levantadas foram válidas, visto que em todos os cenários foram obtidas melhoras no peso inicial do aviário, a necessidade de investimento em novos equipamentos, possibilitando no Cenário Hipotético 3 maior densidade de alojamento.

As conclusões do estudo focam na importância dos resultados obtidos e como eles contribuem para o campo do PCP, especialmente no contexto da produção avícola. Sugere-se, ao final da apresentação dos resultados e conclusão, possíveis estudos futuros e implicações práticas para a melhoria da eficiência na produção avícola.

**Palavras chave:** Planejamento e Controle da Produção; Mapeamento de Processos; Simulação Computacional; Sequenciamento; Produção Avícola.

## **Abstract**

The general objective of this thesis is to analyze improvements in the broiler chicken production processes at the studied farm. This analysis aims to enhance Production Planning and Control (PPC), identify bottlenecks, create control indicators, and measure the process productivity. The specific objectives include mapping the broiler chicken production process to identify bottlenecks and verify the best sequence without waste, simulating the production process to identify the best scenarios and improve the productive sequence, and creating potential control indicators for better process planning.

The research employed an approach that included modeling and simulation of the production process using specific software (ARENA®), analysis of waste reduction through Lean Manufacturing, as well as the development of hypothetical scenarios for improvement in the initial weights of the birds, equipment enhancements, and increased housing density. Data collection and processing were also conducted to validate the model and the proposed hypotheses.

The results encompassed the presentation of the studied model, including the macro processes of aviary treatment, pre-housing, initial phase of the birds, growth phase, and pre-slaughter. The research also addressed the analysis of hypothetical scenarios and the validation of the raised hypotheses.

The conclusions of the study focus on the importance of the obtained results and how they contribute to the field of PPC, especially in the context of poultry production. The thesis suggests possible future studies and practical implications for improving efficiency in poultry production.

**Keys words:** *Planning and production control; Process Mapping; Computational Simulation; Sequencing; Poultry Production.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de produção de frango	15
Figura 2- Fase de pré-alojamento	16
Figura 3 – Processo de tratamento da cama de frango	18
Figura 4 – Objetos de modelagem de processos	19
Figura 5 – Fluxograma de processos de entrada de lead em uma clínica	19
Figura 6 - PCP como elemento estratégico	23
Figura 7 - Sequência fixa de máquinas	25
Figura 8 - Sequência predeterminada	25
Figura 9 - Sequenciamento <i>Job Shop</i>	27
Figura 10 - Sequenciamento <i>Open Shop</i>	28
Figura 11- Tela inicial do software ARENA®	31
Figura 12 - Templates do software ARENA®	32
Figura 13 - Etapas da Simulação	35
Figura 14 - Bloco de anotações	37
Figura 15- Representação do aviário	38
Figura 16 - Macroprocesso tratamento do aviário	39
Figura 17 - Subprocesso tratamento do aviário	40
Figura 18 - Subprocesso de lavagem do aviário	41
Figura 19- Subprocesso de tratamento contra vetores	42
Figura 20 - Macroprocesso pré-alojamento	43
Figura 21- Subprocesso trato nos comedouros infantis	43
Figura 22 - Subprocesso trato no papel	44
Figura 23 - Subprocesso encher linhas de ração	44
Figura 24 - Subprocesso descarga dos pintainhos	45
Figura 25 - Macroprocesso Fase inicial	46
Figura 26 - Subprocesso descarte de aves mortas	47
Figura 27 - Subprocesso aquecimento	47
Figura 28 – Subprocesso Manejo	48
Figura 29 - Subprocesso desmonte da fomalha	48
Figura 30 -Macroprocesso fase de crescimento	49
Figura 31- Subprocesso rastelar aviário	50
Figura 32 - Subprocesso manejo fase de crescimento	50
Figura 33 -Macroprocesso fase pré-abate	51
Figura 34 - Subprocesso pesagem	52
Figura 35 - Subprocesso carregamento das aves	52
Figura 36 - Subprocesso transferência ração caminhão-silo	53
Figura 37 - Subprocesso transferência ração caminhão-silo	54
Figura 38 - Modelagem tratamento do aviário	58
Figura 39- Modelagem Pré-Alojamento	59
Figura 40 - Modelagem Fase Inicial	60
Figura 41 - Modelagem Fase Crescimento e Final	61

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Tipos de sequenciamento	24
Tabela 2 - Distribuição estatística por atividade	56
Tabela 3 - Comparação simulação e real dos principais indicadores	62
Tabela 4 – Cenário atual	63
Tabela 5 - Cenário hipotético 1	64
Tabela 6- Cenário hipotético 2	65
Tabela 7- Cenário hipotético 3	66
Tabela 8 - Cenários Simulados	67

## LISTAS DE EQUAÇÃO

Equação 1.....	17
Equação 2.....	17
Equação 3.....	26
Equação 4.....	29
Equação 5.....	29
Equação 6.....	29
Equação 7.....	29
Equação 8.....	29
Equação 9.....	29
Equação 10.....	50

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
1.1. Contextualização .....	11
1.2. Objetivos.....	12
1.3. Relevância do Estudo.....	12
1.4. Hipóteses .....	13
1.5. Estrutura da monografia .....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	14
2.1. Princípios básicos do processo de produção do frango de corte.....	14
2.2. Cuidados básicos com a cama de frango .....	16
2.3. Mapeamento de Processos .....	18
2.4. Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ).....	20
2.5. Planejamento e Controle da Produção (PCP).....	21
2.5.1. Programação da Produção.....	23
2.6. Sequenciamento .....	23
2.6.1. Sequenciamento da Produção em Ambientes Flow Shop .....	24
2.6.2. Sequenciamento da Produção em Ambientes Job Shop .....	26
2.6.3. Sequenciamento Open Shop .....	27
2.7. Indicadores de Produção.....	28
2.8. Simulação .....	29
2.8.1. Software ARENA® .....	30
3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA O DESENVOLVIMENTO DESSA PESQUISA.....	34
3.1. Etapas do mapeamento e da simulação .....	34
3.2. Coleta de dados.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	38
4.1. Apresentação do modelo estudado.....	38
4.1.1. Macroprocesso tratamento do aviário.....	39
4.1.2. Macroprocesso pré-alojamento.....	42
4.1.3. Macroprocesso fase inicial das aves .....	45
4.1.4. Macroprocesso fase de crescimento.....	49
4.1.5. Macroprocesso pré-abate.....	51
4.1.6. Outros processos.....	52
4.2. Análise da redução dos desperdícios pelo Lean Manufacturing.....	54
4.3. Coleta e tratamento de dados .....	55
4.4. Modelagem do Modelo no Software ARENA® .....	57
4.4.1. Tratamento do Aviário.....	57
4.4.2. Modelagem Pré-Alojamento.....	58
4.4.3. Modelagem Aves no Aviário .....	59
4.4.4. Validação do Modelo.....	61
4.5. Cenários desenvolvidos .....	62
4.5.1. Cenário hipotético 1 – Melhora nos pesos iniciais.....	63
4.5.2. Cenário hipotético 2 – melhoria nos equipamentos .....	64
4.5.3. Cenário hipotético 3 – Aumento da densidade de alojamento.....	65
4.6. Análise dos Resultados .....	66
4.7. Validação das hipóteses.....	67
5. CONCLUSÃO E ESTUDOS FUTUROS.....	69

# **1. INTRODUÇÃO**

No presente capítulo, serão abordados o tema principal e suas restrições, com o propósito de familiarizar o leitor em relação ao conteúdo que será apresentado ao longo deste estudo. Além disso, serão delineados tanto o objetivo global quanto os objetivos específicos e por último, será discutida a importância desse estudo na evolução do ambiente de estudo.

## **1.1. Contextualização**

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é uma função estratégica que busca analisar e aperfeiçoar a utilização dos recursos disponíveis, melhorar a eficiência do processo produtivo e estabelecer as diretrizes dos processos de produção. Pode-se definir PCP como o conjunto de atividades que inclui desde a previsão da demanda até a coordenação das operações de produção, sendo esse um processo que inclui o planejamento, a programação e o controle da produção (Muckstadt, 1973).

Esta função estratégica pode ser utilizada em diversos setores e serviços, principalmente naqueles mais complexos e de difícil padronização das atividades. Um exemplo é o setor de agronegócio. Este é, hoje, responsável por quase um terço do PIB brasileiro, e é um setor, que nas décadas de 70 e 80, teve grande expansão de crédito barato, que culminou no aumento do desenvolvimento tecnológico e crescimento da produção. Nas décadas seguintes, com o fim do crédito fácil, o agro brasileiro se viu na posição de aumentar sua eficiência e produtividade (Jank, Nassar e Tachinard, 2005).

Segundo dados da Embrapa (2023), apenas em 2022, o Brasil produziu mais de 14.500 toneladas de carne de frango, sendo o segundo maior produtor dessa carne no mundo e seu maior exportador. Do total produzido, aproximadamente 7% é proveniente do estado de Minas Gerais. No entanto, ainda é encontrada uma grande lacuna na eficiência da gestão dessa atividade. Isso é resultado da falta de controle, planejamento e organização por parte dos pequenos agricultores, que na maioria das vezes, não possuem subsídios suficientes para aprimorar seus planejamentos.

Desse modo, como parte do estudo dessa monografia, avaliou-se a gestão da produção e da qualidade, além da viabilização dos recursos e da programação sazonal de algumas atividades em uma pequena propriedade rural produtora de frango de corte utilizando

simulação dos dados para a melhor tomada de decisão. Nesse sentido, são expostos os propósitos deste estudo.

## **1.2. Objetivos**

O objetivo geral da monografia é analisar diferentes possibilidades de melhoria nos processos de produção de frango de corte na propriedade em uma propriedade avícola. A partir dos resultados obtidos com a simulação computacional, serão apresentadas diretrizes para aprimorar o Planejamento e Controle da Produção (PCP) visando identificar gargalos, criar indicadores de controle e medir a produtividade do processo.

Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos são também desenvolvidos:

- Mapear o processo de produção do frango de corte de forma a identificar gargalos e verificar o melhor sequenciamento sem desperdício
- Simular o processo produtivo buscando identificar os melhores cenários e verificar se a sequência produtiva pode ser melhorada.
- Criar possíveis indicadores de controle para o melhor planejamento do processo.

## **1.3. Relevância do Estudo**

O melhoramento da produção de frango de corte por meio de maior eficiência na gestão e qualidade de processos é ainda um assunto com grande defasagem de conhecimento técnico e teórico, tanto para o produtor rural quanto para o meio acadêmico. Por meio deste estudo, busca-se impactar a gestão do microempresário, além de levar para o meio científico análises consistentes sobre as diretrizes do Planejamento e Controle de Produção aplicadas em um dos setores relevantes e produtivos do Brasil: o agronegócio.

Para a Engenharia de produção, esse trabalho é uma oportunidade de conhecer melhor os processos aplicados em ambientes voltados à agricultura e pecuária, sintetizar e demonstrar o conhecimento adquirido durante o curso na prática, e aprofundar-se na aplicação de um tema específico, preparando-o assim para a carreira profissional.

Para o produtor rural, é uma oportunidade de conhecer ferramentas de apoio ao planejamento e obter uma melhor eficiência dos processos e, conseqüentemente, melhorar os índices de produção e faturamento. Além disso, o meio acadêmico pode levar até ele diversas informações para aprimoramento e uso de novas tecnologias que podem tornar o processo eficiente e rentável.

## 1.4. Hipóteses

A partir do cenário atual, é possível elaborar algumas hipóteses para cenários futuros, as quais se tornam fundamentais para direcionar este estudo. Assim, seguem as principais hipóteses levantadas:

- I. É possível melhorar o peso da ave na fase inicial do lote.
- II. É necessário investir em novos equipamentos para melhorar o índice geral de eficiência produtiva do frango (IEP).
- III. Existe a possibilidade de aumentar a quantidade de aves alojadas dentro do aviário

A descrição de cada cenário das hipóteses será abordada no capítulo de resultados.

## 1.5. Estrutura da monografia

Nesse tópico, será abordado um resumo de cada capítulo dessa monografia cujo objetivo é facilitar o entendimento deste trabalho para o leitor.

- Na introdução, a ideia foi contextualizar o leitor acerca do assunto estudado, reforçando os objetivos geral e específicos. Em complemento, destacaram-se as relevâncias que este trabalho tem para os envolvidos, as hipóteses que serão tratadas e, de forma resumida, a estrutura desta monografia.
- No Capítulo 2 é apresentado o embasamento teórico do trabalho. A pesquisa é fundamentada por meio de referências bibliográficas, abrangendo os princípios da produção do frango de corte e o trato da cama de frango. Além disso, é discutido os tópicos atuais sobre mapeamento de processos, controle e gestão da qualidade, planejamento e controle da produção e sequenciamento. O capítulo foi concluído com uma visão sobre os indicadores de produção e com uma detalhada apresentação do software ARENA®.
- No Capítulo 3 é apresentada a metodologia utilizada no trabalho, que possui natureza aplicada e objetivo exploratório. Desenvolveu-se ao longo deste capítulo as etapas do mapeamento de processos, o método de coleta de dados, no qual foi considerado três dimensões: tempo, espaço e peso. Os dados coletados foram anotados conforme a Figura 10.
- No Capítulo 4 tanto as características das propriedades em estudo quanto os processos e macroprocessos diários foram modelados em fluxogramas. Em seguida, eles são desenvolvidos no software ARENA® para modelar o sistema atual e projetar cenários hipotéticos.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Este capítulo tem como propósito fornecer os conceitos principais e uma base sólida e coerente para o estudo, apresentando uma seleção das pesquisas mais recentes referentes ao tema abordado.

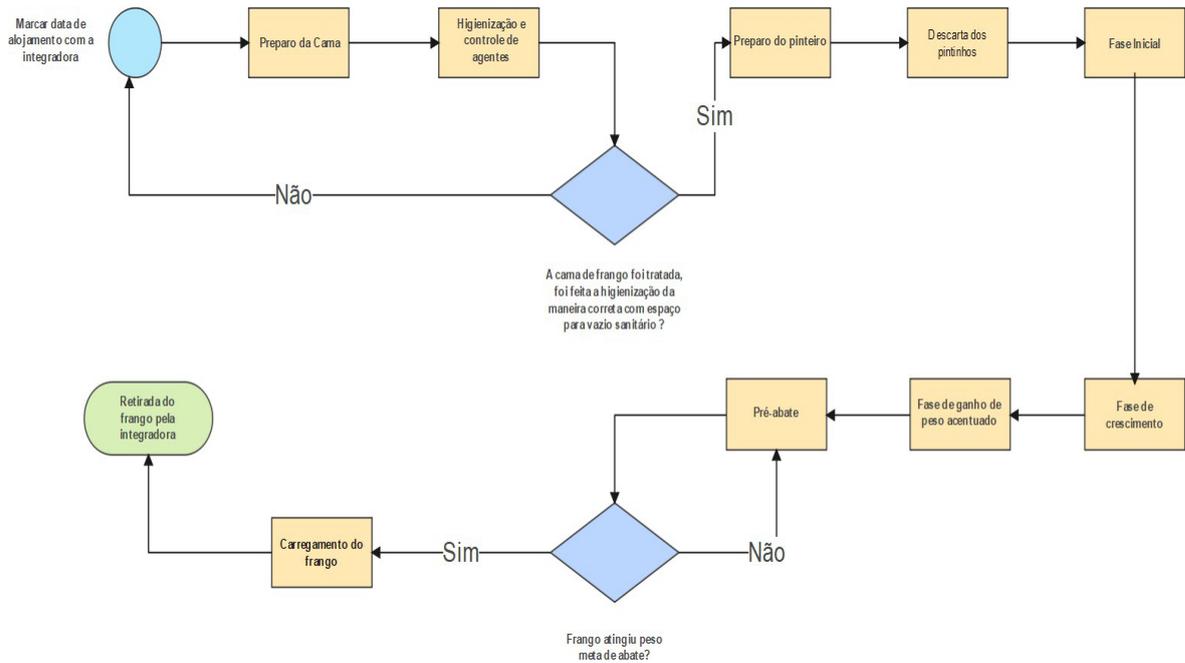
### **2.1. Princípios básicos do processo de produção do frango de corte**

Grande parte dos pequenos produtores de frango trabalham com o regime de integração. Nesse regime, uma agroindústria, chamada de integradora, coordena todo processo de produção, fornecendo os pintinhos, a ração, cuidados veterinários e todos os demais insumos utilizados (Procksch, 2016). Por outro lado, o produtor rural, chamado na relação de integrado, é responsável por toda a estrutura de criação e manejo das aves, desde o dia que as aves chegam no aviário até a saída dos frangos para o abate. Assim, o integrado não é responsável por nenhum processo de vendas, recebendo da integradora conforme os fatores de produção (Vantress, 2018).

O objetivo do produtor rural, de forma geral, é entregar para a agroindústria parceira a maior quantidade de frangos, com o maior peso possível, consumindo a menor quantidade de ração, evitando desperdícios e garantindo que a maior parte da ração seja de fato convertida em ganho de peso diário para as aves (Vantress, 2018). Para isso, uma estrutura deve disponibilizar além de água e comida em fartura, mas um ambiente que não cause estresse nas aves, sendo necessário o controle de temperatura, umidade, gás, luminosidade, entre outros fatores.

Por conseguinte, para que ocorra uma boa produção, existem alguns requisitos mínimos que precisam ser alcançados. São eles: preparo do aviário, pré-alojamento, aquecimento para as primeiras semanas dos pintinhos, condições de resfriamento para os frangos, preparo para o abate e vazão sanitário adequado. Pode-se observar esses requisitos na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma de produção de frango



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

O pré-alojamento é a primeira fase do processo, este é um passo fundamental de todo o processo (Vantress, 2018). É nessa etapa que o aviário é preparado para chegada dos pintinhos (Oliveira, 2021), o que inclui: forração adequada, preparação do pinteiro, checagem de todos os equipamentos necessários para a chegada dos pintinhos e aquecimento.

A fase subsequente é a de chegada das aves. Segundo a empresa de linhagem de frangos Cobb-Vantress (2018), os sete primeiros dias dos pintinhos são fundamentais para um bom desenvolvimento do intestino das aves. Este desenvolvimento faz com que as aves melhorem o ganho de peso diário e a conversão alimentar das aves ao longo do alojamento. Nesta fase, o controle da temperatura é um dos principais fatores para o conforto da ave, o que depende de uma estrutura com o sistema de aquecimento bem-feito.

Enquanto as duas primeiras etapas dependem consideravelmente de intervenções humanas, esta tem maior dependência de estrutura: resfriamento do aviário. Nesta etapa, é fundamental que os frangos não passem por estresses térmicos (mudanças bruscas de temperatura), pois esses podem causar além de diminuição no consumo diário de ração, mortalidade das aves em casos extremos.

O passo seguinte é o do pré-abate, esta etapa consiste em aumentar a incidência de luz dentro do aviário, nos últimos três dias, evitando que as aves fiquem muito agitadas durante o processo de apanha, o que pode causar lesões na carne, gerando descarte parcial ou total da ave no abatedouro. Além disso, é necessário realizar jejum de seis horas antes do abate, pois caso seja encontrado restos de ração no papo de qualquer ave durante o processo de abate, a mesma deverá ser totalmente descartada.

Por fim, tem-se o período de vazio sanitário, que é utilizado para higienização dos equipamentos do aviário, retirada parcial ou total da cama de frango, queima das penas e controle de doenças para o lote de aves seguinte. Essa etapa é indispensável para o alojamento seguinte. Na Figura 2 ilustra-se a fase de higienização da estrutura de acolhimento das aves.

Figura 2- Fase de pré-alojamento



Fonte: RuraltecTV (2021)

## 2.2. Cuidados básicos com a cama de frango

A cama de frango, também conhecida como cama aviária, é um substrato formado a partir dos dejetos das aves e representa uma quantia considerável do faturamento do aviário. Ela desempenha um fator importante no bem-estar das aves, pois ajuda a prevenir lesões nas patas, contribui para a redução da umidade dentro do aviário e proporciona um ambiente mais higiênico para as aves quando bem manejada (Oliveira, 2021).

Existem dois tipos de cama: i) a cama nova e ii) a remontada. A primeira é formada por material novo, geralmente casca de arroz ou amendoim ensacados a vácuo para menor risco de vetores. Já a segunda forma é o resultado do reuso do mesmo material por mais de um lote, sendo necessário o tratamento após a saída de cada lote das aves para o abate. Como características ideais, a cama aviária precisa ser seca, ter altura mínima de oito centímetros, ser livre de salmonella e possuir textura fina. Uma cama com essas qualidades, não só promove o bem-estar animal, mas também é vendida por um preço mais alto no mercado (Vantress, 2018).

Para a chegada das aves, é necessário que a cama aviária esteja em uma altura adequada, pré-aquecida e tratada. Com relação à altura, encontra-se duas formas de cálculo para o correto forramento do piso. A primeira leva em consideração a quantidade de aves alojadas e uma quantidade mínima de 0,7 kg de cama por ave alojada, esta é calculada conforme exemplo mostrado pela Equação 1:

$$QQC = QQA * 0,7 = 30.000 * 0,7 = 21000kg \dots\dots\dots (Equação 1)$$

Onde: QC = quantidade de cama, QA = quantidade de aves alojadas, que no caso desse aviário são 30.000.

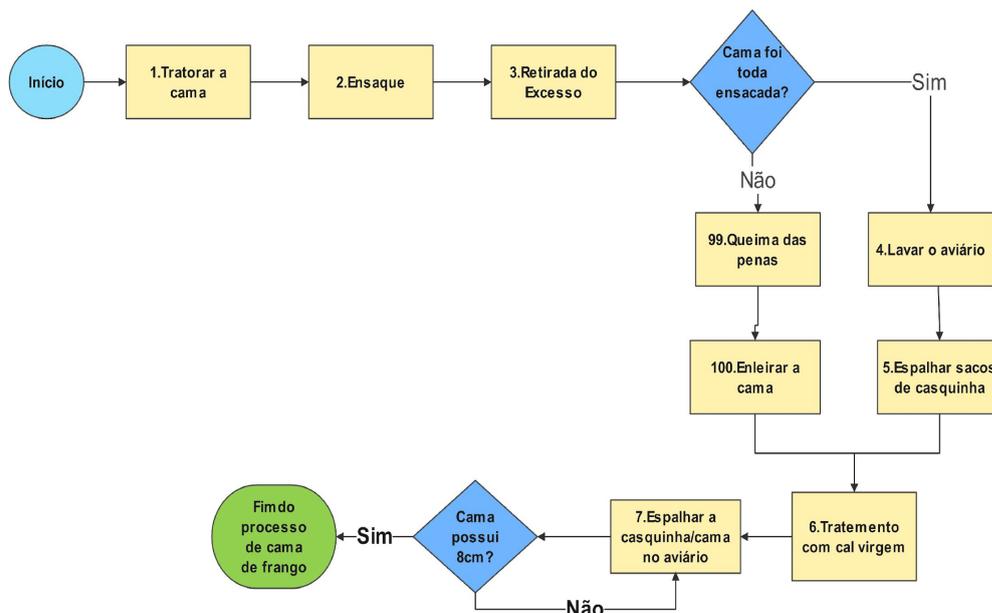
Uma segunda maneira de realizar o cálculo é considerando a área de alojamento conforme Equação 2. Nesse modelo considera a necessidade mínima de 10kg por m<sup>2</sup> de área, assim tem-se:

$$QQC = \text{Área} \times 10 = 18 * 140 * 10 = 25.200kg \dots\dots\dots (Equação 2)$$

Onde: Área = área do aviário, cujo comprimento é de 140m e largura 18m.

Além da altura da cama, é necessária uma adequação da temperatura no local para a chegada dos pintinhos. A temperatura adequada é de aproximadamente 30°C (Oliveira, 2021). Tal temperatura é obtida por meio de um pré-aquecimento, o qual no inverno é feito 24 horas antes dos pintinhos chegarem e no verão 12 horas antes. Por último, deve-se tratar a cama de frango, processo no qual é feita aplicação de inseticidas para eliminar quaisquer transmissores de doenças, queima de pena de aves antigas, moimento da cama por meio de um trator, aplicação de cal a fim de retirar umidade da cama e aplicação de desinfetante. Com essas informações, o processo de tratamento da cama de frango é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Processo de tratamento da cama de frango



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

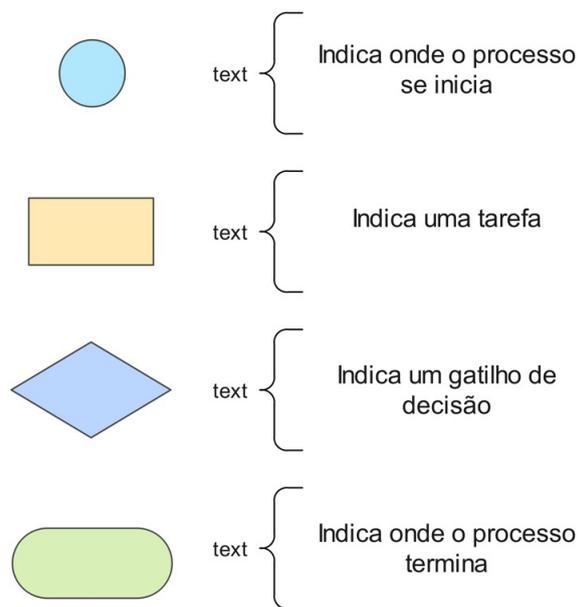
### 2.3. Mapeamento de Processos

Segundo Damelio (2011), o mapeamento de processos busca melhorar a eficiência e o desempenho das organizações por meio de análises e aprimoramento do fluxo de trabalho. Ainda, de acordo com o autor, em um modelo de processos, é necessário fornecer diretrizes claras sobre como documentar, analisar e otimizar os fluxos de trabalho.

O mapeamento de processos pode ser utilizado em várias áreas de negócio, como por exemplo, melhoria de processos corporativos, treinamento, melhoria de qualidade, documentação, integração de processos, entre outros. É uma forma de comunicar as informações de um processo a outros, para que alcancem os objetivos de melhoria de gestão. Sendo assim, mapear um processo busca a melhoria de forma significativa da eficiência de um negócio.

Para iniciar o mapeamento, deve-se levar em consideração diferentes fatores. Identificar o ambiente de estudo, analisar as atividades envolvidas, estipular limites, determinar a sequência ou o fluxo geral, utilizar os símbolos básicos de fluxogramas e finalizá-lo. Na Figura 4 são apresentados alguns símbolos utilizados no fluxograma do mapeamento de processos.

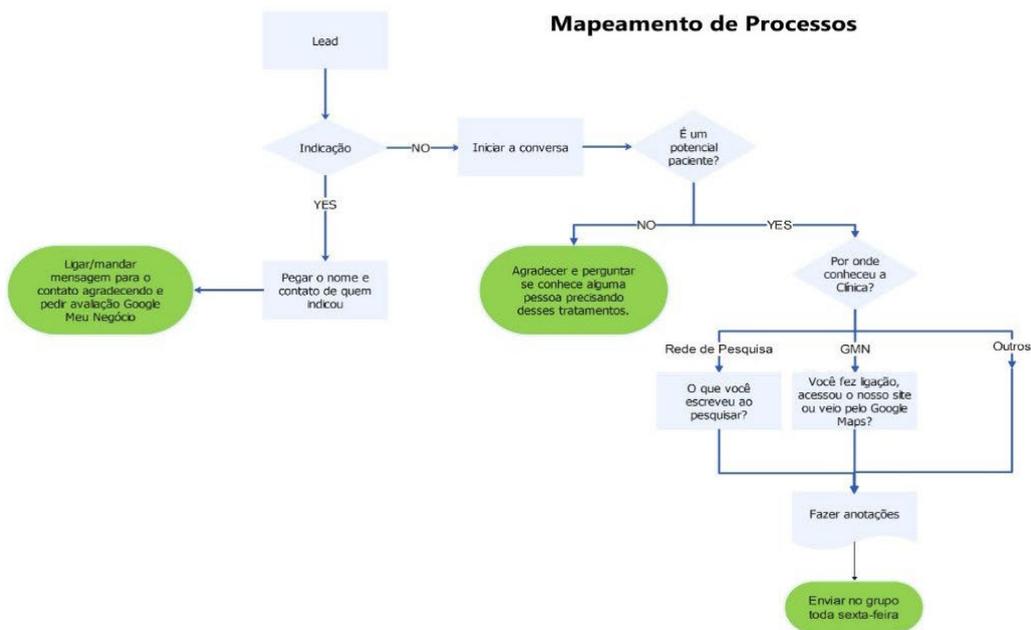
Figura 4 – Objetos de modelagem de processos



Fonte: Adaptado de Barnes e R.M. (2004)

Na Figura 5, está representado um exemplo de mapeamento de processos. O exemplo representa a captura de novos leads, que são potenciais clientes e as diferentes etapas dentro de um processo para classificar essa pessoa como um lead quente, frio ou descartá-la.

Figura 5 – Fluxograma de processos de entrada de lead em uma clínica



Fonte: Elaborado pelo Autor 2023 – Wondershare EdrawMax

## 2.4. Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ)

Segundo Deming, 2003, a Gestão da Qualidade é um sistema contínuo de aperfeiçoamento que busca a melhoria dos processos e a satisfação do cliente por meio de métodos estatísticos. De acordo com Taguchi, 1986, a Gestão da Qualidade foca na criação de processos robustos e consistentes capazes de funcionar de forma consistente mesmo em condições adversas. Os principais objetivos são:

- Redução de falhas e defeitos;
- Melhoria da eficiência operacional;
- Aumento da satisfação do cliente;
- Cumprimento de regulação e normas;
- Maior competitividade no mercado;
- Maior confiança dos *stakeholders*;

Entre as principais normas internacionais sobre esse tema, destacando-se como desenvolvedora a International Organization for Standardization (ISO), inclui-se a ISO 9001. Ela é aplicável a todas as organizações, independentemente de tamanho, setor ou tipo de atividade e busca garantir que uma organização atenda às necessidades de seus clientes buscando um processo de melhoria contínua e fornecendo serviços de qualidade.

Entre os aspectos-chaves dessa norma, tem-se:

- Escopo e aplicação: aplicado em todas as atividades que afetam a qualidade do produto e serviços prestados.
- Requisitos do SGQ: são requisitos para se obter a certificação ISO9001.
- Abordagem baseada em processos: para alcançar resultados consistentes e de alta qualidade, a norma enfatiza a importância de identificar e compreender os processos que compõem a organização.
- Foco no cliente: a organização deve atender os requisitos do cliente, que é ponto chave da ISO 9001.
- Melhoria contínua: a busca da melhoria deve ser feita de forma contínua utilizando dados, análises e avaliação de desempenho.
- Auditorias internas e certificação: conduzir auditoria interna e buscar a certificação através de órgãos de certificação externa.

Além da ISO 9001, outro processo importante nessa área é o Ciclo PDCA, que é um método amplamente utilizado na melhoria contínua de processos e baseado em quatro etapas (Planejar, Fazer, Checar e Agir).

Em um aviário, existem diversos programas que podem ser implementados no ciclo PDCA, por exemplo, na fase inicial. O erro nessa fase traz muitos problemas ao longo do lote para o produtor. Um desses problemas é a geração de refugos (pintinhos que não se desenvolvem na mesma velocidade e ficam menores) que são eliminados posteriormente, pois não produzem uma boa conversão alimentar e causam atraso na linha de abate no abatedouro.

Na primeira fase do ciclo, planejar, o principal problema que causa refugos é o excesso de gás ou de frio (Vantress,2018). Uma vez identificado esse problema, é necessário fazer um plano de ação para ser implementado, como por exemplo, aumentar a quantidade de fornalhas se o problema for causado pelo frio. O segundo passo, fazer, compreende-se em instalar a fornalha dentro do aviário e das respectivas sondas, para o correto uso do aquecedor. O terceiro passo, checar, está conectado com a verificação dos resultados obtidos. Verificar se após a instalação da fornalha a quantidade de refugos produzidos foi menor, se o ambiente ficou melhor aquecido. Por último, o quarto passo é o agir, que foca na implementação da melhor solução e neste caso, poderia ter ao invés de instalar a fornalha, ter aplicado uma melhor ventilação no aviário para eliminar o gás, caso o problema não fosse necessariamente frio, uma vez que quanto mais aquecimento, mais gás é liberado pela fornalha.

## **2.5. Planejamento e Controle da Produção (PCP)**

Segundo a definição de Jay Heizer e Render (2016), o PCP é um plano desenvolvido por instituições produtivas, que visa antecipar, analisar, controlar e aprimorar o desenvolvimento das atividades de um processo produtivo. Este plano auxilia na tomada de decisões dos gestores de forma balancear, de maneira eficiente, a demanda e capacidade produtiva de uma organização, sendo, seu principal objetivo garantir que os produtos sejam produzidos na hora certa, na quantidade certa e com a qualidade desejada, buscando minimizar custos e os recursos.

De acordo com Schroeder, Rungtusanatham e Goldstein (2017), pode-se dividir os principais pontos do PCP da seguinte maneira:

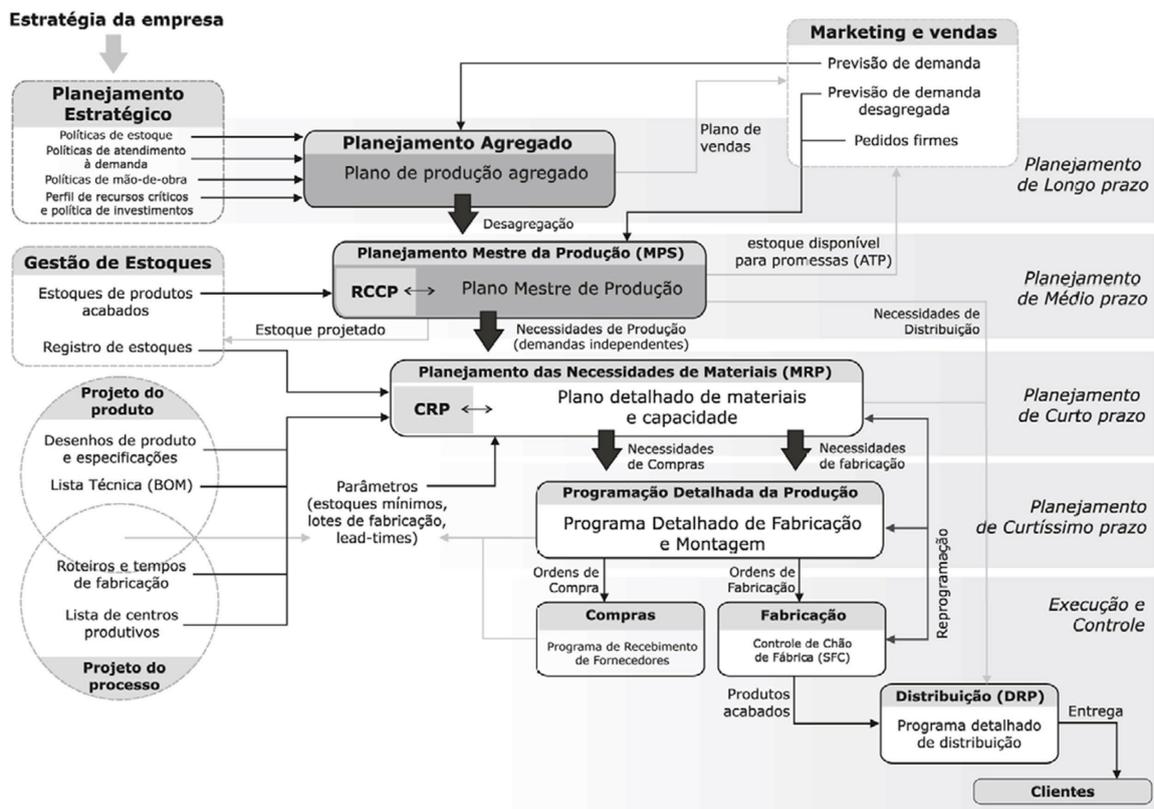
- Planejamento da Capacidade: garantir, por meio dos recursos disponíveis e necessários, que a demanda da produção seja atendida.
- Planejamento do Processo: definir as etapas do processo, a sequência de operações, a alocação de recursos e a criação de fluxos de trabalhos eficientes.
- Planejamento do Controle: estabelecer os mecanismos e as práticas para monitorar e controlar os processos de produção como, por exemplo, o controle de qualidade e o estabelecimento de padrões.
- Planejamento do Estoque: relaciona-se com a gestão do estoque e no processo de tomada de decisões adequadas, prevendo a demanda e a gestão dos fornecedores.

O Planejamento e Controle de Produção é também subdividido em três níveis:

- Planejamento de longo prazo: é o nível mais alto do PCP, sendo reconhecido como planejamento estratégico. Devem ser considerados fatores externos, como tendências de mercado, e fatores internos, como expansão das instalações.
- Planejamento de médio prazo: busca transformar estratégias de produção em ações mais concretas. É conhecido também como planejamento tático de produção e o objetivo principal é equilibrar capacidade produtiva e demanda.
- Controle de curto prazo: é o nível mais detalhado do PCP. O objetivo é garantir que as atividades de produção sejam executadas conforme planejado, sendo realizadas atividades de acompanhamento e de controle diário da produção.

A Figura 6 representa uma forma de representar o PCP como elemento estratégico de uma organização, devendo estar alinhado e orientado pelas definições abordadas anteriormente.

Figura 6 - PCP como elemento estratégico



Fonte: Lustosa, Mesquita, Quelhas e Oliveira (2008)

### 2.5.1. Programação da Produção

Sendo uma etapa de grande importância no planejamento e controle de produção, a programação da produção busca otimizar os recursos, minimizando os custos e atendendo as demandas dos clientes de maneira eficiente. Jay Heizer e Barry Hender (2017) destacam alguns aspectos importantes relacionados a programação da produção, sendo:

- Sequenciamento de ordem de produção, que estabelece a ordem correta da produção para maximizar a eficiência e minimizar os tempos de espera.
- Tempos de produção e tempos de setup, que são fundamentais para determinar o tempo necessário de produção de cada item.
- Alocação de recursos, que busca a alocação eficiente dos recursos evitando gargalos na produção.
- Balanceamento de carga de trabalho, que traz o equilíbrio da carga de trabalho ao longo do tempo para evitar ociosidade ou sobrecarga de recursos.

### 2.6. Sequenciamento

O sequenciamento determina o desígnio da ordem em que as atividades produtivas serão efetuadas, ou seja, o processo de decidir qual a sequência de tarefas ou operações a serem realizadas. Segundo Slack, Jones e Johnson (2019), o sequenciamento é visto sob vários critérios, dos quais se destacam a priorização com base no tempo de processamento, tempo de entrega e capacidade disponível de recursos.

Alguns pontos-chave relacionados ao sequenciamento são:

- Prioridade das ordens de produção, que busca estabelecer critérios claros para determinar qual atividade deve ser executada em primeiro lugar.
- Capacidade disponível, que tem como objetivo garantir que as ordens de produção sejam geradas de maneira a não sobrecarregar a capacidade produtiva.
- Restrições e dependências, que busca determinar atividades que podem precisar ser concluídas antes que outras iniciam-se.
- Tempo de setup, que determina o tempo de preparo de máquinas e equipamentos.
- Minimização dos tempos de espera, que tem como objetivo reduzir os tempos ociosos entre as tarefas.

Barbosa (2012) apresenta diferentes tipos de sequenciamento, sendo as mais utilizadas citadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Tipos de sequenciamento

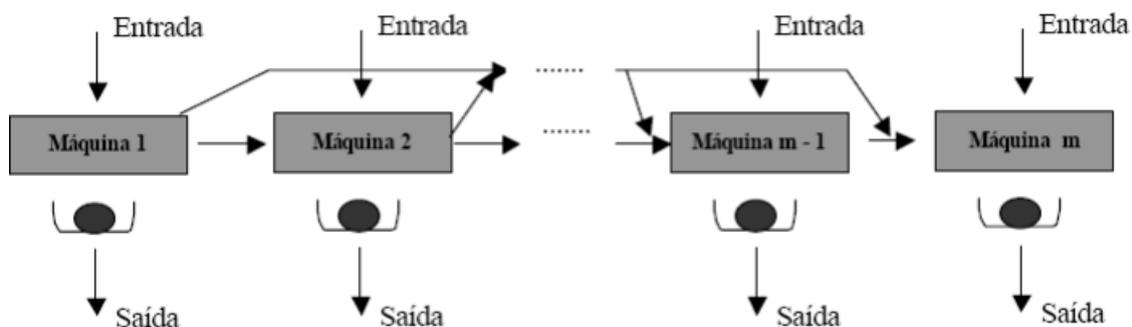
<b>Tipo de Sequenciamento</b>	<b>Principal Característica</b>
Flow Shop	Sequência fixa de máquinas ou etapas
Job Shop	Diferentes trabalhos ou produtos tem rotas de produção distintas
Open Shop	Não há sequência fixa de produção

Neste trabalho é utilizada a sequência Flow Shop, pois é o modelo que mais se adequa a realidade do aviário em estudo.

### **2.6.1. Sequenciamento da Produção em Ambientes Flow Shop**

Segundo Pinedo (2016), o sequenciamento em ambientes *Flow Shop* é caracterizado pelo sistema de produção onde os trabalhos passam por uma sequência fixa de máquinas ou etapas, em ordem pré-definida, resultando em um processo linear e sequencial.

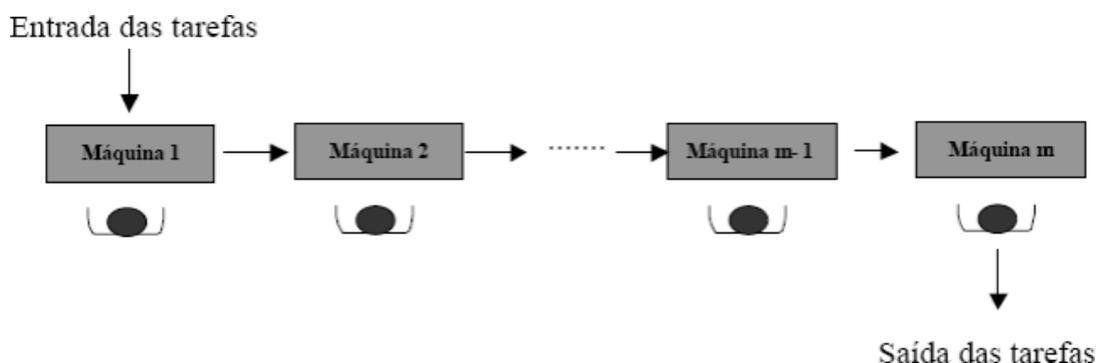
Figura 7 – Sequência fixa de máquinas



Fonte: Macedo

Ainda de acordo com Pinedo (2016), os trabalhos seguem uma sequência predeterminada, fluxo contínuo de trabalho e sincronização para evitar gargalos e minimizar os tempos de espera. Essa forma de sequenciamento pode ser aplicada em diversos setores, especialmente em indústrias onde existe uma linha de montagem ou produção com etapas bem definidas.

Figura 8 – Sequência predeterminada



Fonte: Macedo

De acordo com Nagamo, Moccellini e Lorena (2005), o *Flow Shop* encontra-se entre os principais problemas de sequenciamento de tarefas em sistemas de produção. Além disso, é possível subdividir esse sequenciamento em *Flow Shop* Permutacional que é um *Flow Shop* no qual em cada máquina a sequência das tarefas é a mesma e *Flow Shop* com Múltiplas Máquinas em que existe um conjunto de máquinas paralelas em cada estágio da produção.

Entre os principais objetivos em que os problemas ligados ao ambiente *Flow Shop* tentam resolver, tem-se:

- Maximizar a eficiência do sistema de produção;
- Minimizar os tempos de espera e ociosidade de máquinas;
- Reduzir o tempo total de produção para completar os trabalhos.

Nesse tipo de sequenciamento, pode-se calcular o tempo mínimo de espera por diferentes formas. Duas maneiras serão citadas neste estudo. A primeira i) *Mean Flow Time (MFT)*, que é calculado pela seguinte equação:

$$MFT = \sum_{i=1}^n \frac{Ci}{n} \dots\dots\dots (Equação 3)$$

Em que  $C_i$  é tempo para completar a tarefa  $i$ ; e  $n$  é o número de tarefas a serem processadas;

A segunda maneira (ii) será para ambientes de duas máquinas, visando minimizar o tempo total de conclusão das atividades. Um dos métodos de resolução aplicado ao ambiente de duas máquinas é o método de Johnson. Nesse método é necessário anotar o tempo de espera de operação para cada tarefa e selecionar a tarefa com menor tempo de duração, considerando a primeira e a segunda máquina. A escolha da ordem das atividades é feita considerando onde está alocada a atividade de menor tempo. Caso esteja na primeira máquina a tarefa será alocada no início da sequência, caso contrário, ao final da sequência.

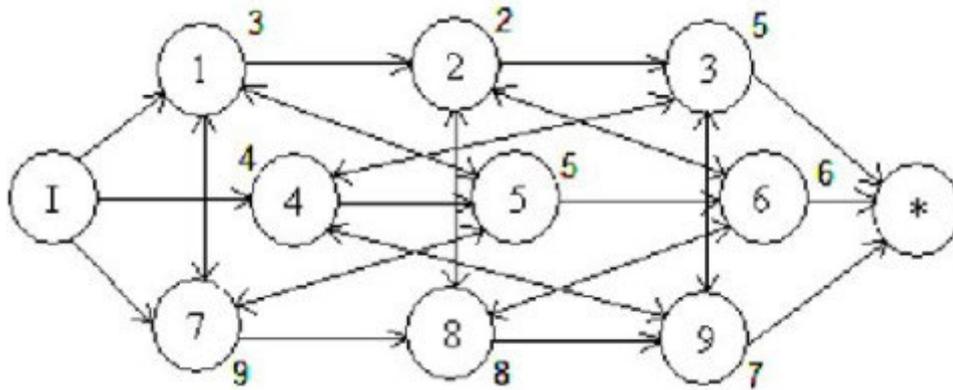
Para um aviário, foco de estudo deste trabalho, uma tarefa que pode se aplicar o sequenciamento *Flow Job* é no processo de enchimento das linhas de ração. Primeiro é necessário encher os tambores de ração e depois as linhas de ração. Como o galpão tem comprimento longo e as aves estão alojadas em quatro salas, as aves que se encontram mais perto do início da linha tem prioridade de ração. Porém, como o sistema é todo automatizado, dificilmente as aves precisam aguardar por ração, pois os comedouros estão sempre cheios.

### **2.6.2. Sequenciamento da Produção em Ambientes Job Shop**

Para Nagano, Mocellin e Moreno (2005), o sequenciamento em ambientes *Job Shop* é um tipo de sistema de produção em que diferentes trabalhos ou produtos têm rotas de produção distintas, passando por diferentes máquinas e estações em ordens variadas. Esse tipo sequenciamento pode ser aplicado em indústrias com processos de produção

complexos e personalizados no qual diferentes produtos exigem seqüências específicas. Já de acordo com Santoro e Mesquita (2008), o princípio desse sequenciamento está na flexibilidade de sequenciamento, otimização da localização, minimização do tempo de espera.

Figura 9 – Sequenciamento Job Shop



Fonte: Chaves, Solis e Ramos (2004)

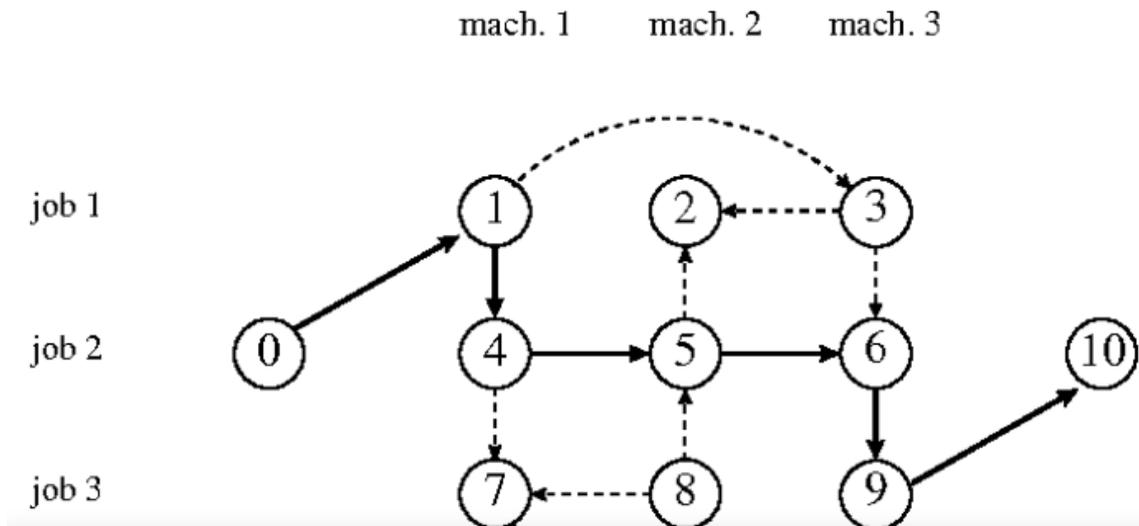
Entre os objetivos, destacam-se:

- Minimizar o tempo de conclusão de todos os trabalhos;
- Reduzir o tempo de ociosidade das máquinas e evitar gargalos;
- Maximizar a eficiência da produção considerando as restrições e requisitos de cada trabalho.

### 2.6.3. Sequenciamento Open Shop

De acordo com Pinedo (2016), o problema de sequenciamento em ambientes *Open Shop* é um tipo de sistema de produção na qual várias máquinas estão disponíveis para realizar um conjunto de tarefas e não há uma seqüência fixa de produção. Para Louzada, Melo e Pereira (2017), no problema do Open Shop, há duas decisões a serem tomadas: a determinação das rotas de processamento dos postos de trabalho e a seqüência de trabalho de cada máquina. Esse tipo de sequenciamento é ideal para indústrias em que a ordem de processamento não é rígida, e as máquinas podem realizar diferentes tipos de tarefas.

Figura 10 – Sequenciamento Open Shop



Fonte: Liaw (1999)

Segundo Pinedo (2016), os princípios do sequenciamento Open Shop estão na flexibilidade de sequenciamento, cujo trabalho pode ser agendado e processado em qualquer máquina disponível, na otimização global para obter o melhor desempenho geral e no balanceamento de carga, em que as tarefas devem ser distribuídas de forma equilibrada entre as máquinas.

Nesse sequenciamento, os principais objetivos são:

- Maximizar a utilização eficiente das máquinas e recursos disponíveis;
- Minimizar o tempo total de produção;
- Equilibrar o trabalho entre as máquinas.

## 2.7. Indicadores de Produção

Indicadores de produção são métricas ou medidas que fornecem informações sobre a quantidade, qualidade ou eficiência da produção de bens ou serviços em uma organização, setor ou país (Defeo & Juran, 2010). Eles complementam que esses indicadores são frequentemente utilizados para avaliar o desempenho, monitorar o progresso e tomar decisões estratégicas relacionadas à produção.

Juran e De Feo (2010), ainda citam os principais objetivos dos indicadores de produção:

- Monitorar o desempenho da produção de forma qualitativa e quantitativa;
- Identificar problemas e gargalos no processo de produção;
- Medir a eficácia das estratégias implementadas;
- Comparar o desempenho atual com metas e padrões definidos;

- Auxiliar na tomada de decisões.

Indicadores de produção podem ser aplicados em diversas áreas e setores industriais, sendo utilizados por empresas para acompanhar e melhorar a eficiência e eficácia de suas operações. Esses indicadores são amplamente aplicados no ramo da avicultura, e alguns dos principais indicadores são:

- Conversão Alimentar (CA): Relação entre consumo de ração (CR) e quantidade de carne produzida (QC). A fórmula para o cálculo é:

$$CA = \frac{R}{QQC} \dots\dots\dots (Equação 4)$$

Sendo:

$$QQC = QQAS * PM \dots\dots\dots (Equação 5)$$

Em que QAS é a quantidade de aves na saída.

- Taxa de Mortalidade (TM): Relação proporcional entre quantidade de aves que chegam (QAC) e que saem, calculado pela seguinte equação:

$$TM = \frac{QQAC}{QQAS} * 100 \dots\dots\dots (Equação 6)$$

- Peso Médio das Aves (PM): Monitoramento do peso das aves feito a cada 7 dias para avaliar o desenvolvimento.

$$PM = \frac{Peso}{QQAP} \dots\dots\dots (Equação 7)$$

Em que peso é a somatória dos pesos de cada ave e QAP é a quantidade de aves pesadas.

- Ganho Diário Médio: relação entre o peso das aves e a idade, é calculado da seguinte forma:

$$GDM = \frac{Peso}{Idade} \dots\dots\dots (Equação 8)$$

- Índice de Eficiência Produtiva (IEP): Permite avaliar a eficiência da produção do frango de um determinado período. O IEP é utilizado como forma de pagamento por muitas integradoras e pode ser calculado pela seguinte equação:

$$IEP = \frac{TM * GDM}{CA} * 10 \dots\dots\dots (Equação 9)$$

Essas métricas abordadas acima seguem o princípio dos indicadores de produção em que precisam ter relevância, mensurabilidade, confiabilidade e simplicidade.

## 2.8. Simulação

De acordo com Law (2014), utiliza-se a simulação como um modelo de imitação de um sistema real ao longo do tempo por meio de um sistema computacional que apresenta características semelhantes ao sistema real. O modelo simulado é utilizado para realizar experimentos e análises que permitem avaliações de diferentes situações e variáveis. Os autores ainda citam os principais benefícios de se utilizar a simulação, nos quais alguns são mostrados abaixo:

- **Compreensão do sistema:** permite uma compreensão aprofundada do sistema fornecendo insights sobre o funcionamento interno.
- **Experimentações sem risco:** possibilidade de testar diferentes cenários com baixos riscos ou custos associados à implementação física.
- **Otimização e tomada de decisão:** identifica as melhores configurações e parâmetros para alcançar os resultados desejados.
- **Redução de custos e tempo:** reduz a necessidade de testes físicos repetitivos ou protótipos caros.
- **Análise de sensibilidade:** auxilia para determinar os principais fatores de um sistema, além de permitir uma aplicação mais eficiente às mudanças.

Já existem alguns trabalhos e livros no campo da avicultura que utilizam a simulação para entender alguns comportamentos das aves e dos aviários de forma geral. Esse é o caso do livro “Avian, Movement, Cognition, and Behavior”, cujo autores abordam o estudo do movimento, cognição e comportamento das aves por meio de simulações com as quais se busca a compreensão das aves em relação ao ambiente.

Entre os principais softwares de simulação, têm-se: o AnyLogic<sup>®</sup>, Simio<sup>®</sup>, FlexSim<sup>®</sup>, MATLAB<sup>®</sup> e ARENA<sup>®</sup>. Para este trabalho é utilizado o software Arena abordado no próximo tópico.

### **2.8.1. Software ARENA<sup>®</sup>**

A simulação é uma ferramenta poderosa e comprovada para analisar e otimizar processos do mundo real (Kelton, Sadowski, Zupick, 2014). De acordo com a *Rockwell*, empresa desenvolvedora do *software* ARENA<sup>®</sup>, apresenta-o como uma ferramenta poderosa para modelagem, análise e otimização de sistemas complexos. Para a empresa, este simulador possui as seguintes capacidades destacadas:

- **Simulação de processos:** simulador avançado de processos que permite aos usuários entenderem o comportamento de sistemas empresariais

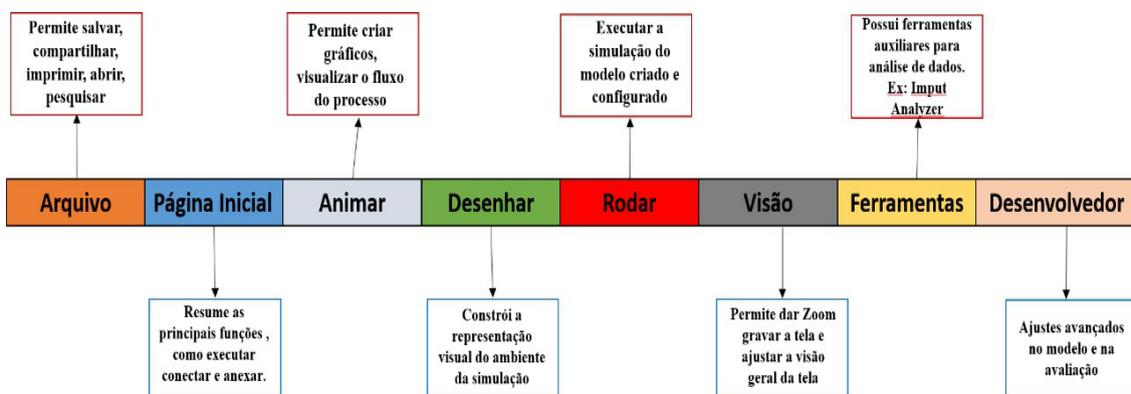
- Tomada de decisões informadas: permite uma melhor tomada de decisão por parte dos usuários, uma vez que são possíveis simulações e análises de diferentes cenários.
- Redução de riscos: o ARENA permite que usuários avaliem o desempenho do sistema antes de implementar mudanças no sistema real reduzindo riscos e incertezas.
- Otimização de processos: possibilidade de identificar ineficiências e oportunidades de melhoria nos processos otimizando o fluxo de trabalho.
- Integração com outros sistemas: permite a integração com outros *softwares* da Rockwell, principalmente softwares de automação.

Dentre as várias funcionalidades e recursos do *software* ARENA®, destaca-se as seguintes:

1. Modelagem visual;
2. Biblioteca de recursos;
3. Análise de desempenho;
4. Experimentos “What-If”
5. Relatórios e Gráficos.

Todos esses recursos são de fundamental importância para o desenvolvimento de qualquer modelagem de sistema e estão presentes dentro do ARENA®. Um exemplo da tela inicial desse software é mostrado na Figura 11:

Figura 11- Tela inicial do software ARENA®



Fonte: Rockwell (2023)

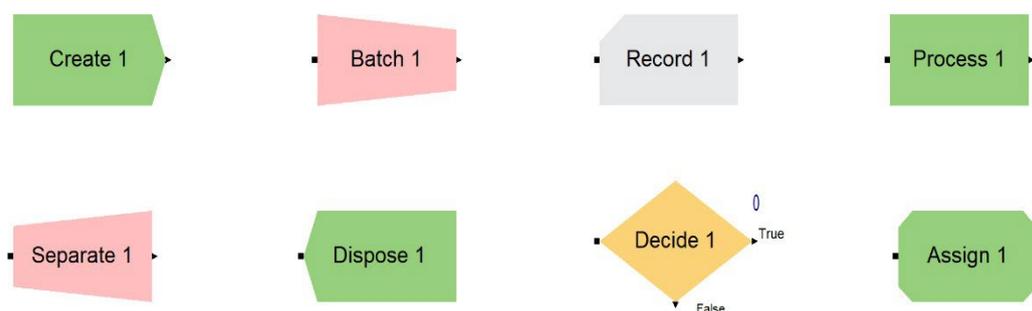
Dentro do ARENA® também se encontram os templates, que são elementos pré-definidos que podem ser usados para criar modelos de simulação de maneira mais rápida. Esses

templates facilitam a construção de modelos, acelerando o processo e permitindo que os usuários se concentrem na análise e processo em questão. Abaixo estão explicações breves sobre cada um desses templates:

- *Create* (Criar): Utilizado para representar a criação de entidades no sistema;
- *Process* (Processar): Utilizado para representar atividades ou processos que as entidades realizam ao longo do sistema;
- *Decide* (Decidir): Usado para modelar decisões que são tomadas no sistema;
- *Batch* (Lote): Usado quando as entidades são processadas em grupos ou lotes em vez de individualmente;
- *Separate* (Separar): Usado para dividir lotes ou grupos de entidade em unidades individuais;
- *Assign* (Atribuir): Utilizado para atribuir propriedades ou características específicas a entidade ou recursos do sistema;
- *Record* (Gravar): Usado para coletar e armazenar dados ou informações relevantes durante o processo de simulação;
- *Dispose* (Descartar): Usado para representar o descarte ou a saída de entidades do sistema após a conclusão das operações.

Esses templates são mostrados na Figura 12.

Figura 12 - Templates do software ARENA®



Fonte: Elaborado pelo autor - ARENA® (2023)

### 2.8.2. *Input Analyzer*

O Input Analyzer é uma ferramenta dentro do ARENA® que permite ao usuário analisar dados de entrada usados nos modelos de simulação criados no software. Essa

ferramenta, possibilita que dados estatísticos e parâmetros, os quais representam incertezas e variabilidades sejam analisados.

Os recursos presentes no *Input Analyser* incluem:

- Análise de dados que consiste na captação de dados históricos ou coletados no sistema real para serem analisados.
- Ajuste de distribuições no qual recomenda ou permite que os usuários escolham distribuições estatísticas adequadas com base nos dados de entrada.
- Geração de dados aleatórios em que o próprio *Input Analyser* gera valores aleatórios com base nas distribuições de estatísticas ajustadas.
- Análise de sensibilidade que avalia como diferentes distribuições de entradas podem afetar o sistema.

Essas ferramentas ajudam o usuário a obter resultados mais realistas e confiáveis em suas simulações, considerando incertezas e a variabilidade inerentes aos sistemas que estão modelados.

### **3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA O DESENVOLVIMENTO DESSA PESQUISA**

Esse estudo teve sua origem na observação das atividades e no planejamento realizados em uma propriedade rural produtora de frango de corte. A motivação foi compreender a realidade desse pequeno produtor rural, acompanhando a sua rotina de atividades durante o período de produção e explorando as maneiras pelas quais os conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia de Produção podem ser aplicados nesse contexto. Assim, objetiva-se encontrar formas de aprimorar o processo, reduzir desperdícios e aumentar a eficiência na produção de frango e ajudar esse produtor a ser mais competitivo.

Neste contexto é realizada uma pesquisa sistemática, na qual busca-se informações, conhecimentos ou respostas a perguntas específicas neste setor. Lembrando que dentre as características de uma pesquisa, considera-se cinco passos para realizá-la: procedimento, método, abordagem, objetivo e finalidade (Lakato e Marconi, 1977). Para esse trabalho, destaca-se as seguintes características:

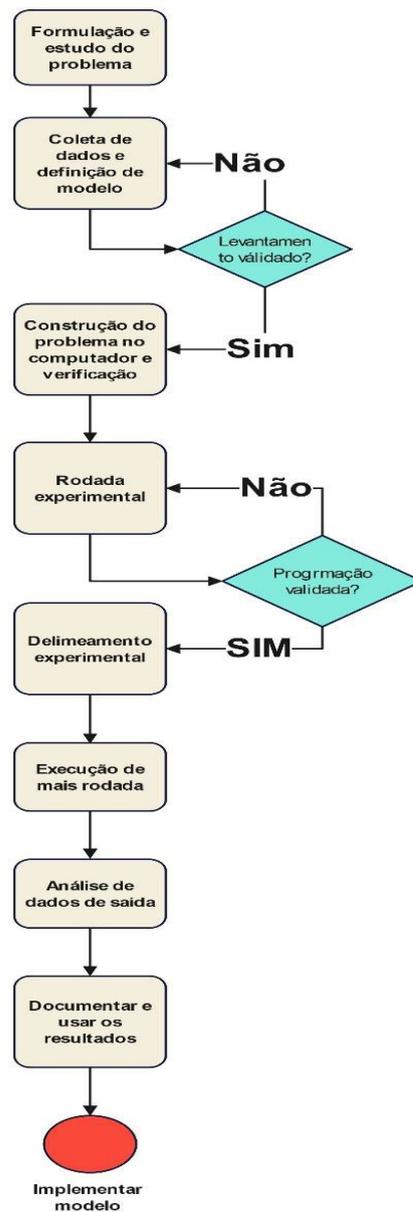
- Natureza: aplicada.
- Abordagem: qualitativa e quantitativa.
- Objetivo: observação direta de rotina em caráter exploratório.
- Procedimentos técnicos: estudo de caso por meio de simulação.
- Método: hipotético dedutivo.

A natureza é aplicada, pois serão sugeridas ferramentas de controle de produção para resolver problemas, tomar decisões informadas e promover o progresso da produção aviária. A abordagem é quantitativa e qualitativa, já que considera uma relação dinâmica do sistema, utilizando dados coletados para análise. Já os objetivos são de caráter exploratório, uma vez que é utilizada a observação direta da rotina dos produtores, aplicando questionários e levantando hipóteses de melhorias. Os procedimentos são técnicos, pois é utilizado a modelagem matemática e simulação para obter maior detalhamento e conhecimento do setor da avicultura. Por fim, o método utilizado é o hipotético-dedutivo, em que é escolhido um problema e, a partir disso, são estabelecidas hipóteses que podem solucionar esse problema.

#### **3.1. Etapas do mapeamento e da simulação**

Segundo Banks (2007), para um modelo de simulação ser elaborado é necessário seguir os passos presentes na Figura 13.

Figura 13 - Etapas da Simulação



Fonte: Adaptado de LAW (2007)

- **Formulação e estudo do problema:** definir qual será o problema estudado. Neste trabalho, é considerado o processo de produção de frango de corte, sendo do primeiro dia até o pré-abate.
- **Coleta de dados:** mapear os processos e estabelecer a estratégia para coletar os dados, por meio de observação, mensuração e questionários informais.
- **Levantamento de validade** estabelece se o modelo conceitual e a coleta de dados estão dentro de uma margem validada para aplicação dentro do *software*.

- Construção do problema no computador: o *Software ARENA*<sup>®</sup> foi escolhido para realizar a simulação do trabalho. Com ele foi possível criar, adaptar, simular e prever cenários.
- Rodada experimental: através do *Software ARENA*<sup>®</sup>, serão aplicados os dados coletados e o modelo.
- Programação válida verifica se a rodada experimental trouxe resultados satisfatórios.
- Delineamento experimental: propor a validação a fim de comparar as respostas do modelo simulado com o real e utilizar as discrepâncias encontradas e o conhecimento adquirido para aperfeiçoar o modelo.
- Execução de mais uma rodada: esta etapa serve para executar mais rodadas para facilitar a análise do próximo passo.
- Análise de dados de saída: os dados devem ser analisados para que sirvam de parâmetro para simulações futuras.
- Documentar e usar os resultados: tem a finalidade de descrever os processos utilizados na programação para que outros analistas possam manipular o modelo ou construir outro semelhante.

### **3.2. Coleta de dados**

A coleta de dados foi realizada entre os meses de julho e outubro de 2023. Esses dados foram obtidos através de medições realizadas acompanhadas com o proprietário, sendo algumas dessas apenas pelo proprietário. Todas as medidas, após serem coletadas, eram anotadas em um bloco de notas e, posteriormente, transferidas para o computador. Dividiu-se em três grandes dimensões de coleta dos dados:

- Tempo: para calcular o tempo gasto com as atividades, como período de pré-alojamento, descarga dos pintinhos, aquecimento, trato de ração, manejo, descarte de aves mortas, pré-abate. Para tal, foi utilizado como ferramenta de medição um *cronômetro de smartphone*.
- Espaço: para calcular a área destinada à criação de frangos, utilizou-se uma trena e uma calculadora para obter a área do aviário.
- Peso: para calcular o peso das aves semanalmente, foi utilizada uma balança de mão de alta precisão.

A Figura 14 apresenta o local de anotação dos dados coletados. Estes foram coletados diariamente de modo a acompanhar o crescimento das aves, e por isso, foi separado de acordo com o período e idade das aves.

Figura 14 - Bloco de anotações

Sub processo - Trato da cama									
Atividade	Tratar	Ensaque	Retirada excesso de cama	Lavagem	Espalhar cama	Cal virgem	Desinfecção	Ventose	Controle de roedores
10/Jul									
11/Jul									
12/Jul									
13/Jul									
14/Jul									
15/Jul									
16/Jul									

Subprocesso - Descarga dos plásticos									
Atividade	Medições térmicas	Descar cama do cambêlo	Descarrugar dentro galão	Carregar cama no caminhão	Peso e uniformidade				
24/Jul									

Subprocesso - pré-alojamento													
Atividade	Papel	Desar linhas	Instalar divisórias	Comedouros laterais	Encher sacaria	Trato	Instalar fornalha	Cartões internos	Abri laterais	Configuração PIC			
17/Jul													
18/Jul													
19/Jul													
20/Jul													
21/Jul													
22/Jul													
23/Jul													

Fase inicial da ave																
Atividade	Encher sacas	Retirar comedouros	Varrer o papel	Ração no papel	Ensaque do papel	Descarte do papel	Retirada papel	Encher pelotas no reservatório	Pelotas na fornalha	Retirada fornalha	Estimulo dos plásticos	Mensurar Cartões	Expandir plástico	Recusar aves mortas	Compostagem	Pesagem
26/Jul																
26/Jul																
26/Jul																
27/Jul																
28/Jul																
28/Jul																
30/Jul																
31/Jul																
01/Ago																
02/Ago																
03/Ago																
04/Ago																
05/Ago																
06/Ago																

Fase de crescimento das aves					
Atividade	Rastrear cama	Retirar aves mortas	Compostagem	Controle de roedores	Pesagem
07/Ago					
08/Ago					
09/Ago					
10/Ago					
11/Ago					
12/Ago					
13/Ago					
14/Ago					
15/Ago					
16/Ago					
17/Ago					
18/Ago					
19/Ago					
20/Ago					
21/Ago					
22/Ago					
23/Ago					
24/Ago					
25/Ago					
26/Ago					
27/Ago					

Fase final das aves				
Atividade	Retirar aves mortas	Compostagem	Controle de roedores	Pesagem
28/Ago				
29/Ago				
30/Ago				
31/Ago				
01/Set				
02/Set				
03/Set				
04/Set				
05/Set				
06/Set				
07/Set				

Sub processo - Pré-abate			
Atividade	Verificar estada	Pesagem	Carro de estaque de ração
05/Set			
06/Set			
07/Set			

Sub processo - Carregamento das aves						
Atividade	Levantar lixas de ração	Levantar lixas de água	Retirar divisórias	Descarrugar cabas cambêlo	Encher todos as cabas	Carregar cambêlo
07/Set						

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os dados da Figura 14 foram usados na ferramenta *Input Analyzer* para que se verifique confiabilidade e distribuição estatística. Após isso, eles foram inseridos no Software ARENA® para realizar a simulação.

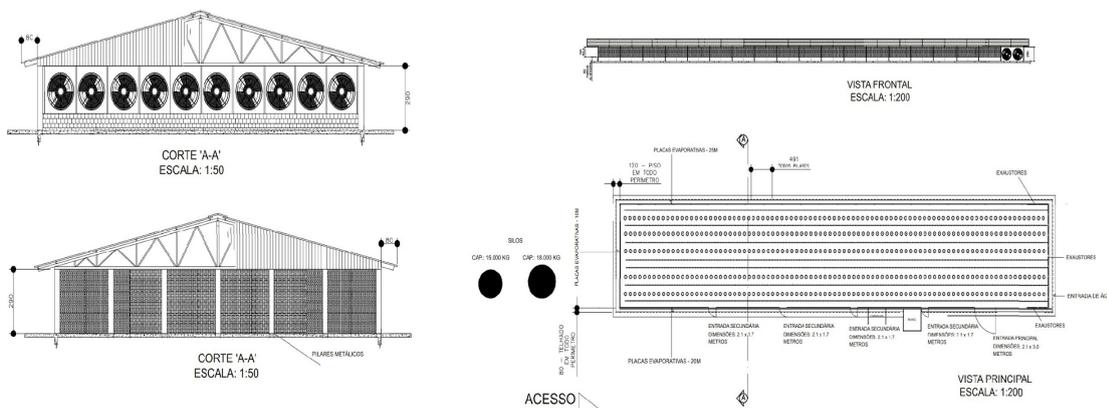
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados os locais de estudo, o processo de coleta e tratamento de dados, os cenários e suas respectivas simulações, e por fim, os resultados da aplicação das técnicas de PCP nas propriedades.

### 4.1. Apresentação do modelo estudado

O objeto de estudo foi o processo de produção de frango de corte em duas propriedades rurais, sendo uma em Pará de Minas e a outra em Mateus Leme, ambas em Minas Gerais. A propriedade em Mateus Leme possui quatro aviários, sendo todos aviários iguais que alojam em média um total de 130.000 aves por lote com média de 32.500 em cada galpão. Já o aviário de Pará de Minas, cuja metragem é equivalente aos aviários de Mateus Leme, aloja uma média de 30.000 aves por lote. Um lote é o período que vai da chegada do pintinho até a saída do frango para o abatedouro. Na criação de aves de ambos os núcleos, não existem processos escritos, sendo a maioria de acordo com a experiência (“feeling”) dos proprietários e dos trabalhadores. Na Figura 15 representa-se o modelo do aviário em ambas as propriedades. Na figura é possível observar a disposição das linhas de ração e água, dos exaustores, dos silos e das fornalhas.

Figura 15- Representação do aviário



#### NOTAS GALPÃO

- 7 LINHAS DE BEBEDOUROS TIPO NIPLE – 3.000 BICOS
- 5 LINHAS DE COMEDOUROS – 150 PRATOS POR LINHA
- 14 EXAUSTORES
- 1 CAMPÂNULAS A LENHA
- ▨ PLACAS EVAPORATIVAS – 50 MTS

Fonte: Documentação da pesquisa (2023)

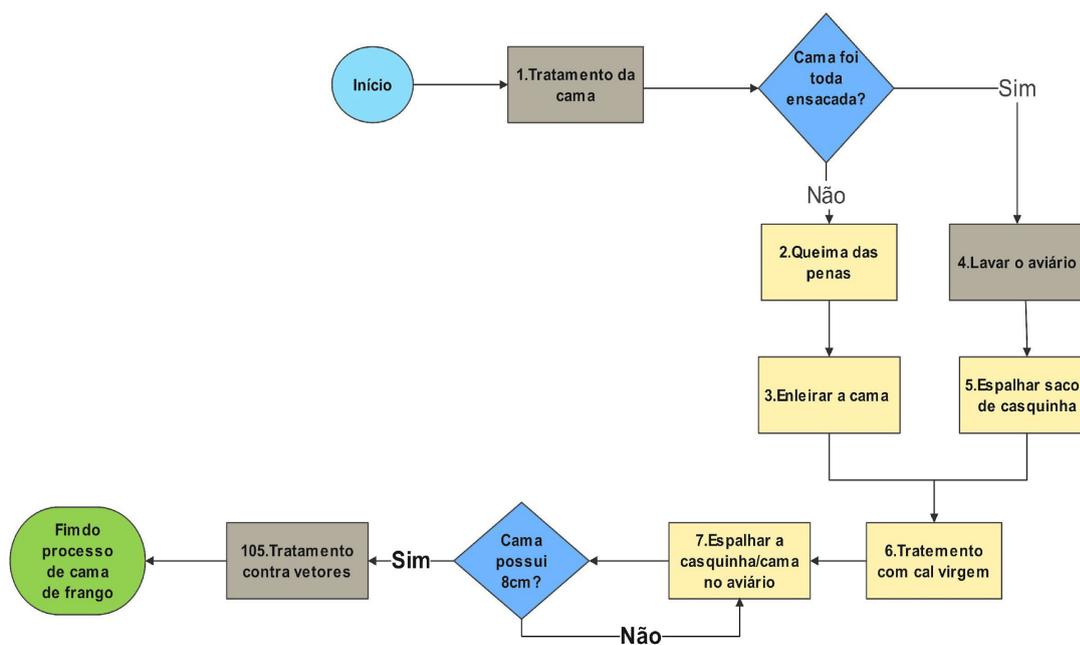
Durante o período de estudo, foram feitas várias visitas ao local e acompanhamento das atividades. Além disso, foram aplicados alguns questionamentos informais, para que fosse possível obter as informações necessárias para montar os processos do aviário e realizar a coleta de dados, avaliando a rotina de trabalho dos trabalhadores e proprietários.

O mapeamento realizado envolve cinco macroprocessos, sendo eles tratamento da cama de frango, pré-alojamento das aves, fase inicial, fase de crescimento e fase final. Esse mapeamento também inclui doze subprocessos.

#### 4.1.1. Macroprocesso tratamento do aviário

O primeiro macroprocesso, tratamento do aviário, começa depois da saída das aves. Esse macroprocesso tem início no tratamento da cama de frango (1). Se o ensaque foi total, o galpão é lavado (4) e, posteriormente coloca-se os sacos de casquinha dentro do aviário (5). Caso contrário, o ensaque foi parcial, então é feita a queima das penas (2) e o enleiramento do restante da cama de frango (3). Feito isso, aplica-se o tratamento com cal virgem (6) e, em seguida, a casquinha ou a cama de frango é espalhada no aviário (7). Após terminar de espalhar o material em todo aviário, é preciso analisar se a altura da cama está adequada para o recebimento dos novos pintinhos. Caso esteja adequada, faz-se o tratamento contra vetores no aviário (105), dando fim ao macroprocesso de tratamento do aviário. Esse macroprocesso é ilustrado na Figura 16.

Figura 16 - Macroprocesso tratamento do aviário

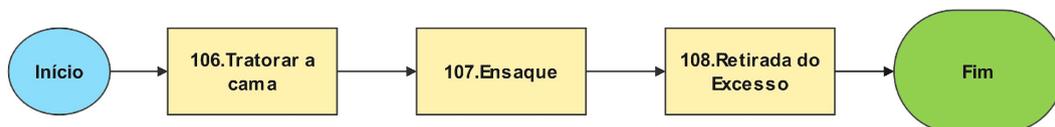


Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Além disso, o macroprocesso de tratamento do aviário possui outros três subprocessos, sendo eles: tratamento da cama de frango (1), lavagem do aviário (4) e tratamento contra vetores (5). No geral, esse processo leva em torno de sete dias para ser totalmente executado.

A Figura 17 é referente aos subprocessos de tratamento da cama de frango. Nesses subprocessos são feitos o tratoramento (106), o ensaque (107) e a retirada da cama de frango do aviário (108). Este é um subprocesso que é todo terceirizado e é apresentado na Figura 17.

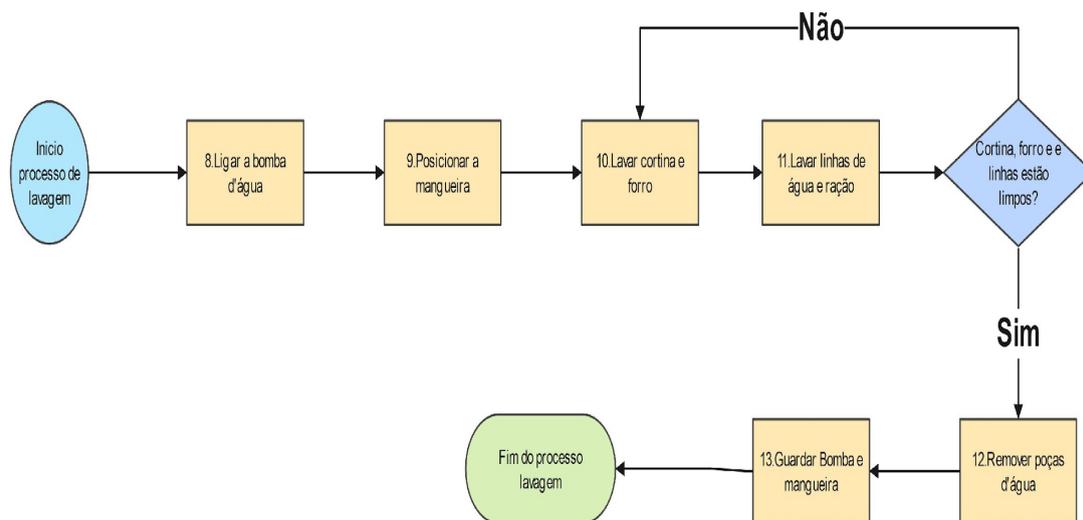
Figura 17 - Subprocesso tratamento do aviário



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Já a Figura 18 é referente ao subprocesso de lavagem do aviário. Para lavar o aviário, primeiro é necessário ligar a bomba na tomada (8) e posicionar a mangueira de maneira adequada (9). Após isso, lava-se o forro, as cortinas (10) e as linhas de ração e água (11). Se toda a sujeira foi removida com uma só lavagem, remove-se as poças que se formaram (12) e guarda a bomba e a mangueira no local adequado (13). Caso contrário, é necessário limpar novamente os locais que ficaram sujos.

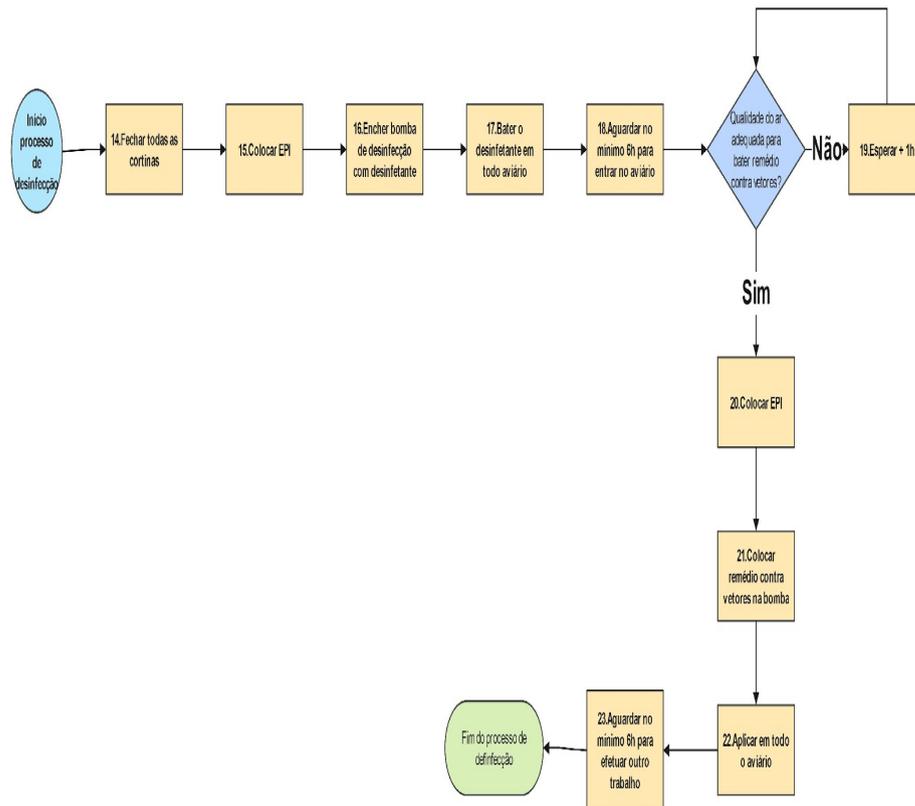
Figura 18 - Subprocesso de lavagem do aviário



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Para finalizar o mapeamento de processos do tratamento do aviário, na Figura 19, é representado o subprocesso de tratamento contra vetores. Para efetuar a desinfecção é necessário fechar todas as cortinas do aviário (14). Feito isso, o aplicador coloca o equipamento de proteção individual (15) para efetuar o trabalho com agentes químicos. Após esse procedimento inicial, coloca-se cinco litros de desinfetante na bomba de desinfecção (16) e o aplica em todo o aviário (17). Uma vez aplicado, o galpão fica inutilizável por, no mínimo, seis horas para não trazer risco para quem for trabalhar no aviário (18). Passado esse período, prossegue-se para a aplicação de remédio contra vetores. O procedimento é praticamente o mesmo da desinfecção, sendo necessário, no final do processo, também aguardar um período para voltar a trabalhar no aviário.

19- Subprocesso de tratamento contra vetores



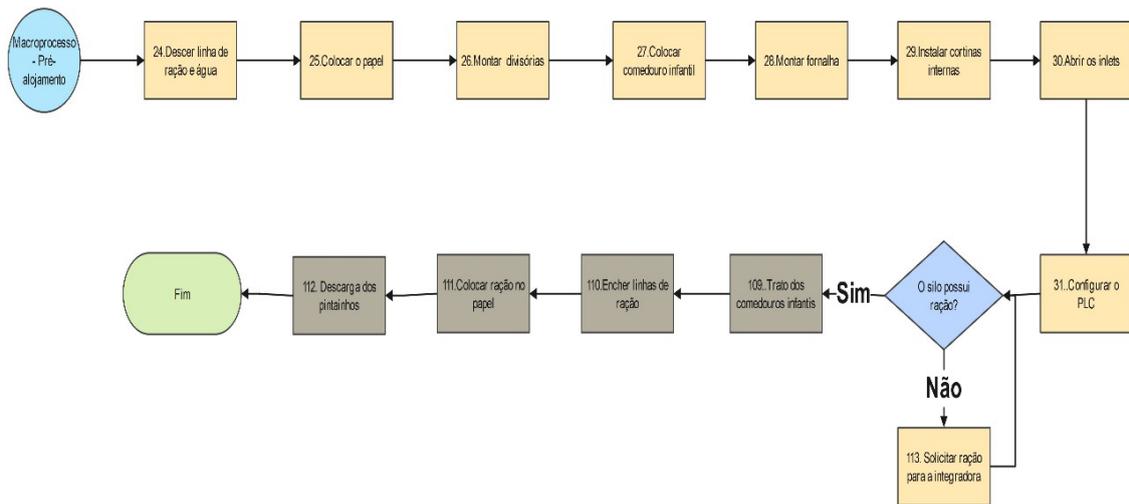
Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

#### 4.1.2. Macroprocesso pré-alojamento

O segundo macroprocesso do aviário é referente ao período de pré-alojamento. Neste macroprocesso, faz-se a montagem do lugar onde é feita a descarga dos pintinhos. Para montar o pinteiro, que é o local onde os pintinhos são descarregados, primeiro é necessário descer tanto as linhas de água quanto as linhas de ração (24). Isso feito, o passo seguinte é forrar o chão do aviário com papel (25) e montar as divisórias (26), colocando-as no local correto. Uma vez que as divisórias estão no local, pode-se colocar os comedouros infantis (27) distribuídos ao longo do pinteiro. Após isso, monta-se a fôrnelha (29), instala-se as cortinas internas de modo que fiquem bem vedadas (30) para evitar entrada de ar e perda de aquecimento, abre-se os inlets dentro do pinteiro (30), que são responsáveis por ventilar o galpão sem esfriar, e, por último, configura-se o controlador (PLC) (31), colocando a temperatura correta para o primeiro dia, ventilação adequada, programa de iluminação, etc. Nesse processo de pré-alojamento é possível notar quatro subprocessos, que são: trato nos comedouros infantis (109), encher linhas de ração (110), tratar no papel (111) e por último a descarga dos pintinhos (112), sendo os

três primeiros dependentes de haver ração no silo para serem executados. Esse macroprocesso está representado na Figura 20.

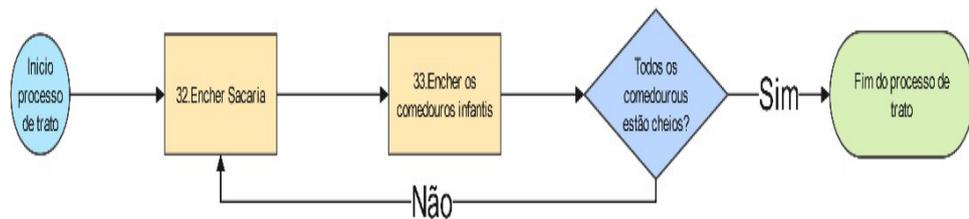
Figura 21 – Macroprocesso prealocamento



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

No subprocesso de trato dos comedouros infantis, o primeiro passo é encher os sacos de ração (32), uma vez que o trato nos comedouros infantis é feito de maneira manual. Após isso, enche-se os comedouros infantis de ração (33). Caso os sacos de ração acabem antes que todos os comedouros infantis estejam cheios, é necessário aplicar a atividade 32 novamente até que todos os comedouros infantis estejam lotados de ração. Este subprocesso é mostrado na Figura 21.

Figura 21- Subprocesso trato nos comedouros infantis

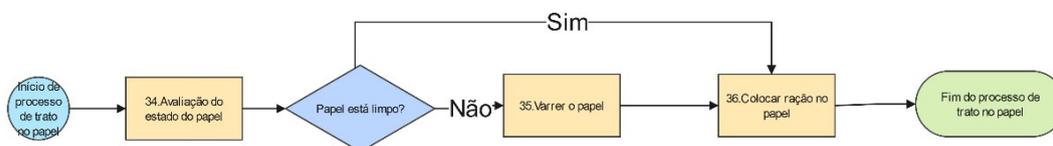


Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Já a Figura 22, é referente ao subprocesso de trato no papel. Neste processo, que é essencial nos primeiros três dias de vida das aves, o primeiro passo é avaliar o estado do

papel (34). Se estiver sem fezes ou restos de cama sobre ele, coloca-se ração no papel (36), senão é necessário varrê-lo (35) antes de colocar a ração.

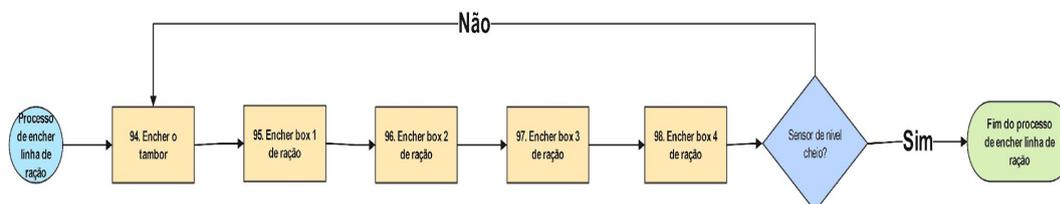
Figura 22 - Subprocesso trato no papel



Fonte: Documentação da Pesquisa(2023)

O terceiro subprocesso é representado na Figura 23. Esse processo é todo automatizado dentro do aviário. Para encher as linhas de ração, o primeiro passo é encher o tambor da respectiva linha de ração (94). A linha de ração é composta de um cano com mola dentro e vários comedouros de ração ao longo dessa linha. Os comedouros vão sendo enchidos em sequência, sendo primeiro todos do box 1 (95), passando pelo box 2 (96) e box 3 (97), finalizando no box 4 (98). Enquanto o último comedouro, que contém o sensor de nível, não estiver cheio, a linha continua funcionando.

Figura 23 - Subprocesso encher linhas de ração

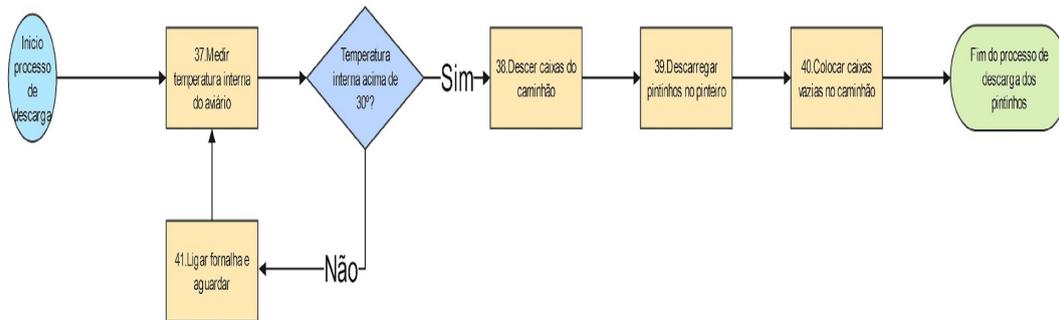


Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Por fim, o último subprocesso do macroprocesso de pré-alojamento é a descarga dos pintinhos. Assim que o caminhão chega com os pintinhos no aviário, o técnico responsável mede a temperatura do aviário (37). Caso a temperatura interna do aviário esteja acima de 30°C, é iniciado o processo de descarga das aves (38), caso contrário, faz-se necessário ligar a fornalha (41) e aguardar até que a temperatura interna do aviário alcance a temperatura desejada. Após isso, inicia-se a atividade 38 com os pintinhos dentro do aviário. As caixas são colocadas na lateral do aviário até que todas estejam alocadas fora do caminhão. Somente então, inicia-se a soltura dos pintinhos dentro das salas do pinteiro (39). Uma vez que todos os pintinhos já estiverem soltos, coloca-se todas

as caixas vazias de volta no caminhão (40). Esse subprocesso está esquematizado na Figura 24

Figura 24 - Subprocesso descarga dos pintainhos

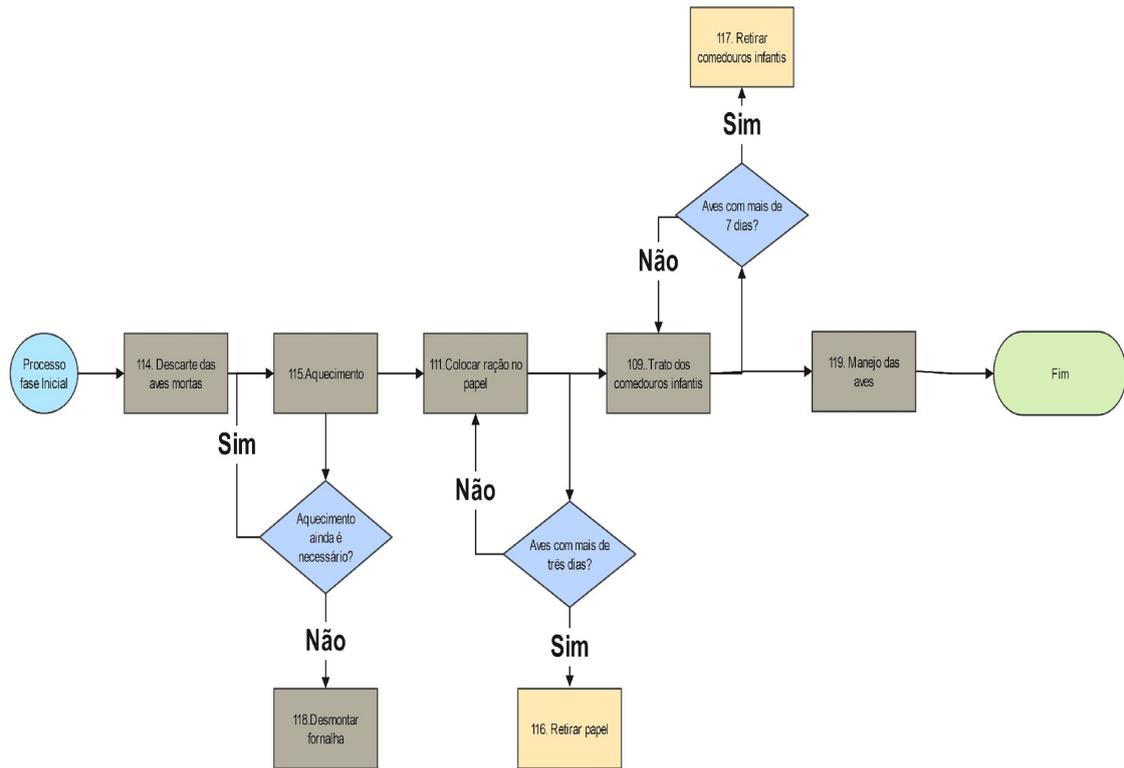


Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

### 4.1.3. Macroprocesso fase inicial das aves

O terceiro macroprocesso, é o da fase inicial das aves. Essa é a fase mais complexa, pois envolve muitas atividades manuais que dependem da experiência e feeling do trabalhador e do comportamento das aves para serem executadas. Essa fase dura em média quatorze dias, pois depende de condições climáticas para o corte do aquecimento. A primeira atividade deste macroprocesso é descartar as aves mortas (114). Durante essa fase também acontece o processo de aquecimento (115), coloca-se ração no papel até três dias (111), trata-se nos comedouros infantis até sete dias (109) e faz-se o manejo das aves (114). Esse macroprocesso está representado na Figura 25.

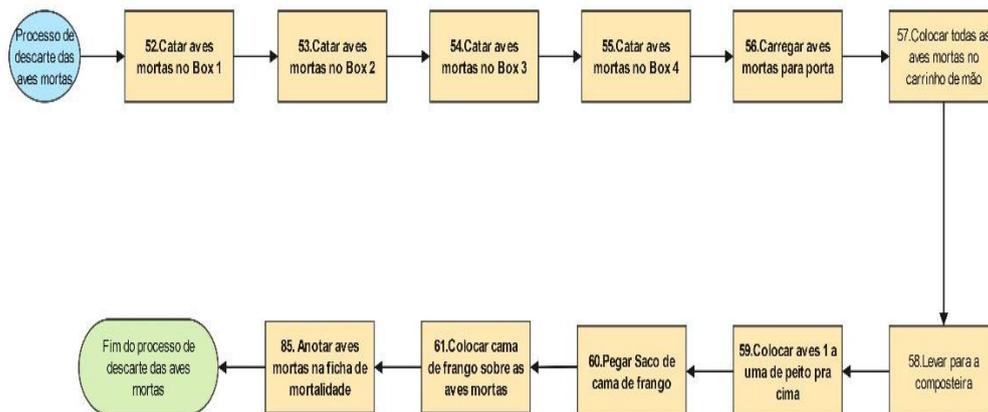
Figura 25 - Macroprocesso Fase inicial



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Dada a complexidade desse macroprocesso, todas as atividades possuem subprocessos. O primeiro está representado na Figura 26, que é o subprocesso de descarte das aves (114) feito durante todos os dias. As aves mortas são catadas de sala em sala, sendo o total de quatro salas, chamadas de box. Cada sala possui uma porta em que são postas para, posteriormente, serem colocadas no carrinho de mão (ou caminhonete) e levadas para a composteira (58). A compostagem é feita colocando as aves de modo que não encostem umas nas outras e todas de peito para cima (59). Assim, após as aves estarem alojadas na composteira de maneira correta, pega-se um saco de cama de frango (60) e coloca o material sobre as aves (61), de modo que não fique nenhuma parte delas exposta para não causar mal cheiro. Por último, anota-se na ficha de mortalidade a quantidade de aves mortas do dia (85).

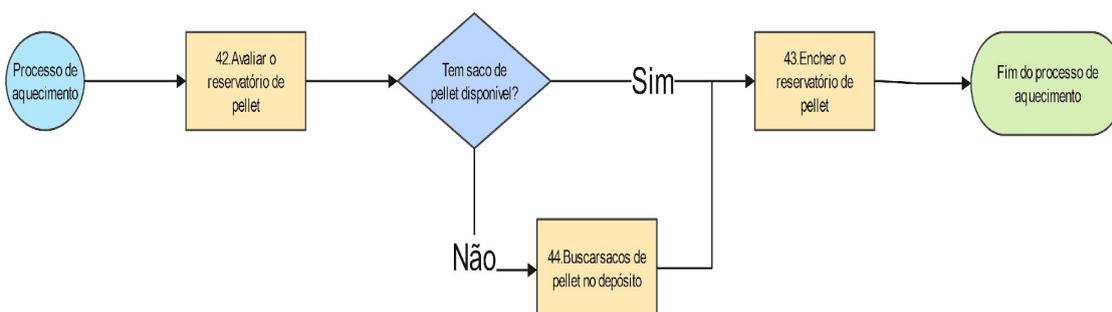
Figura 26 - Subprocesso descarte de aves mortas



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

O próximo subprocesso é o aquecimento do aviário (115), etapa fundamental para o bom desenvolvimento das aves no período inicial. Para o processo de aquecimento na fôrnelha, primeiro faz-se a avaliação do reservatório de pellet perto da fôrnelha (42). Caso haja pellet no reservatório, prossegue-se para encher o reservatório da fôrnelha com o substrato de madeira (43), caso contrário, tem-se a necessidade de buscar o material no depósito com a caminhonete (44), e, em seguida, colocar o pellet dentro do reservatório da fôrnelha (43). Esse subprocesso está representado na Figura 27.

Figura 27 - Subprocesso aquecimento

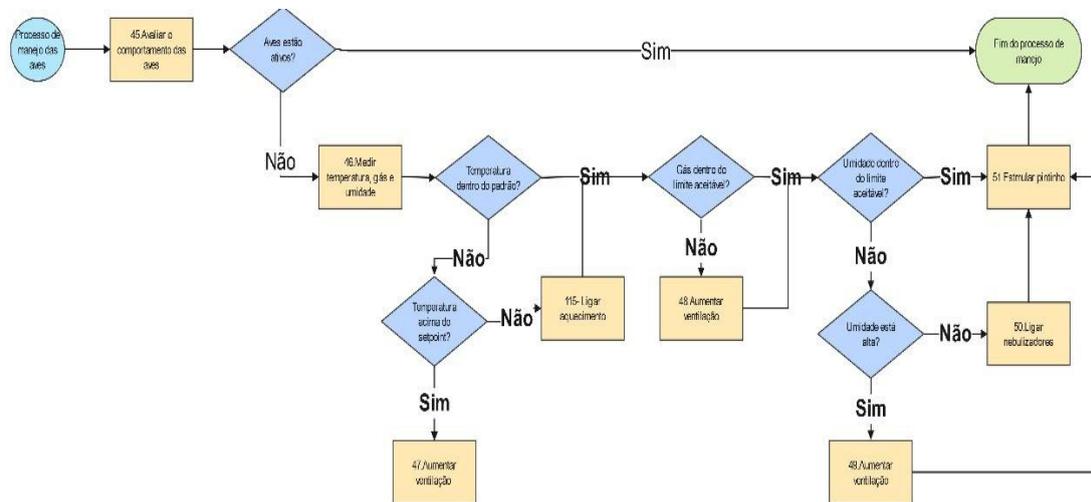


Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Já a Figura 28 representa o processo de manejo das aves (119). Esse é o processo mais importante da fase inicial, pois qualquer erro pode acarretar atraso no desenvolvimento das aves, doenças e refugos. Nesse processo, o primeiro passo é avaliar o comportamento das aves. Se as aves estiverem ativas, independentemente de outros fatores, tem-se o fim

do processo, pois elas estão gostando do ambiente. Caso contrário, é necessário encontrar a razão que está fazendo elas terem um comportamento inadequado. Primeiro mede-se a temperatura, se adequada, verifica-se outros parâmetros, senão é necessário aumentar ou diminuir a ventilação. A segunda métrica a ser verificada é o gás, medido em partículas por milhão (ppm). Se o gás estiver dentro de um limite aceitável, mede-se então a umidade; senão, é preciso aumentar a ventilação. Por último, tem-se a medição da umidade. Caso esteja em um valor dentro do padrão, estimula-se os pintinhos, senão, caso a umidade esteja elevada, é necessário aumentar a ventilação; caso contrário, é necessário ligar a nebulização do galpão por um curto período de tempo para melhorar a umidade, e, após isso, estimular o pintinho, dando fim ao processo de manejo.

Figura 28 – Subprocesso Manejo



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Para finalizar o mapeamento de processos da fase inicial, tem-se a retirada da fôrnilha de dentro do aviário. Esse processo inicia-se retirando os tubos da fôrnilha (120) de dentro do aviário, que são responsáveis por direcionar o ar quente. Após isso é feita a limpeza na área da fôrnilha (121) e por último, faz-se a limpeza no interior da fôrnilha. O subprocesso de retirada da fôrnilha é apresentado na Figura 29.

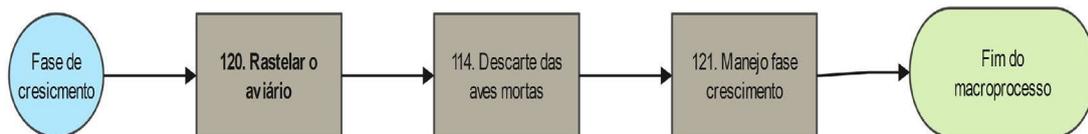
Figura 29 - Subprocesso desmonte da fôrnilha



#### 4.1.4. Macroprocesso fase de crescimento

O macroprocesso da fase de crescimento é o mais simples, pois envolve poucos processos manuais, mas depende muito de ter equipamento dentro do aviário, principalmente exaustores (ventilação) e meios de resfriamento, como placa evaporativa e nebulizadores. Essa fase geralmente dura do décimo quinto dia de vida das aves até o quadragésimo segundo dia, que é quando começa o processo pré-abate. As atividades desse macroprocesso envolvem rastelar o aviário (120), descartar as aves mortas (114) e realizar o manejo das aves na fase de crescimento (121). A representação desse macroprocesso é apresentada na Figura 30.

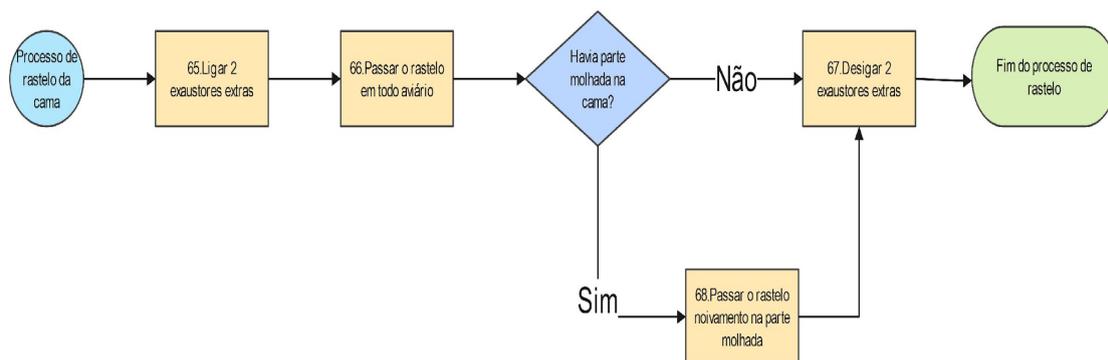
Figura 30 -Macroprocesso fase de crescimento



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

No primeiro subprocesso, rastelar o aviário, sempre se liga dois exaustores antes de começar a rastelar (65), pois uma vez que se começa, o ar tende a ficar mais pesado. Feito isso, o rastelo é passado em todo aviário ou na parte que há aves (66). Caso haja alguma parte molhada, é necessário passar o rastelo novamente nessa parte molhada (68); caso contrário, marca-se dez minutos e desliga os dois exaustores extras (67), dando fim a esse processo. Esse subprocesso pode ser observado na Figura 31.

Figura 31- Subprocesso rastelar aviário



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

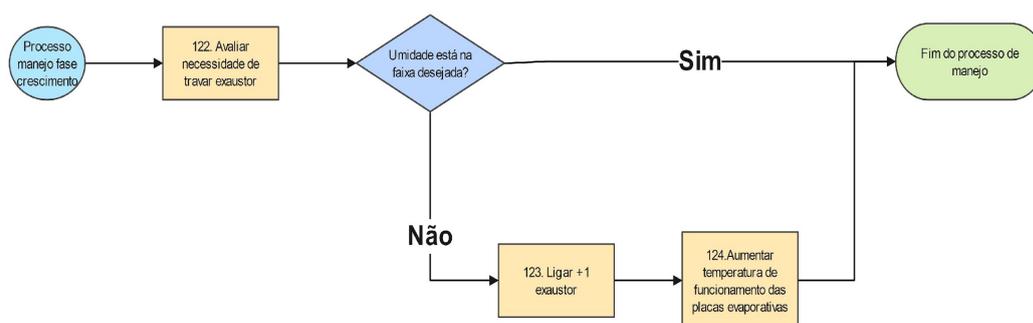
Já o subprocesso de manejo na fase de crescimento é observado na Figura 32. Nesse processo o primeiro passo é avaliar a necessidade de ligar durante o dia todo mais um exaustor (122). A quantidade de exaustores a ser ligados depende da seguinte equação:

$$nExaustor = \frac{Peso * nAves * 3,75}{36000} \quad \text{(Equação 10)}$$

Em que  $nExaustor$  é o número mínimo de exaustores que precisa estar ligada para limpar o ar do aviário,  $nAves$  é o número de aves no aviário e a constante  $\frac{3,75}{36000}$  depende da potência do motor (1CV para as granjas desse trabalho) e do fabricante dos exaustores (GSI para as granjas deste trabalho). Essa equação é fornecida pela integradora.

Outro importante fator nesse subprocesso é o controle da umidade. Caso a umidade esteja acima do padrão, é necessário ligar mais exaustores (123) e aumentar a temperatura para que a placa evaporativa entre (124), pois umidade elevada traz dificuldade para as aves trocarem calor com o ambiente. Caso a umidade esteja dentro do valor aceitável, tem-se o fim do processo de manejo.

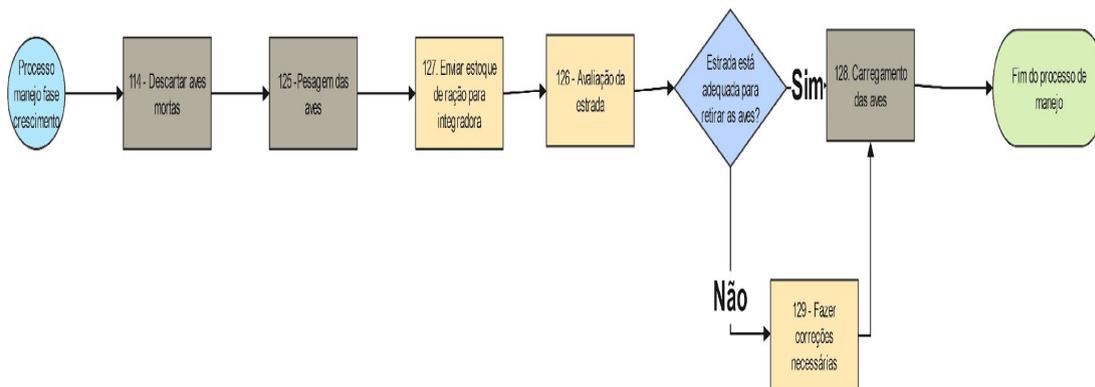
Figura 32 - Subprocesso manejo fase de crescimento



#### 4.1.5. Macroprocesso pré-abate

O macroprocesso da fase de pré-abate é muito importante, principalmente para a equipe do abatedouro. Essa fase ocorre a partir da idade de quarenta e dois dias das aves, até o carregamento das aves (128) para o abatedouro. Até a saída do frango, é necessário fazer o descarte das aves mortas (114) diariamente. Quando as aves completam 42 dias é necessário realizar a pesagem (125) e enviar o estoque de ração (127) para que a integradora marque a idade de saída das aves de acordo com a necessidade dela e faça o controle da ração a ser consumida até a data da saída. Nessa etapa, é feita uma avaliação das condições da estrada para ver se ela está adequada para o carregamento das aves (128); caso esteja, procede para a etapa de carregamento das aves; caso não esteja, é necessário realizar algumas correções na estrada (129) para chegar ao padrão desejado. Esse macroprocesso está representado na Figura 33.

Figura 33 -Macroprocesso fase pré-abate



O subprocesso de pesagem das aves (125) é essencial para que a integradora possa marcar a retirada do frango de modo que não cause atraso na linha de abate. O primeiro passo nesse processo é isolar as aves que serão pesadas (80). Após isso, inserem-se dez aves dentro da caixa (81), de modo que seja 60% de fêmeas e 40% de machos, e é feita a pesagem das aves (82). O peso é anotado (83), e após pesar todas as aves, é feita a média aritmética de todas as pesagens (84). Esse processo está representado na Figura 34.

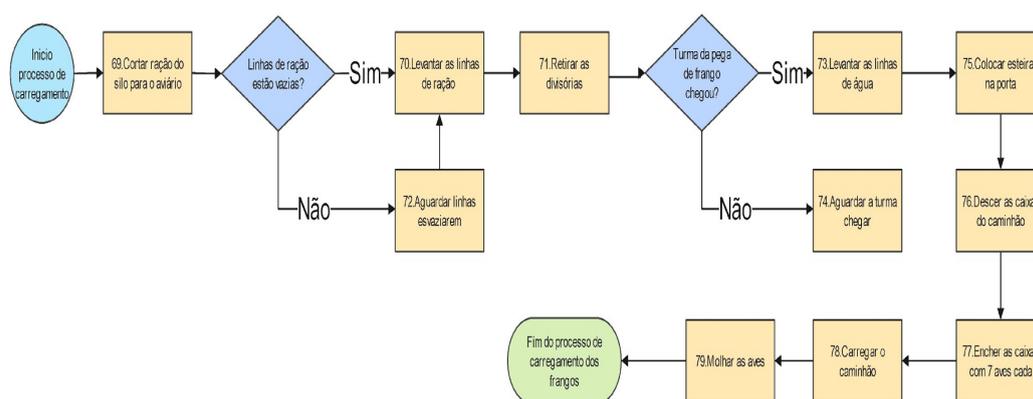
Figura 34 - Subprocesso pesagem



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Por último, a Figura 31 representa o subprocesso de carregamento das aves. O processo de carregamento de frango começa cortando a alimentação de ração do silo para dentro do aviário (69). Após isso, é feita uma avaliação, no qual se às linhas de ração estiverem vazias é feito o seu levantamento (70); caso contrário é necessário esperar até que as linhas esvaziem (72) a um nível aceitável de modo que não cause danos no equipamento e, só após isso, serem suspensas. Uma vez que as linhas estão levantadas, é feita a retirada das divisórias (71). Nesse ponto, se os caminhões de frango já se encontrarem no aviário para a apanha do frango, levanta-se as linhas de água (73), se não se aguarda até que o caminhão de pega chegue no aviário (74). Então a esteira é colocada dentro do aviário (75), inicia-se a descer as caixas do caminhão (76) e a encher cada uma com sete frangos (77). Posteriormente, o caminhão é carregado com as caixas cheias de frango (78) e molham-se as aves antes de sair do aviário (79) com o objetivo de aliviar a temperatura para elas e causar menor mortalidade durante o transporte.

Figura 35 - Subprocesso carregamento das aves

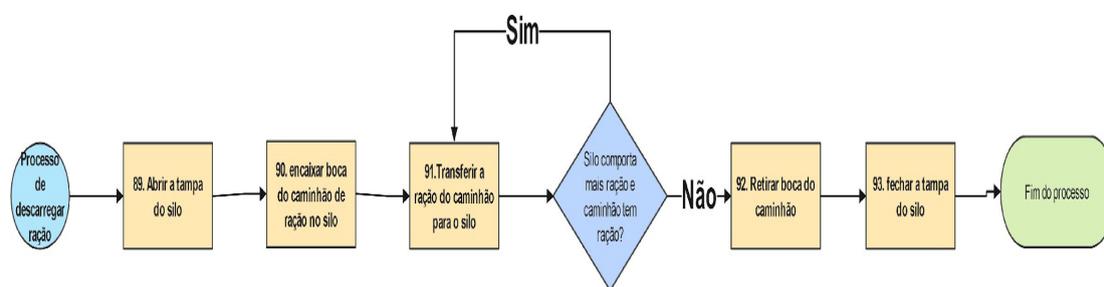


Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

#### 4.1.6. Outros processos

Neste tópico, são abordados alguns processos que não se encontram dentro de macroprocessos. O primeiro é o enchimento do silo com ração. O processo tem início abrindo a tampa do silo (89) e, em seguida, encaixando a boca do caminhão junto à boca do silo (90). Após isso, já pode iniciar a transferência da ração do caminhão para o silo (91). Enquanto houver ração no caminhão e o silo tiver espaço para receber ração, continua a atividade 91. Caso contrário, remove-se a boca do caminhão do silo (92) e, em seguida, a boca do silo é fechada (93). Esse processo é aplicado todas as vezes que a integradora envia ração e está representada pela Figura 36.

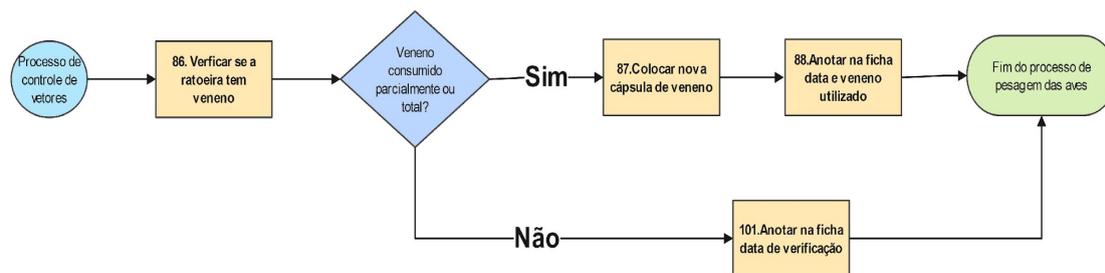
Figura 36 - Subprocesso transferência ração caminhão-silo



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Outro processo realizado semanalmente é o controle de roedores. Uma vez que os ratos podem trazer doenças para as aves e consumir ração de modo que aumente a conversão alimentar, esse controle é extremamente importante para uma boa produção. Inicialmente, é necessário verificar se a ratoeira possui veneno (86). Caso possua veneno, anota-se na ficha de controle de roedores que foi feito o controle (101), mas sem troca de veneno. No caso de ter ocorrido consumo parcial ou total da cápsula de veneno, é necessário realizar a troca (87), pois mesmo com o consumo parcial, afeta a efetividade do veneno. Feita a troca, anota-se na ficha de controle o dia e o veneno utilizado (88). Esse processo é representado na Figura 37.

Figura 37 - Subprocesso transferência ração caminhão-silo



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Por fim, tem-se o processo de pesagem e enchimento das linhas de ração. Este é realizado de modo automático durante todo o lote, sempre que precisa de ração dentro do aviário. Aquele é feito a cada sete dias para ter um controle da evolução do crescimento das aves. O processo de pesagem é mostrado na Figura 34, enquanto o processo de enchimento da linha de ração está representado na Figura 23.

## 4.2. Análise da redução dos desperdícios pelo Lean Manufacturing

A partir dos fluxogramas desenvolvidos na seção anterior, foi possível identificar alguns pontos de desperdício (Muda), que não geram benefício ao produtor e trazem, por outro lado, prejuízos.

Na atividade 108 da Figura 16, observou-se um tempo de espera excessivo para retirar a cama do aviário em algumas das situações. Isso resultava na impossibilidade de realizar a atividade seguinte (lavagem), causando frequentemente ociosidade do funcionário, que ficava sem nenhuma atividade para ser realizada. Uma das causas desse problema é o atraso dos compradores na retirada da cama de frango, mesmo após o proprietário estabelecer uma data. Uma solução em potencial seria limitar o número de compradores e estabelecer contratos com multas por atraso.

No item 33 da Figura 21, identificou-se o ponto crítico relacionado ao desperdício de ração durante o enchimento dos comedouros infantis. O derramamento de ração no chão, muitas vezes misturado com a cama de frango, contribui para o aumento na conversão alimentar. Em uma amostragem, constatou-se um desperdício de cerca de 13kg de ração após o trato dos comedouros infantis. Para solucionar esse problema, propõe-se a substituição dos comedouros por “marmitinhas”, ajustáveis para frangos e pintinhos. Essa mudança não apenas reduziria o desperdício de ração, mas também liberaria tempo para o funcionário se dedicar ao manejo das aves. A atividade 35 da Figura 22 apresenta um

desafio semelhante, pois ao varrer o papel, a ração restante é desperdiçada. Uma solução potencial seria cobrir 100% do pinteiro com papel, minimizando parcialmente o problema.

O subprocesso de aquecimento, ilustrado na Figura 27, apresenta alguns desafios críticos. A dependência de apenas uma fornalha para atender toda a demanda do aviário resulta em períodos prolongados de operação, causando maior desgaste do equipamento e, em alguns casos, proporcionando temperaturas inadequadas para os pintinhos. A introdução de uma segunda fornalha poderia proporcionar maior autonomia para o reabastecimento, alcançando mais rapidamente o "set point" e, conseqüentemente, reduzindo o consumo de pellet. Isso também permitiria que o funcionário dedicasse mais tempo ao manejo das aves.

No subprocesso representado na Figura 28, existem pontos críticos que merecem análise. A natureza manual desse processo pode resultar em atrasos na correção de problemas, causando estresse nas aves. Uma solução potencial seria a automação mais abrangente desse processo, substituindo o controlador atual (CA-18) por um controlador Smaii 5. O Smaii 5 oferece a capacidade de automatizar grande parte do subprocesso de manejo na fase inicial. Por exemplo, ele pode integrar uma sonda de gás para controlar a ventilação automaticamente, eliminando a necessidade de intervenção humana. Além disso, possibilita um melhor controle da umidade dentro do aviário, regulando a ventilação quando necessário e evitando situações de alta umidade na placa evaporativa. Essas melhorias contribuíram para o bem-estar das aves e otimização do processo.

### **4.3. Coleta e tratamento de dados**

Para adaptar os processos modelados anteriormente para o ambiente do ARENA®, algumas modificações foram necessárias, incluindo a agrupação de atividades quando apropriado. No macroprocesso "Tratamento do Aviário", as atividades 3 e 4 foram representadas no ARENA® como o processo "Reutilizar Cama de Frango". Já no subprocesso "Tratamento Contra Vetores", as atividades 14 a 18 da Figura 19 foram simuladas como "Desinfecção", enquanto as atividades 20 a 23 foram substituídas pela atividade "Bater Remédio Contra Vetores".

No macroprocesso "Pré-Alojamento", as tarefas 24 a 31 foram modeladas no ARENA® como o processo "Montagem do Pinteiro", enquanto as atividades 37 a 41 da Figura 23 foram substituídas pelo processo "Descarga".

Para os macroprocessos "Fase Inicial", "Crescimento" e "Pré-Abate", que incluem o subprocesso "Descarte de Aves Mortas" representado na Figura 26, as atividades 52 a 61 e 82 foram simuladas como "Descarte de Aves Mortas". No subprocesso "Aquecimento" da Figura 27, as atividades de 41 a 44 foram substituídas pelo processo "Aquecimento" no *software* ARENA®, enquanto todas as atividades da Figura 28 foram substituídas pelo processo "Manejo".

Finalmente, no macroprocesso "Fase Inicial", as atividades 120 a 122 do subprocesso "Desmonte da Fornalha" foram representadas no ARENA® como o processo "Retirar Fornalha". Nos macroprocessos "Fase de Crescimento" e "Fase Pré-Abate", as atividades do subprocesso "Rastelar o Aviário" representadas pelas tarefas 65 a 68 na Figura 30 foram substituídas pelo processo "Rastelar Aviário" na simulação computacional.

Para realizar uma análise estatística dos processos definidos, utilizou-se a ferramenta *Input Analyzer* disponível no *software* ARENA®. Os dados coletados foram inseridos para encontrar a melhor distribuição estatística que representasse as atividades do modelo real, proporcionando uma simulação com alto nível de confiança. A Tabela 2 exibe as distribuições correspondentes a cada atividade.

Tabela 2 - Distribuição estatística por atividade

Atividade	Distribuição Estatística		
	Tempo (min)	Peso (kg)	Quantidade mortos
<b>Cama de frango</b>	TRIA(11.5,72.5,77.5)		
<b>Descarte aves (inicio)</b>	NORM(10.6,2.42)		8 + EXPO(29.6)
<b>Descarte aves (crescimento)</b>	UNIF(66.5,69.5)		11 + EXPO(23.2)
<b>Descarte aves (final)</b>	TRIA(60.86,3.91)		UNIF(36,53)
<b>Montagem pinteiro</b>	TRIA(266,291,350)		
<b>Encher sacaria</b>	NORM(37.7,11,7)		
<b>Trato comedouro infantil</b>	NORM(88;5)		
<b>Colocar ração no papel</b>	UNIF(13.5,62,5)		
<b>Descarga pintinhos</b>	43.5+ EXP(6)		
<b>Manejo</b>	NORM(12,6;3,13)		
<b>aquecimento</b>	3+EXP(8,19)		
<b>Carregamento</b>	55+EXP(28,8)		
<b>Ração total</b>		NORM(161000,4750)	
<b>Peso 7 dias</b>		NORM(0.158,0.0205)	

<b>Peso 14 dias</b>		P7 + NORM(36.9, 6.08)	
<b>Peso 21 dias</b>		P14 + NORM(68.6, 6.44)	
<b>Peso 28 dias</b>		P21 + NORM(91.2, 9.57)	
<b>Peso 35 dias</b>		P28+ NORM(98.6, 10.7)	
<b>Peso 42 dias</b>		P35 + NORM(96.6, 14.5)	
<b>Peso Abatedouro</b>		P42 + NORM(73.4, 26.1)	

Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

#### 4.4. Modelagem do Modelo no Software ARENA®

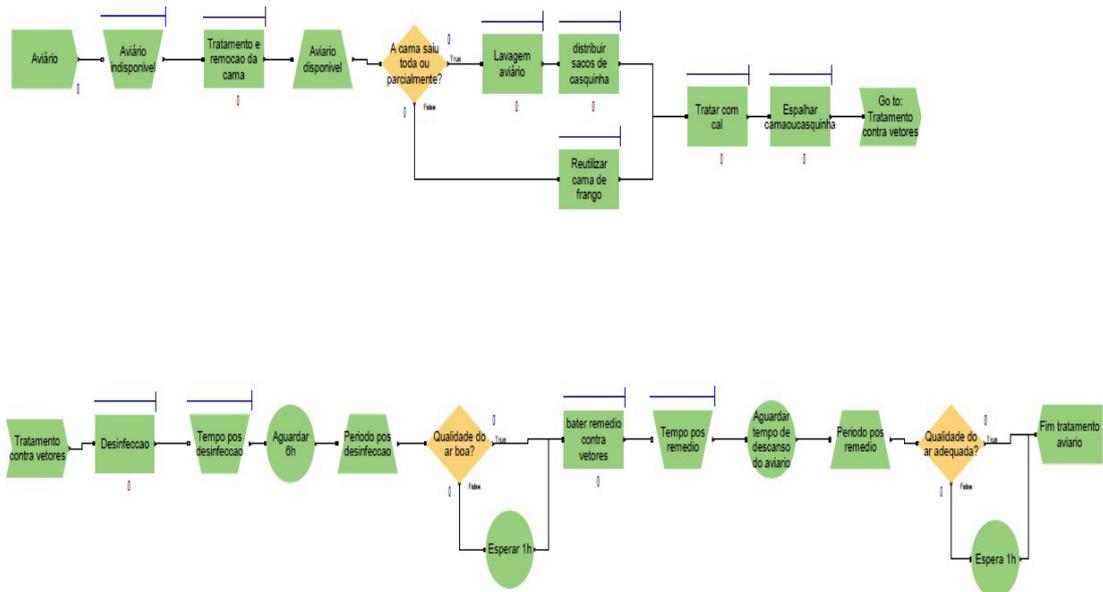
O processo estudado possui um sistema complexo de vários macroprocessos e subprocessos. Devido a isso, tem-se a necessidade de modelar cada macroprocesso de acordo com a fase do aviário, sendo apresentados no total cinco submodelos criados.

##### 4.4.1. Tratamento do Aviário

No modelo do tratamento do aviário, a entidade considerada é o próprio aviário. Os recursos incluem o funcionário responsável pelas atividades de lavagem, espalhamento da casquinha e tratamento contra vetores e desinfecção. Além disso, há o serviço terceirizado para o trato da cama de frango e sua retirada. No processo, o aviário fica impossibilitado de realizar tarefas subsequentes enquanto a retirada da cama de frango não é concluída. Para lidar com isso, foram empregados os módulos Seize e Release, prendendo o aviário temporariamente e liberando-o assim que o processo de retirada de cama for concluído.

Uma vez que a cama é removida, o processo inclui lavagem, tratamento com cal e espalhamento da casquinha no aviário. No caso da desinfecção e do tratamento contra vetores, é necessário aguardar um tempo mínimo de seis horas após a aplicação dos produtos antes de retomar as operações no aviário. Para gerenciar esse processo, foram utilizados novamente os módulos Seize e Release, juntamente com o módulo Delay. Além disso, empregou-se o bloco de decisões para avaliar se a retirada da cama foi parcial ou total, bem como a qualidade do ar após a aplicação dos produtos de desinfecção. Esse sistema é classificado como *Flow Shop*, pois existe uma ordem específica para todas as entidades que precisam utilizar o sistema. O processo modelado pode ser visualizado na Figura 38.

Figura 38 - Modelagem tratamento do aviário

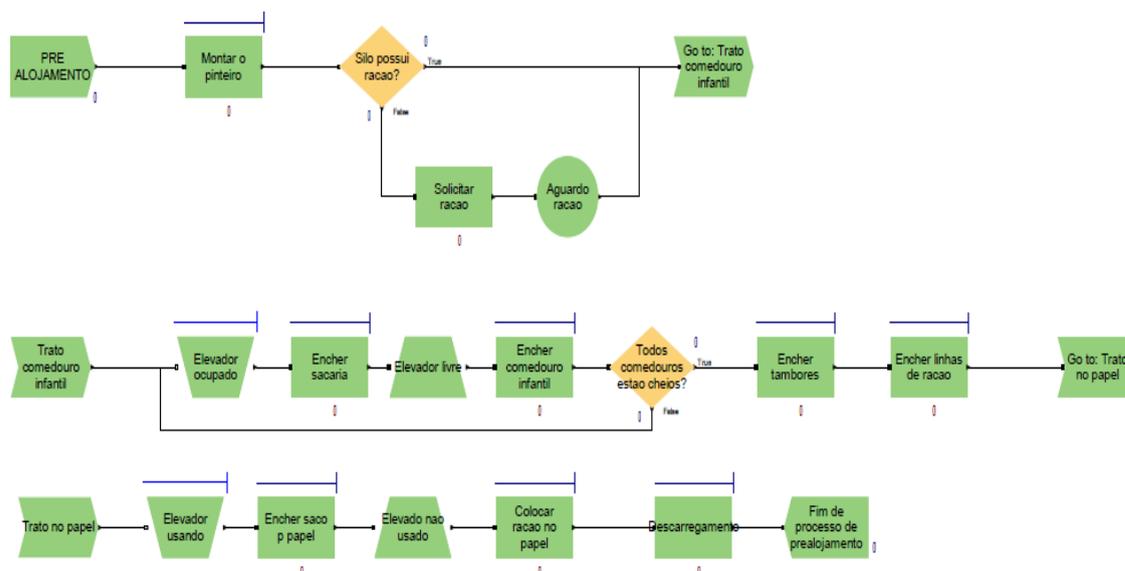


Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

#### 4.4.2. Modelagem Pré-Alojamento

Da mesma forma que na modelagem anterior, o processo de pré-alojamento segue uma sequência de execução tipo "Flow Shop". O macroprocesso representado na Figura 21, pré-alojamento, tem o aviário como entidade principal, e os recursos utilizados incluem o funcionário e o elevador. Nesse modelo, os blocos de processos foram empregados para representar a montagem do pinteiro, solicitação de ração, enchimento de sacaria, tambores e linha de ração, colocação de ração no papel e descarregamento dos pintinhos. Além disso, foram utilizados os módulos "Seize" e "Release" para ação de ocupar o elevador, que não pode ser utilizado simultaneamente para encher a sacaria e as linhas de ração. Também foram incorporados módulos de decisão para avaliar a situação do silo e dos comedouros infantis. Por fim, o recurso "Delay" foi utilizado para o caso de falta de ração no silo, aguardando até que o caminhão chegue. Essa modelagem é apresentada na Figura 39.

Figura 39- Modelagem Pré-Alojamento



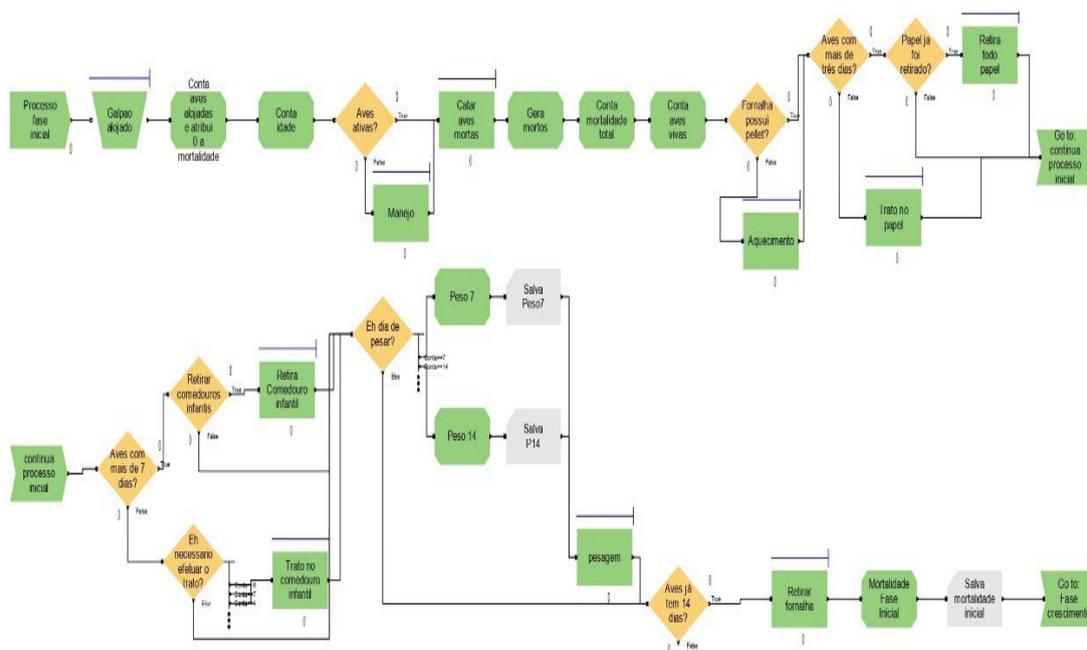
Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

### 4.4.3. Modelagem Aves no Aviário

O processo de modelagem durante o período em que as aves estão no aviário é subdividido em três fases: inicial, crescimento e final. Devido à extensão do processo modelado nesta etapa, ele foi dividido em duas figuras. A entidade principal deste processo é a entrada dos pintinhos no aviário, marcando o início da fase inicial das aves, representada na Figura 40. O único recurso utilizado neste processo é o funcionário do aviário, responsável por todas as atividades nesta fase.

O módulo "Process" foi utilizado para as atividades de descarte de aves mortas, pesagem aos sete e quatorze dias, processo de manejo, aquecimento, trato no papel e nos comedouros infantis, retirada do papel, fornalha e dos comedouros infantis. Para representar os blocos de decisões, foram utilizados os módulos "Decide", aplicados para avaliar se as aves estão ativas, o abastecimento de pellet, a retirada do papel, a idade das aves, a remoção dos comedouros e o dia da pesagem. Além disso, foram empregados os módulos "Assign" para contar a idade das aves, gerar os mortos da fase de crescimento, contar a mortalidade e gerar os pesos de sete e quatorze dias. Por fim, os blocos "Record" foram utilizados para salvar os dados de pesagem e mortalidade, enquanto o "Seize" foi empregado para tornar o aviário indisponível para a chegada de novas aves.

Figura 40 - Modelagem Fase Inicial

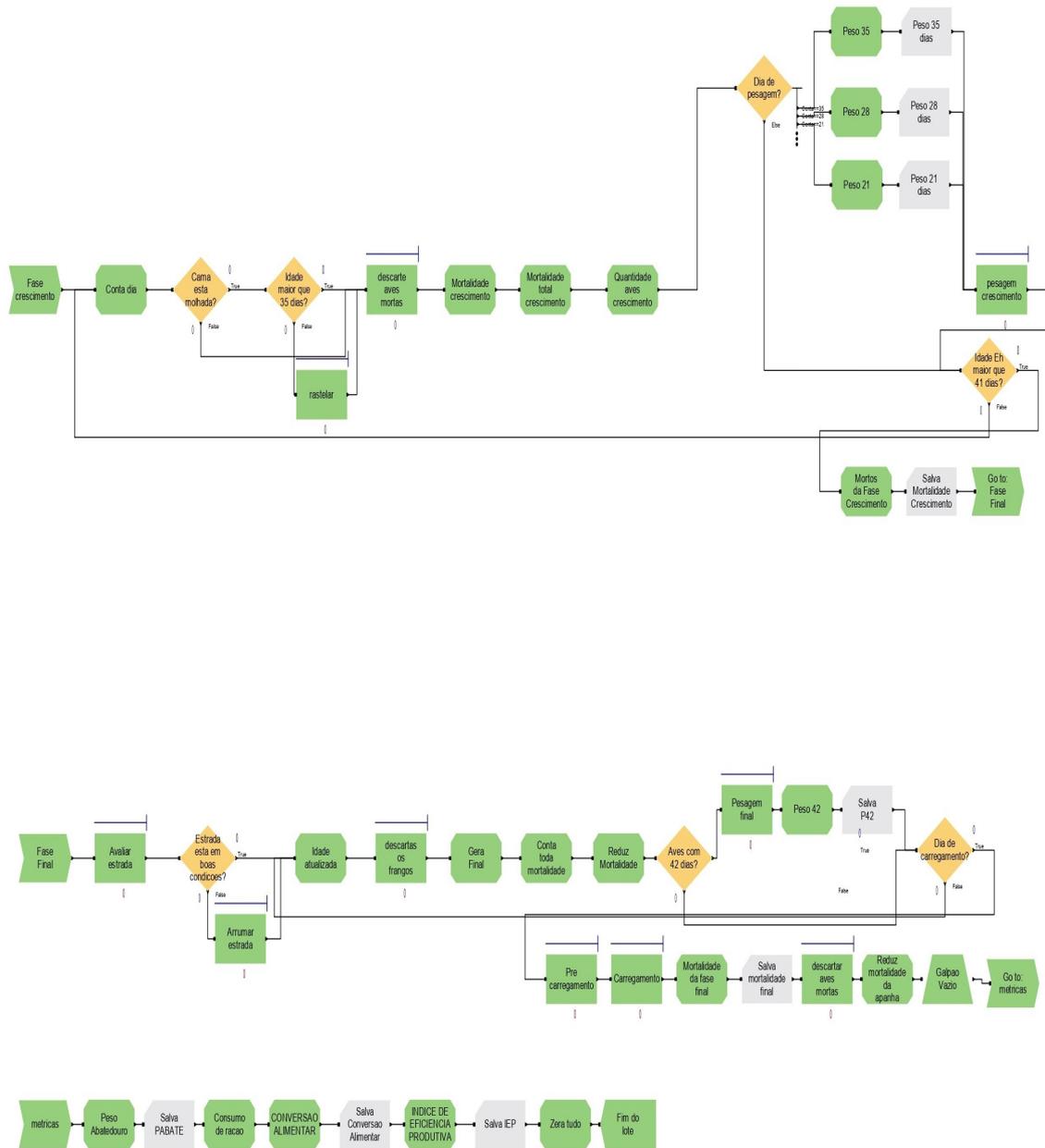


Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

A Figura 41, por outro lado, representa as fases de crescimento e final das aves. Nessa modelagem, o módulo "Process" é utilizado para representar o descarte das aves mortas, as pesagens que ocorrem em cada uma das fases, avaliação da estrada, pré-carregamento e o carregamento. Já o bloco "Decide" é usado para tomar decisões sobre as condições da cama de frango, avaliações de idade, dia de pesagem, condições da estrada e dia de carregamento.

O recurso "Assign", nessas fases, é utilizado para contar a idade do frango, gerar a mortalidade, gerar todos os pesos, contar a mortalidade, o consumo de ração, calcular a conversão alimentar e IEP, além de zerar todas as variáveis no final do processo. Por último, foi utilizado o módulo "Release" para sinalizar que as aves foram embora e o aviário está livre, e os blocos "Record" para salvar as pesagens, a conversão alimentar e o IEP de cada lote.

Figura 41 - Modelagem Fase Crescimento e Final



Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

#### 4.4.4. Validação do Modelo

Para a validação do modelo da simulação foi necessário comparar dados de coleta, dados de produção nas propriedades utilizando os principais indicadores do sistema modelado. Os principais indicadores comparadores são:

- **Peso semanal das aves:** Esse dado é feito semanalmente para avaliar o desempenho das aves ao longo do lote.
- **Tempo total do processo:** Este indicador retrata o tempo total de cada processo em minutos.
- **Mortalidade de cada fase da ave:** Esse dado tem grande importância no cálculo do índice de eficiência produtiva.
- **Ração consumida:** Conhecer a ração consumida é de fundamental importância para saber a conversão alimentar do lote.

O conhecimento do indicador de peso aos sete dias (1) é fundamental, pois os primeiros sete dias desempenham um papel essencial no bom desenvolvimento das aves. Além do peso inicial, o indicador de peso aos quarenta e dois dias (2) auxilia a integradora no planejamento da saída do frango e na programação da linha de abate. O peso no abatedouro (3) é utilizado no cálculo da produção do integrado. Os indicadores (4) e (6) estão inter-relacionados, representando a quantidade de aves como o valor do alojamento menos a mortalidade. O indicador de conversão alimentar (5) relaciona a quantidade de ração necessária para produzir um quilograma de carne por ave, enquanto o índice (7) reflete a produção do aviário. Por fim, o índice (7) representa a relação de atividades executadas diariamente nos aviários. Dado que há uma significativa similaridade entre os resultados obtidos no sistema real e na simulação, pode-se considerar que o modelo de simulação reflete adequadamente a realidade, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Comparação simulação e real dos principais indicadores

Indicador	Nº indicador	Resultados		
		Sistema real	Sistema simulado	Divergência
<b>Peso 7 dias (g)</b>	1	160	166	3,75%
<b>Peso 42 dias (kg)</b>	2	2,9	2,943	1,48%
<b>Peso abatedouro (kg)</b>	3	3,233	3,153	2,47%
<b>Mortalidade total (aves)</b>	4	1330	1303	2,03%
<b>Conversão Alimentar</b>	5	1,76	1,764	0,23%
<b>Aves</b>	6	28670	28693	0,08%
<b>IEP</b>	7	389	379	2,57%
<b>Tempo médio de atividade por dia(h)</b>	8	1:56:39	2:04:29	6,45%

Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

#### 4.5. Cenários desenvolvidos

Desenvolver novos cenários, efetuando alterações no cenário atual com mudanças em um grupo de variáveis, pode ser feito através da simulação. A partir das hipóteses desenvolvidas no Capítulo 1, item 1.4, alguns novos cenários podem ser desenvolvidos e comparados com o cenário real, que é mostrado na Tabela 4. Atualmente, o produtor recebe um valor por ave com base no IEP. Foi escolhido um cenário com saída de 45 dias do frango.

Tabela 4 – Cenário atual

Indicador	Nº indicador	Cenários
		Sistema real
Peso 7 dias (Kg)	1	160
Peso 42 dias (Kg)	2	2,9
Peso abatedouro (Kg)	3	3,233
Aves	4	28670
Conversão Alimentar	5	1,76
IEP	6	389
Idade (Dias)	7	45
Remuneração por ave (R\$)	8	R\$ 1,31
Remuneração total (R\$)	9	R\$ 37.557,70
Carne total produzida(kg)	10	92690,11

Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

#### 4.5.1. Cenário hipotético 1 – Melhora nos pesos iniciais

De acordo com a tabela da Cobb Vantress, as aves da raça Cob Male 500, que são alojadas nos aviários, deveriam pesar cerca de 212g na primeira semana e 528g na segunda, conforme os padrões estabelecidos. Entretanto, os resultados obtidos nas pesagens de 7 e 14 dias apresentam defasagens em relação a essa tabela, registrando 160g e 419g, respectivamente. Essa discrepância em termos percentuais em relação à tabela representa uma diferença de 25% na primeira pesagem e 20% na segunda pesagem.

Ao analisar as pesagens realizadas pelo produtor em cada box, observa-se consistentemente que os dois boxes mais próximos da fornalha sempre apresentam um peso superior aos outros dois boxes mais distantes da fornalha. Nesse contexto, torna-se necessário considerar a instalação de uma nova fornalha, resultando em dois equipamentos de aquecimento, conforme o padrão atual nos aviários.

Levando em conta essa consideração, a Tabela 5 apresenta os possíveis resultados caso seja realizada a melhoria no sistema de aquecimento e no peso das aves.

Tabela 5 - Cenário hipotético 1

		Cenários
Indicador	Nº indicador	Cenário 1
Peso 7 dias (Kg)	1	202
Peso 14 dias	2	515
Peso 42 dias (Kg)	3	2,987
Peso abatedouro (Kg)	4	3,197
Aves	5	28797
Conversão Alimentar	6	1,7
IEP	7	401
Idade (Dias)	8	45
Remuneração por ave (R\$)	9	R\$ 1,39
Remuneração total (R\$)	10	R\$ 40.027,83
Carne total produzida(kg)	11	92064,009
Investimento fornalha	12	R\$ 45.000,00

Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Os dados obtidos na simulação do cenário hipotético 1, revelam melhorias em todos os pesos, principalmente nos pesos iniciais. Além disso, observa-se uma significativa melhora tanto no IEP quanto na conversão alimentar, o que resultou em uma melhor remuneração das aves, no qual era R\$1,31 no cenário atual e, no novo cenário, alcançou R\$1,39. É relevante destacar que o *payback* descontado dessa situação é de 23 lotes ou quatro anos e 10 meses.

#### 4.5.2. Cenário hipotético 2 – melhoria nos equipamentos

Conforme orientação do técnico da integradora, os padrões estabelecidos para os aviários em estudo incluem a instalação de 16 exaustores de 1,5 CV, uma altura de 2,7 metros do pé direito e 80 metros de placa evaporativa. Atualmente, os galpões possuem 14 exaustores de 1 CV, uma altura de 2,9 metros de pé direito e 60 metros de placa evaporativa. A altura do aviário desempenha um papel crucial no sistema de aquecimento, uma vez que o volume de ar a ser aquecido aumenta em 7%, resultando em um incremento no processo de aquecimento. Esse fator também impacta na renovação do ar, especialmente durante a semana final do ciclo das aves.

Atualmente, a velocidade do vento nos aviários é de 3 m/s, enquanto a recomendação técnica é de 4,5 m/s. A inadequação desse parâmetro afeta o desempenho das aves na fase final. Assim, há a necessidade de instalar dois novos exaustores e aumentar a potência dos já instalados para atender às recomendações técnicas. Além disso, o aumento na

quantidade de exaustores requer uma ampliação na entrada de ar do aviário e, conseqüentemente, um aumento na área das placas evaporativas. Os resultados simulados para o cenário 2 estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6- Cenário hipotético 2

		<b>Cenário</b>
<b>Indicador</b>	<b>Nº indicador</b>	<b>Cenário 2</b>
<b>Peso 7 dias (g)</b>	1	188
<b>Peso 14 dias (g)</b>	2	477
<b>Peso 42 dias (Kg)</b>	3	3,168
<b>Peso abatedouro (Kg)</b>	4	3,428
<b>Aves</b>	5	28797
<b>Conversão Alimentar</b>	6	1,677
<b>IEP</b>	7	434
<b>Idade (Dias)</b>	8	45
<b>Remuneração por ave (R\$)</b>	9	R\$ 1,61
<b>Remuneração total (R\$)</b>	10	R\$ 46.363,17
<b>Carne total produzida(kg)</b>	11	98716,116
<b>Rebaixamento aviário</b>	12	R\$ 30.000,00
<b>Troca de 14 motores</b>	13	R\$ 21.000,00
<b>Placa evaporativa</b>	14	R\$ 15.000,00
<b>Mão de obra</b>	15	R\$ 20.000,00

Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

Com base nos dados obtidos na simulação, observa-se uma melhoria em relação ao cenário original no peso da pesagem de 7 e 14 dias devido ao rebaixamento do aviário, embora seja menor em comparação com quando foi instalada a fornalha. O benefício mais significativo nesse cenário ocorre a partir do 28º dia do ciclo do frango, onde o ganho diário das aves na simulação supera o observado no cenário real, resultando em um peso final, uma conversão alimentar e um IEP aprimorado. Nessa simulação, o valor total faturado foi R\$8.826,00 superior ao cenário atual, resultando em um payback descontado de 11 lotes ou um ano e 10 meses.

#### **4.5.3. Cenário hipotético 3 – Aumento da densidade de alojamento.**

Atualmente, a densidade de aves alojadas é de cerca de 11,9 aves/m<sup>2</sup>. Em galpões com boa ventilação e duas fornalhas, é possível aumentar a densidade para 14 aves/m<sup>2</sup> sem comprometer significativamente o desempenho dos frangos. Portanto, esse cenário

contempla o alojamento de 35.000 aves e todas as melhorias implementadas nos cenários 1 e 2. Os detalhes desse cenário são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7- Cenário hipotético 3

		Cenário
Indicador	Nº indicador	Cenário 3
Peso 7 dias (g)	1	196
Peso 14 dias (g)	2	497
Peso 42 dias (Kg)	3	3,12
Peso abatedouro (Kg)	4	3,352
Aves	5	33222
Conversão Alimentar	6	1,665
IEP	7	423
Idade (Dias)	8	45
Remuneração por ave (R\$)	9	R\$ 1,54
Remuneração total (R\$)	10	R\$ 51.161,88
Carne total produzida(kg)	11	111360,144
Rebaixamento aviário	12	R\$ 30.000,00
Troca de 14 motores	13	R\$ 21.000,00
Placa evaporativa	14	R\$ 15.000,00
Mão de obra	15	R\$ 20.000,00
Investimento fornalha	12	R\$ 45.000,00

Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

É evidente que, mesmo com a instalação de todos os equipamentos, as pesagens apresentam valores menores em comparação aos cenários anteriores. Esse fenômeno decorre do aumento no número de aves no aviário, intensificando a competição por alimento e resultando em um ganho diário menor, especialmente nos últimos dias. Contudo, a diferença na quantidade de aves compensa a ligeira redução no Índice de Eficiência Produtiva (IEP) quando comparado ao cenário 2, assim como em relação ao faturamento alcançado. Para implementar o cenário três, seria necessário um investimento de R\$131.000,00, com um *payback* descontado de 11 lotes ou um ano e 10 meses.

#### 4.6. Análise dos Resultados

Os dados obtidos dos três cenários projetados foram consolidados na Tabela 8, juntamente com os dados do cenário real, proporcionando uma análise mais abrangente dos resultados. Além das informações contidas nas Tabelas 3, 4, 5 e 6, foram acrescentados três novos dados: *payback* descontado, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR). Para a TIR, considerou-se uma taxa de atratividade mínima de

12,75%, equivalente à taxa atual da Selic. Além disso, o período de avaliação para esses índices financeiros foi estabelecido em cinco anos.

Tabela 8 - Cenários Simulados

Indicador	Nº indicador	Cenários			
		Sistema real	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Peso 7 dias (Kg)	1	160	202	188	196
Peso 14 dias	2	419	515	477	497
Peso 42 dias (Kg)	3	2,9	2,987	3,168	3,12
Peso abatedouro (Kg)	4	3,233	3,197	3,428	3,352
Aves	5	28670	28797	28797	33222
Conversão Alimentar	6	1,76	1,7	1,677	1,665
IEP	7	389	401	434	423
Idade (Dias)	8	45	45	45	45
Remuneração por ave (R\$)	9	R\$ 1,31	R\$ 1,39	R\$ 1,61	R\$ 1,54
Remuneração total (R\$)	10	R\$ 37.557,70	R\$ 40.027,83	R\$ 46.363,17	R\$ 51.161,88
Carne total produzida(kg)	11	92690,11	92064,009	98716,116	111360,144
Investimento (R\$)	12	R\$ -	R\$ 45.000,00	R\$ 86.000,00	R\$ 131.000,00
Payback (Dias)	13	-	1380	660	620
VPL	14	-	R\$ 10.093,11	R\$ 110.394,82	R\$ 172.423,94
TIR	15	-	7,82%	40,13%	41,06%

Fonte: Documentação da Pesquisa (2023)

A TIR é uma métrica crucial para avaliar a qualidade do investimento realizado. No contexto analisado, o cenário 1 demonstra-se desvantajoso para o agricultor, uma vez que o retorno fica aquém do CDI. Por outro lado, os cenários 2 e 3 revelam-se bastante atrativos para investimento.

Quanto ao Valor Presente Líquido (VPL), em todos os casos, apresenta-se como positivo. No entanto, ao analisar os dados da Tabela 7, observa-se que o VPL mais expressivo é associado ao cenário 3, sendo 56% superior ao do cenário 2 ao longo do período de cinco anos.

Por último, em relação ao payback, o cenário 1 registra o maior período para retorno do investimento entre os três cenários, enquanto o cenário 3 possui o menor payback. Esses indicadores sugerem que o cenário 3 é o investimento mais vantajoso, uma vez que apresenta melhor TIR, VPL e payback em comparação com os demais.

#### 4.7. Validação das hipóteses

Com o intuito de avaliar os resultados das hipóteses apresentadas no Capítulo 1, item 1.4 desta monografia, cada uma delas foi discutida individualmente.

✓ É possível melhorar o peso inicial das aves:

Esta hipótese foi formulada considerando as perdas significativas enfrentadas pelo produtor na fase inicial das aves. Embora esse cenário demande o menor investimento, ele resultou no pior retorno financeiro e produtivo. É importante destacar a melhoria significativa na qualidade dos pintinhos, alcançando os melhores pesos aos 7 e 14 dias.

✓ É possível melhorar o resultado investindo em melhorias de equipamento:

Ao aumentar a quantidade e a potência dos exaustores, observou-se um maior ganho diário de peso a partir dos 28 dias. O rebaixamento do aviário proporcionou ganhos tanto na fase inicial quanto na final, otimizando o aquecimento e resfriamento do ambiente interno. Apesar de ser um investimento mais elevado, esta hipótese demonstrou retorno sobre o investimento superior ao cenário anterior, apresentando também o melhor ganho no Índice de Eficiência Produtiva (IEP).

✓ É possível aumentar a densidade de alojamento das aves:

Esta proposta visa aumentar a quantidade de frangos alojados, resultando em um valor final de produção superior. Para implementar esse cenário, são necessários investimentos nas melhorias do cenário 2, permitindo um aumento de quase 15% na quantidade de aves. Entretanto, é crucial atentar para diversos aspectos, como a capacidade da estrutura de ração e água em atender as necessidades das aves. Além disso, o aumento na densidade de alojamento implica em maior competição por água e comida, levando a um ganho, principalmente final, ligeiramente menor em comparação ao cenário 2. No entanto, essa pequena queda na produtividade é compensada pelo volume, dado o aumento na quantidade de aves retiradas.

## 5. CONCLUSÃO E ESTUDOS FUTUROS

No início deste trabalho, proporcionamos ao leitor uma contextualização sobre o tema abordado, os objetivos delineados, as justificativas da pesquisa, as hipóteses formuladas e a estrutura desta monografia.

No capítulo 2, destinado ao referencial teórico, onde foram explorados os conceitos bibliográficos fundamentais relacionados ao tema, constituindo a base para o desenvolvimento subsequente deste trabalho. Tópicos como produção de frango, estrutura de produção, cama de frango e formas de remuneração foram introduzidos nesta seção. Além disso, buscando fornecer definições técnicas, abordamos aplicações do mapeamento de processos, sequenciamento, planejamento e controle da produção, bem como ferramentas associadas ao Lean Manufacturing.

Na sequência, a metodologia empregada foi apresentada, descrevendo o local da pesquisa de campo, caracterizando o aviário, e delineando a modelagem dos macro processos e subprocessos. Criou-se uma abordagem metodológica para a coleta de dados em cada atividade realizada no aviário.

Posteriormente, desenvolveu-se a linha completa de processos do aviário, desde a fase de tratamento da cama e pré-alojamento até a saída das aves, abrangendo a fase inicial, crescimento e pré-abate. Para uma análise mais aprofundada, analisou-se o processo pela simulação utilizando o Software ARENA®. A modelagem do sistema foi aprimorada com o uso da ferramenta *Input Analyzer* para as distribuições estatísticas das atividades. Após a verificação da compatibilidade do modelo com a realidade do sistema, avaliou-se e criou-se três cenários descritos na seção 1.4. Esses cenários envolveram alterações nos dados, melhorando o ganho diário de peso e reduzindo o consumo de ração por ave, resultando em melhorias no Índice de Eficiência Produtiva (IEP) e no faturamento para o produtor rural. Embora tenham demandado investimentos substanciais, esses cenários apresentaram pontos de aprimoramento e possibilidades de reformulação no processo ao serem avaliados quanto ao retorno sobre o investimento.

Este estudo, adaptável a diferentes aviários de corte, requer apenas a coleta de dados confiáveis para serem simulados no *software* ARENA®. Seu valor é particularmente significativo para pequenos produtores de frango, pois apresenta diferentes cenários de melhorias e analisa os retornos sobre o investimento, destacando a importância do estudo

do Planejamento e Controle da Produção (PCP) conjuntamente com a Simulação Computacional.

Por conseguinte, pode-se afirmar que este estudo atingiu seus objetivos ao fornecer orientações para os produtores aprimorarem sua produção e propor maneiras eficientes de promover melhorias na estrutura dos aviários. Para estudos futuros sugere-se a utilização de planos de produção e análise de ampliação em localidades similares à esta apresentada, bem como a análise de ferramentas utilizadas para o planejamento em ambientes produtivos voltados a setores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAMELIO, R. (2011). *The Basics of Process Mapping* (2 ed.). Productivity Press.
- DEFEO, J., & JURAN, J. (2010). *Juran's Quality Handbook* (6 ed.). McGraw-Hill Education.
- DEMING, W. E. (2003). *Saia da Crise* (1 ed.). Futura.
- HEIZER, J., & RENDER, B. (2016). *Operations Management*. Pearson.
- KELTON, W., SADOWSKI, R., & ZUPICK, N. (2014). *Simulation with Arena* (6 ed.). McGraw-Hill Companies.
- LAW, A. (2014). *SIMULATION MODELING AND ANALYSIS* (5 ED.). McGraw- Hill Science/ Engineering/Math.
- LOUZADA, L. A., MELO, P., & PEREIRA, R. (2017). Aplicação do problema de open shop em uma linha de inspeção automotiva. *Tecnologias em Pesquisa*.
- NAGANO, M., MOCELLIN, J., & LORENA, L. (2005). Redução do Estoque em Processamento em Sistemas de Produção Flow - Shop Permutacional. *Revista Produção on-line*.
- OLIVEIRA, J. N. (2021). *Importância do Controle e Prevenção da Salmonella spp. na Cadeia Produtiva de Frangos de Corte*. Universidade Positivo, Medicina Veterinária, Curitiba.
- PINEDO, M. (2016). *Scheduling: Theory, Algorithms and Systems*. Springer International Publishing AG.
- PROCKSCH, R. B. (2016). *O Monitoramento da Qualidade do Manejo de Frango de Corte à Luz da Economia dos Custos de Transação: uma Análise em um Sistema De Integração*. Toledo. Fonte: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/2224>
- ROCKWELL AUTOMATION. (s.d.). *Rockwell Automation*. Acesso em 1 de Dezembro de 2023, disponível em <https://www.rockwellautomation.com/pt-br/products/software/arena-simulation.html>
- SANTORO, M. C., & MESQUITA, M. (2008). The Effect of the Workload on Due Date Performance in Job Shop Scheduling. *Brazilian Journal of Operations &*

*Production*

*Management.*

Fonte:

[https://bjopm.org.br/bjopm/article/view/BJV5N1\\_2008\\_P5/pdf\\_9](https://bjopm.org.br/bjopm/article/view/BJV5N1_2008_P5/pdf_9)

SCHROEDER, R., RUNGTUSANATHAM, M., & GOLDSTEIN, S. (2017). *Operations Management in the Supply Chain*. McGraw Hill.

SLACK, N., JONES, A., & JOHNSTON, R. (2018). *Administração da Produção*. Atlas.

TAGUCHI, G. (1986). *INTRODUCTION TO QUALITY ENGINEERING*. Quality Resources.

VANTRESS, C. (Dezembro de 2018). Manual de Manejo de Frango de Corte. Fonte: Cobb Vantress: <https://www.cobb-vantress.com/>

BARNES, & R.M. (2004). *Estudo de Movimentos e de Tempos*. São Paulo: Edgar Blucher.

CHÁVEZ, M., SOLIS, J., & RAMOS, F. (2004). The Problem of Using the Calculation of the Critical Path to Solver Instances of the Job Shop Scheduling Problem. *Research Gate*. Fonte: Research Gate.

LIAW, C.-F. (1999). *A Tabu Search Algorithm For The Open Shop Scheduling Problem*.  
Fonte: ScienceDirect:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305054898000562#pre-view-section-cited-by>

MACEDO, J. A. (s.d.). Pesquisa Operacional Otimizando o Makespan em uma Produção por Fluxo Computacional. Alfenas, Minas Gerais.