

CARLOS GUTEMBERG DE SOUZA TELES JÚNIOR

**ANÁLISE DE IMAGEM NA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO  
INGESTIVO E GANHO DE MASSA CORPORAL DE FRANGOS DE  
CORTE EM FASE INICIAL, SUBMETIDOS A DIFERENTES AMBIENTES  
TÉRMICOS**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2016

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

T269a Teles Junior, Carlos Gutemberg de Souza, 1989-  
2016 Análise de imagem na avaliação do comportamento  
ingestivo e ganho de massa corporal de frangos de corte em fase  
inicial, submetidos a diferentes ambientes térmicos / Carlos  
Gutemberg de Souza Teles Junior. - Viçosa, MG, 2016.  
xiv, 92f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Richard Stephen Gates.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Frango de corte. 2. Processamento de imagens - Análise.  
3. Nutrição animal. 4. Animal - Comportamento. 5. Frango de  
corte - Desempenho. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de  
Pós-graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 636.513

CARLOS GUTEMBERG DE SOUZA TELES JÚNIOR

**ANÁLISE DE IMAGEM NA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO  
INGESTIVO E GANHO DE MASSA CORPORAL DE FRANGOS DE  
CORTE EM FASE INICIAL, SUBMETIDOS A DIFERENTES AMBIENTES  
TÉRMICOS**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para  
obtenção do título de *Magister  
Scientiae*

**APROVADA:** 26 de abril de 2016



Ilda de Fátima Ferreira Tinôco  
(Coorientadora)



Marcos Oliveira de Paula



Richard Stephen Gates  
(Orientador)

**Dedico:**

Aos meus pais, Carlos e Roseli, irmã, Ana Paula, madrinha, Carmen e avó Carmenzina, pelo amor, incentivo e apoio ao longo de toda minha caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por todas as conquistas e proteção.

Aos meus pais, Carlos e Roseli, irmã, Ana Paula e madrinha, Carmen pelo amor, incentivo e apoio ao longo de toda minha caminhada.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Agrícola e ao Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais – Ambiagro.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pelo suporte financeiro.

Ao Professor Richard Gates pela orientação e confiança.

As Professoras Ilda de Fátima Ferreira Tinôco e Cecília de Fátima Souza, pelos valiosos ensinamentos, conselhos, incentivo e confiança.

Ao Keller pelo grande auxílio na análise e discussão dos dados obtidos ao longo do período experimental.

Aos amigos do Ambiagro: Diogo, Fernanda, Jadson, Kelle, Leticia, Lina, Márcia, Maria de Fátima, Monique, Múcio, Patrícia, Rafaella, Robinson, Tatiany e Seu Pedro pela convivência, auxílio e amizade.

À minha grande amiga e irmã Monique, que me acompanha desde a graduação e está sempre disposta a me ajudar no que eu precisar.

A todos que, direta ou indiretamente, participaram da realização e conquista de minha formação e desde trabalho. Muito Obrigado!

## **BIOGRAFIA**

CARLOS GUTEMBERG DE SOUZA TELES JUNIOR filho de Roseli Andrade da Silva Teles e de Carlos Gutemberg de Souza Teles, nasceu no dia 22 de setembro de 1989, em Rondonópolis, Mato Grosso.

Em março de 2009 ingressou no curso de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental na Universidade Federal de Mato Grosso.

Em dezembro de 2013 submeteu-se à defesa de sua monografia “Avaliação e caracterização espacial do ambiente térmico em laboratório para estudo de caprinos, em região de clima quente”, sob a orientação do professor Jofran Luiz de Oliveira, assim concluindo o curso de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Em março de 2014, ingresso no Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em nível de mestrado, na área de Construções Rurais e Ambiente.

# SUMÁRIO

|  |       |
|--|-------|
| LISTA DE FIGURAS.....  | viii  |
| LISTA DE TABELAS.....  | xiii  |
| Resumo .....   | xvi   |
| Abstract .....   | xviii |
| INTRODUÇÃO GERAL.....  | 1     |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 4     |
| CAPÍTULO I - Utilização de análise de imagens para avaliar a influência do ambiente térmico sobre o comportamento, bem-estar e desempenho produtivo de frangos de corte: Uma análise teórica.....                              | 5     |
| Resumo .....   | 5     |
| Abstract .....   | 5     |
| 1.1 Panorama da avicultura de corte no Brasil.....   | 6     |
| 1.2 Ambiência e Bem-Estar Animal.....  | 6     |
| 1.3 Influência do ambiente térmico sobre o desempenho e bem-estar de frangos de corte .....  | 7     |
| 1.4 Comportamento das aves .....   | 10    |
| 1.5 Uso de ferramentas de Zootecnia de Precisão no setor de produção animal... ..  | 11    |
| 1.6 Estudo do comportamento animal através do uso de imagens digitais.....   | 12    |
| 1.7 Sistemas de Visão Computacional.....   | 13    |
| 1.8 Processamento e análise de imagens digitais.....   | 14    |
| 1.9 Considerações finais.....  | 18    |
| 1.10 Referências Bibliográficas .....  | 18    |
| CAPÍTULO II - Avaliação do comportamento alimentar de frangos de corte, em fase inicial de criação, submetidos a condição de estresse por frio, com auxílio de sistemas de visão artificial e análise de imagens digitais..... | 22    |
| Resumo .....   | 22    |
| Abstract .....   | 23    |
| 2.1 Introdução.....  | 24    |
| 2.2 Metodologia.....   | 26    |
| 2.2.1 Considerações Gerais.....  | 26    |
| 2.2.2 Descrição do Experimento.....  | 28    |
| 2.2.3 Dados históricos coletados.....  | 30    |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.3.1 Ambiente Térmico.....  | 30 |
| 2.2.3.2 Peso corporal e ganho de peso dos animais .....  | 31 |
| 2.2.3.3 Consumo de ração .....   | 32 |
| 2.2.3.4 Imagens coletadas.....   | 32 |
| 2.2.4 Avaliação do comportamento alimentar das aves .....  | 33 |
| 2.2.5 Pré-Processamento das imagens .....  | 34 |
| 2.2.5.1 Descrição do algoritmo para avaliação da frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro.....   | 37 |
| 2.2.5.2 Descrição do algoritmo para avaliação do grau de competição das aves por alimento .....  | 42 |
| 2.2.5.3 Validação dos Algoritmos .....   | 44 |
| 2.2.6 Análise estatística .....  | 45 |
| 2.3 Resultados e Discussão.....  | 49 |
| 2.3.1 Caracterização do ambiente térmico .....   | 49 |
| 2.3.2 Avaliação do comportamento alimentar das aves pelo método computacional .<br>.....   | 50 |
| 2.3.3 Validação do método computacional proposto para a avaliação do comportamento alimentar das aves.....   | 58 |
| 2.4 Conclusões.....  | 65 |
| 2.5 Referências Bibliográficas.....  | 66 |
| CAPÍTULO III - Estimativa do ganho de massa corporal de frangos de corte na fase inicial de criação, submetidos a diferentes condições de temperatura, através de análise de imagens digitais..... | 69 |
| Resumo .....   | 69 |
| Abstract .....   | 70 |
| 3.1 Introdução.....  | 71 |
| 3.2 Metodologia .....  | 73 |
| 3.2.1 Considerações gerais.....  | 73 |
| 3.2.2 Descrição do experimento .....   | 75 |
| 3.2.3 Dados históricos .....   | 76 |
| 3.2.3.1 Ambiente térmico .....   | 76 |
| 3.2.3.2 Desempenho produtivo das aves.....   | 76 |
| 3.2.3.3 Imagens coletada.....  | 77 |
| 3.2.4 Estimativa do ganho de peso corporal dos frangos.....  | 77 |
| 3.2.5 Processamento das imagens .....  | 79 |
| 3.2.6 Descrição do algoritmo.....  | 81 |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.7 Análise estatística .....                                | 84 |
| 3.3 Resultados e discussões.....                               | 85 |
| 3.3.1 Caracterização do ambiente térmico .....                 | 85 |
| 3.3.2 Determinação do ganho de massa corporal dos animais..... | 86 |
| 3.4 Conclusões.....  | 90 |
| 3.5 Referências Bibliográficas.....                            | 91 |

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1.1 - Sistema de visão artificial e suas etapas ..... 14

Figura 1.2 Passos fundamentais para o processamento de imagens digitais  
..... 15

Figura 1.3 - A: Imagem com a presença de ruídos; B: Eliminação dos ruídos  
após a filtragem da imagem..... 16

Figura 1.4 - A: imagem original em escala de cinza; B: Imagem binarizada 17

### CAPITULO II

Figura 2.1 – Vista frontal das câmaras climáticas pertencentes ao Núcleo de  
Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agrícola (AMBIAGRO)27

Figura 2.2 – Vista interna das câmaras climáticas com destaque para os  
equipamentos utilizados para o condicionamento térmico do ambiente. ... 27

Figura 2.3 – A: Posição das câmeras de vídeo no interior das câmaras  
climáticas; B: Software para aquisição das imagens. .... 28

Figura 2.4 – Disposição dos comedouros, bebedouro e animais nas gaiolas  
..... 29

Figura 2.5 – Disposição das gaiolas nas câmaras climáticas ..... 29

Figura 2.6 – Datalogger utilizado para a coleta de dados de temperatura e  
umidade relativa do ar ..... 31

Figura 2.7 – Imagens utilizadas para a avaliação do comportamento  
alimentar das aves..... 33

Figura 2.8 – Etapa de edição dos vídeos gerados ao longo do período  
experimental utilizando o Windows Movie Maker ..... 35

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.9 – Processo de extração dos frames dos vídeos previamente editados .....   | 35 |
| Figura 2.10 – Verificação das coordenadas da região de interesse (comedouros).....   | 36 |
| Figura 2.11 – A: Imagem original (região do comedouro com duas aves presentes); B: Análise do histograma da imagem apresentada em (A); C: Processo de segmentação da imagem apresentada em (A) com base no valor do limiar definido a partir da análise do histograma apresentado em (B).<br>..... | 36 |
| Figura 2.12 – Fluxograma das etapas do processamento das imagens .....   | 37 |
| Figura 2.13 – Fluxograma de implementação do algoritmo para o processamento das imagens e determinação da frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro. ....   | 38 |
| Figura 2.14 – A: Imagem original (RGB); B: Imagem transformada para escala de cinza .....  | 39 |
| Figura 2.15 – A: Imagem em tons de cinza; B: Região de interesse extraída da imagem original.....  | 39 |
| Figura 2.16 – A: Imagem original em tons de cinza; B: Imagem binarizada  | 40 |
| Figura 2.17 – A: Imagem apresentando ruídos; B: Eliminação dos ruídos na imagem após a aplicação do processo de abertura.....  | 41 |
| Figura 2.18 – Fluxograma de implementação do algoritmo para o processamento das imagens e avaliação do nível de competição dos animais por alimentos. ....   | 43 |
| Figura 2.19 – Frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro em cada um dos tratamentos (CT – Conforto Térmico; FM – Frio Moderado; FA – Frio Acentuado).....  | 51 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.20 – Gráfico de caixa (boxplot) apresentando a distribuição dos dados referentes a frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro em cada um dos tratamentos térmicos avaliados (CT – Conforto Térmico; FM – Frio Moderado; FA – Frio Acentuado).....  | 52 |
| Figura 2.21 – Relação entre a frequência de tempo despendido e o nível de utilização do comedouro pelas aves nas diferentes condições térmicas estudadas (CT – Conforto Térmico; FM – Frio Moderado; FA – Frio Acentuado) .....   | 53 |
| Figura 2.22 – Gráficos de caixa referentes à frequência de tempo onde verificou-se cada um dos níveis de utilização do comedouro pelas aves. 1: baixa utilização (1 - 4 animais); 2: média utilização (5 – 8 animais); 3: alta utilização (acima de 8 animais).....   | 55 |
| Figura 2.23 – Competição por alimento entre animais submetidos ao desafio por frio acentuado .....  | 57 |
| Figura 2.24 – Correlação entre os dados de frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro, observados pelo algoritmo e os dados observados pelo método visual.....  | 61 |
| Figura 2.25 – Correlação entre os dados referentes ao nível de utilização do comedouro estimados pelo algoritmo e os dados observados pelo método visual. A: Baixa utilização do comedouro (1 - 4 animais); B: Média utilização do comedouro (5 – 8 animais); C: Alta utilização do comedouro (acima de 8 animais). ..... | 65 |

### **CAPITULO III**

|   |    |
|---|----|
| Figura 3.1 – Vista interna das câmaras climáticas com destaque para os equipamentos utilizados para o acondicionamento térmico do ambiente: 1 – Aquecedor; 2 – Umidificador; 3 ar condicionado; 4 – Controlador eletrônico; 5 - Exaustores..... | 74 |
| Figura 3.2 – A: Posição das câmeras de vídeo no interior das câmaras climáticas; B: Software para aquisição das imagens. ....   | 74 |

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| Figura 3.3 – Disposição das gaiolas nas câmaras climáticas .....  | 75                             |
| Figura 3.4 – Imagens extraídas dos vídeos e utilizadas para a determinação do ganho de massa corporal de frangos de corte.....  | 77                             |
| Figura 3.5 – A: Imagem original; B: Imagem individual do frango obtida a partir da imagem original .....  | 78                             |
| Figura 3.6 – Edição dos vídeos gerados ao longo do período experimental utilizando o Windows Movie Maker.....   | 79                             |
| Figura 3.7 – Extração dos frames dos vídeos previamente editados.....   | <b>Erro!</b>                   |
|   | <b>Indicador não definido.</b> |
| Figura 3.8 – A: seleção da imagem individual da ave para ser extraída a partir da imagem original; B: imagem individual da ave extraída a partir da imagem original.....  | 80                             |
| Figura 3.9 – Fluxograma das etapas do processamento das imagens e programas computacionais utilizados para execução de cada etapa .....   | 81                             |
| Figura 3.10 – Fluxograma de implementação do algoritmo para o processamento das imagens e determinação da área de superfície corporal das aves .....  | 81                             |
| Figura 3.11 – A: Imagem original (RGB); B: Imagem transformada para tons de cinza .....   | 82                             |
| Figura 3.12 – A: Imagem original em escala de cinza; B: Imagem binarizada após o processo de segmentação .....  | 83                             |
| Figura 3.13 – A: Imagem original em escala de cinza; B: Imagem binarizada após o processo de segmentação; C: Imagem sem ruído.....  | 84                             |
| Figura 3.14 – Comparação entre o ganho de peso médio corporal (kg) dos frangos e o aumento da área de superfície corporal, baseada no aumento no número de pixels de um frango nas imagens, na primeira, segunda e terceira |                                |

|  |    |
|--|----|
| semana de vida das aves nas condições de Conforto Térmico, Frio Moderado e Frio Acentuado.....   | 87 |
| Figura 3.15 – Modelo ajustado para a estimativa do ganho de massa corporal das aves em função de sua idade e do seu aumento de área de superfície corporal. .... | 88 |
| Figura 3.16 – Correlação entre os dados mensurados pela pesagem manual das aves e estimados pelo modelo proposto. ....   | 90 |

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

|   |   |
|---|---|
| Tabela 1.1. Valores ideais de temperatura ambiente e umidade relativa do ar para frangos de corte em função da idade, segundo dados compilados por Abreu e Abreu (2011) ..... | 9 |
|---|---|

### CAPÍTULO II

|   |    |
|---|----|
| Tabela 2.1 – Tratamentos (Temperaturas testadas em função da idade das aves) .....  | 29 |
| Tabela 2.2 – Níveis de utilização do comedouro estabelecidos com base na relação entre a quantidade de animais presentes e a capacidade de utilização do comedouro .....  | 34 |
| Tabela 2.3 – Médias e desvio padrão da temperatura do ar (T.ar), Umidade relativa (UR) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para cada uma das condições estudadas em função da idade (semanas) dos animais ..... | 50 |
| Tabela 2.4 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados de frequência de uso do comedouro pelas aves e resultado do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis .....   | 51 |
| Tabela 2.5 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados referentes ao nível de utilização do comedouro pelas aves e resultado do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis .....                                | 54 |
| Tabela 2.6 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados referentes aos níveis de utilização do comedouro pelas aves, nas diferentes condições térmicas estudadas.....   | 56 |
| Tabela 2.7 – Consumo de ração médio acumulado (CR) e conversão alimentar (CA) das aves aos 21 dias de idade .....   | 57 |

Tabela 2.8 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados de frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro (%) em cada um dos ambientes térmicos estudados, obtidos por cada observador (O1 – Observador 1; O2 – Observador 2 e O3 – Observador 3) e resultado do teste de Kruskal-Wallis ..... 59

Tabela 2.9 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados referente à frequência média de tempo despendido pelas aves no comedouro (%) em cada um dos ambientes térmicos estudados (Conforto Térmico, Frio Moderado, Frio Acentuado), obtidos pelo método computacional e pelo método visual..... 59

Tabela 2.10 – Frequência média de tempo despendido pelas aves no comedouro (%) em cada um dos ambientes térmicos estudados, obtidos pelo método computacional e pelo método manual..... 60

Tabela 2.11 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados referentes aos níveis de utilização do comedouro pelas aves em cada tratamento térmico avaliado, obtidos por cada observador (O1 – Observador 1; O2 – Observador 2 e O3 – Observador 3) e resultado do teste estatístico de Kruskal-Wallis ..... 62

Tabela 2.12 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados obtidos através do método computacional e do método visual, referentes à frequência de tempo onde verificou-se cada um dos níveis de utilização do comedouro pelas aves, nas diferentes condições térmicas estudadas ..... 63

Tabela 2.13 - Comparação entre os dados médios de frequência de tempo onde foi verificado cada um dos níveis de competição das aves por alimentos, obtidos através do método computacional (algoritmo) e do método manual (visual)..... 64

### **CAPÍTULO III**

Tabela 3.1 – Tratamentos (Temperaturas testadas em função da idade das aves)..... 75

Tabela 3.2 – Médias e desvio padrão da temperatura do ar (°C), Umidade relativa (%) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para cada uma das condições estudadas em função da idade (semanas) dos animais ..... 86

Tabela 3.3 – Equação, coeficiente de determinação e parâmetros obtidos para o modelo de estimativa do ganho de peso dos animais. .... 88

Tabela 3.4 – Relação entre o ganho de peso corporal médio mensurado (kg) e o ganho de peso corporal médio estimado (kg), de frangos de corte nos diferentes ambientes térmicos estudados..... 89

## Resumo

TELES JUNIOR, Carlos Gutemberg de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Abril de 2016. **Análise de imagem na avaliação do comportamento ingestivo e ganho de massa corporal de frangos de corte em fase inicial, submetidos a diferentes ambientes térmicos.** Orientador: Richard S. Gates. Coorientadores: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco e Cecília de Fátima Souza.

O atual estágio de tecnificação da indústria de produção animal mostra a necessidade de desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias de informação automatizadas, que auxiliem na coleta de dados, referentes ao ambiente de criação e ao desempenho dos animais, e na análise da interação ambiente x animal e sua influência no bem-estar dos mesmos. Com base no exposto, este trabalho teve como objetivo geral desenvolver e testar um método computacional para avaliar a influência de diferentes temperaturas sobre o comportamento alimentar e o desempenho produtivo de frangos de corte na fase inicial de criação. O presente trabalho foi desenvolvido com base em um banco de dados levantado para tal fim, contendo informações referentes ao ambiente térmico de criação e ao desempenho produtivo dos animais, além de vídeos referentes ao monitoramento de suas atividades, coletado ao longo de um experimento realizado nas câmaras climáticas localizadas no Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO), pertencente ao setor de Construções Rurais e Ambiência do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. A dissertação foi dividida em três capítulos, o primeiro intitulado “Utilização de análise de imagens para avaliar a influência do ambiente térmico sobre o comportamento, bem-estar e desempenho produtivo de frangos de corte: Uma análise teórica” consiste de um levantamento bibliográfico, elaborado para servir de base para as discussões dos resultados obtidos através da presente pesquisa, que foram apresentados nos Capítulos II e III, intitulados “Avaliação do comportamento alimentar de frangos de corte, em fase inicial de criação, submetidos a condição de estresse por frio, com auxílio de sistemas de visão artificial e análise de imagens digitais” e “Estimativa do ganho de massa corporal de frangos de corte na fase inicial de criação,

submetidos a diferentes condições de temperatura, através de análise de imagens digitais”, respectivamente. Com base nos resultados encontrados verificou-se, através da análise das imagens, que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos estudados sobre a frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro. Em relação ao nível de utilização do comedouro pelas aves, verificou-se que houve diferença estatística significativa entre os dados coletados nos diferentes ambientes térmicos estudados, onde observou-se que as menores taxas de utilização do comedouro foi verificado na condição de estresse por frio acentuado. O algoritmo utilizado para o processamento das imagens e avaliação da frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro mostrou-se uma ferramenta eficiente e confiável, apresentando um erro percentual de aproximadamente 3,5% e uma alta correlação com os dados obtidos através do método de referencia para validação, com um valor de coeficiente de correlação de Pearson igual a 0,9212. O algoritmo implementado para a avaliação do nível de utilização do comedouro, assim como o algoritmo de avaliação da frequência de tempo de uso do comedouro, mostrou-se confiável, apresentando um baixo erro percentual (9,91%) e uma fortíssima correlação com os dados obtidos através do método visual. O modelo para a estimativa do ganho de massa corporal das aves com base na sua idade e no aumento de sua área de superfície corporal mostrou-se adequado, apresentando um coeficiente de determinação significativo, com  $R^2$  igual a 0,9995, além disso, a análise de variância da regressão e a avaliação dos parâmetros da regressão foram significativas com ( $p < 0,05$ ). Observa-se a confiabilidade do modelo proposto pelo seu baixo erro percentual, em média 0,7%, e alta correlação  $R = 0,9998$  entre os dados obtidos pelo modelo e pela pesagem manual.

## Abstract

TELES JUNIOR, Carlos Gutemberg de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2016. **Image analysis in the evaluation of feeding behavior and body weight gain of broilers in the initial phase, subjected to different thermal environments.** Adviser: Richard S. Gates. Co-advisers: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco e Cecília de Fátima Souza.

The current stage of technology adoption in the animal production industry shows a need for development and implementation of new automated information technologies, to assist in data collection, relating to the control environment and performance of animals, and in analyzing the environment x animal interaction and its influence on animal welfare. This study aimed to develop and test a computational method to evaluate the influence of different temperatures on feeding behavior and weight gain performance of broilers in the initial (3<sup>wk</sup>) phase of growth. The study was conducted based on a database containing information relating to the thermal environment of creation and productive performance of the animals, as well as videos for the monitoring of their activities, collected over the course of an experiment conducted in climatic chambers located at the Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO) belonging to the sector of Rural Buildings and ambience of the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Viçosa. The dissertation is divided into three chapters, the first, entitled "Use of image analysis techniques to evaluate the influence of the thermal environment on behavior, welfare and productive performance of broilers: A theoretical analysis", consists of a review designed to serve as a basis for discussion of the results obtained from this study, which are presented in Chapters II and III, entitled "Evaluation of the feeding behavior of broilers in the initial phase of creation, subjected to stress conditions by cold with the aid of artificial vision systems and digital image analyses" and "Estimate of body weight gain of broilers in the initial phase of creation, under different conditions of temperature, using digital image analysis", respectively. Based on the findings it was found through the analysis of the images that there was no statistically significant difference among the treatments studied on the frequency of time spent by the birds at the feeder. Regarding the level of use of feed trough for birds,

there was a statistically significant difference between data collected in different thermal environments studied, where it was observed that the smaller feeder utilization rates was observed in stress condition by severe cold. The algorithm used for image processing, and evaluation of the time frequency taken by the poultry in feeder proved to be an efficient and reliable tool, with a percentage error of approximately 3.5% and a high correlation with those obtained by the method reference for validation with a Pearson correlation coefficient value of 0.9212. The algorithm implemented to assess the level of use of the feeder as well as the algorithm by evaluation of time frequency of usage of the feeder, was reliable presenting a low percentage error (9.91%) and a very strong correlation with the data obtained through the manual method. The model for the estimate of body weight gain of the birds on the basis of his age and the increase of its body surface area was adequate, with a mean coefficient of determination, with  $R^2$  equal to 0.9995, in addition, regression analysis of variance and evaluation of the regression parameters were significant with ( $p < 0.05$ ). Note the reliability of the proposed model through your low error percentage, on average 0.7%, and high correlation  $R = 0.9998$  between the data obtained by the model and the manual weighing.

## INTRODUÇÃO GERAL

A indústria do setor avícola brasileira é uma das mais desenvolvidas do mundo e vêm em constante crescimento nos últimos anos, graças a avanços nas áreas de genética e nutrição animal, bem como da modernização das instalações de criação, onde se passou a levar cada vez mais em consideração para o adequado manejo da produção, questões relacionadas à ambiência e ao bem-estar dos animais.

Em regiões de clima quente como o Brasil, torna-se necessário por parte dos criadores, uma maior atenção ao manejo dos animais, buscando reduzir os efeitos do ambiente térmico, em especial da temperatura e da umidade relativa do ar, sobre o bem-estar e desempenho produtivo dos animais (SANTANA et al., 2014).

De acordo com Pereira (2007), o desempenho de frangos de corte é influenciado significativamente pela temperatura ambiente, onde em condições desfavoráveis tem o seu consumo de ração afetado, prejudicando o seu ganho de peso e sua conversão alimentar.

Na fase inicial de criação, ou seja, até os 21 dias de idade, as aves são mais vulneráveis a problemas relacionados ao estresse por frio, isso devido ao fato de seu sistema termorregulador não estar totalmente desenvolvido, o que pode levar o animal a hipotermia, quando submetido a ambientes com condições térmicas desfavoráveis, com temperaturas abaixo da considerada ideal para a idade (GOMES et al., 2011).

Pode-se verificar a influência do ambiente sobre os animais, através da análise dos padrões comportamentais apresentados por eles, em função das diferentes condições a que estão expostos, onde segundo Navas (2014), ao serem submetidas ao desafio por frio, as aves tendem a reduzir o consumo de água, aumentar a ingestão de alimentos e a tendência a se agrupar, visando reduzir sua taxa de calor corporal perdida para o ambiente.

A avaliação do comportamento das aves ao longo de um determinado período de tempo dá suporte ao pesquisador para verificar os efeitos do ambiente sobre os animais, sendo importante para isso a utilização de técnicas adequadas para o monitoramento do comportamento animal

buscando uma análise mais precisa a respeito desses padrões comportamentais (SALTORATTO et al., 2013).

O método tradicional de estudo do comportamento animal consiste em observações visuais dos animais, contudo constitui um processo que demanda muito tempo e é constituído por análises subjetivas e susceptíveis a interferência e ao erro humano (AMARAL, 2012).

Com o avanço da informática e da eletrônica, diversas técnicas e ferramentas de zootecnia de precisão, baseadas em sistemas de visão artificial e métodos de análise de imagens digitais, vêm sendo desenvolvidas para auxiliar no estudo comportamental e na avaliação do desempenho produtivo e bem-estar dos animais.

Alguns estudos mostraram a viabilidade da utilização de sistemas de visão artificial para análise do comportamento animal em função de diferentes condições ambientais (SEVEGNANI et al., 2005; MOGAMI, 2009; AMARAL, 2012; SALTORATTO et al., 2013)

Porém, observa-se a importância de um maior número de pesquisas que busquem aprimorar as técnicas de zootecnia de precisão aplicadas a avicultura, auxiliando os pesquisadores e produtores na análise comportamental, de desempenho produtivo e do bem-estar de frangos de corte, criados em diferentes condições térmicas.

O objetivo do presente trabalho, que foi elaborado com base em um banco de dados coletados ao longo de um experimento realizado nas câmaras climáticas do Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO) consiste em desenvolver e testar um método computacional, baseado em análise de imagens, para avaliar a influência do ambiente térmico frio sobre o bem-estar e desempenho de frangos de corte na fase inicial de seu ciclo produtivo. Os resultados da pesquisa estão apresentados em três capítulos, intitulados:

- ✓ Capítulo I – Utilização de análise de imagens para avaliar a influência do ambiente térmico sobre o comportamento, bem-estar e desempenho produtivo de frangos de corte: Uma análise teórica.
- ✓ Capítulo II – Avaliação do comportamento alimentar de frangos de corte, em fase inicial de criação, submetidos a condição de estresse

por frio, com auxílio de sistemas de visão artificial e análise de imagens digitais.

- ✓ Capítulo III – Estimativa do ganho de massa corporal de frangos de corte na fase inicial de criação, submetidos a diferentes condições de temperatura, através de análise de imagens digitais

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A. G. DO. **Processamento de imagens digitais para avaliação do comportamento e determinação do conforto térmico de codornas de corte.** Viçosa: UFV, 2012. 82p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2012.

GOMES, J. S.; MATONO, D.; SMANIOTTO, B. D.; VALEZE, L. D.; BAZZO, I. C.; RODOVALHO, M. V. T. SGARBORA, S. H. P. V. Estresse térmico na avicultura. In: X Congresso de Iniciação Científica da Faculdades Integradas de Ourinhos, 2011, Ourinhos. **Anais...** Ourinhos: X CIC – FIO, 2011.

MOGAMI, C. A. **Desenvolvimento de metodologia para a determinação do bem-estar e massa corporal de frangos de corte por meio de análise digital de imagens.** Viçosa: UFV, 2009. 101p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2009.

NAVAS, T. DE. O. **Estresse por calor na produção de frangos de corte.** Goiânia: UFG, 2014. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Zootecnia). Universidade Federal de Goiás, 2014.

PEREIRA, C. L. **Avaliação do conforto térmico e do desempenho de frangos de corte confinados em galpões avícolas com diferentes tipos de coberturas.**, Pirassununga: USP, 2007. 91p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – USP, 2007.

SALTORATTO, A. Y. K.; SILVA, F. A da.; CAMARGO, A. C. A. C.; SILVA, P. C. G da.; SOUZA, L. F. A de. Monitoramento da avicultura a partir de técnicas de visão computacional. **Colloquium Exactarum**, v.5, n.2, p. 47 – 66, jul/dez. 2013.

SANTANA, M. C. A.; CAVALI, J.; MODESTO, V. C. Influência do clima em animais de interesse zootécnico. **Revista Científica**, n.1, p.86 – 98, 2014.

SEVEGNANI, K. B.; CAROR, I. W.; PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O. DA; MOURA, D. J. DE. Zootecnia de precisão: análise de imagens no estudo do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 115–119, Campina Grande – PB. 2005.

## CAPÍTULO I

### **Utilização de análise de imagens para avaliar a influência do ambiente térmico sobre o comportamento, bem-estar e desempenho produtivo de frangos de corte: Uma análise teórica.**

**Resumo:** O presente Capítulo consiste de um levantamento bibliográfico, elaborado para servir de base para as discussões dos resultados obtidos através da execução desta pesquisa, posteriormente apresentados nos Capítulos II e III. Com base no exposto nesta revisão bibliográfica pode-se constatar que a avicultura de corte é uma das atividades mais importantes da indústria de produção animal brasileira, além disso, pode-se observar que o ambiente térmico em especial a temperatura e a umidade relativa do ar influenciam de forma significativa o bem-estar e o desempenho produtivo de frangos de corte. Observa-se também a partir desta revisão de literatura que a utilização de sistemas de visão artificial e de análise de imagens digitais, consiste de um grande auxílio aos pesquisadores e produtores na avaliação da influência do ambiente térmico sobre o bem-estar e o desempenho produtivo de frangos de corte.

**Palavras chaves:** Ambiência e bem-estar animal; avicultura de corte; zootecnia de precisão.

**Abstract:** This chapter consists of a literature survey, designed to serve as a basis for discussions of the results achieved through the implementation of this research later presented in Chapters II and III. Based on this review can be seen that the poultry production is one of the most important activities of the Brazilian livestock industry, moreover, it can be seen that the thermal environment particularly temperature and relative humidity significantly influence the welfare and productive performance of broilers. It is also observed from this literature review that the use of artificial vision systems and digital image analysis, is a great aid to researchers and producers in evaluating the influence of the thermal environment on the welfare and productive performance of broiler.

**Key words:** Ambience and animal welfare; poultry production; precision animal production.

### **1.1 Panorama da avicultura de corte no Brasil**

De acordo com dados da Pesquisa Trimestral de Abate de Animais, apresentada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015), foram abatidos no Brasil em 2015, um total de 5.794.544.000 cabeças de frangos.

A carne de frango é uma das mais consumidas no mundo e com eminente potencial de expansão, isso principalmente em função da relativa facilidade de sua produção, menor custo produtivo e de suas características nutritivas (SEBRAE, 2008).

Tavares e Ribeiro (2007), afirmam que os aspectos fundamentais para o desenvolvimento da avicultura industrial brasileira consistem na utilização de linhagens melhoradas geneticamente, o que proporcionou a produção de aves de melhor qualidade, com melhor conversão alimentar. Ainda segundo os autores, outros fatores que contribuíram para o desenvolvimento da avicultura brasileira foram o incentivo fiscal e os créditos a juros baixos aos produtores; a instalação de grandes indústrias de alimentos que fomentaram o investimento em pesquisas, além da formação de uma estrutura de produção baseada no sistema de integração, com contratos de parceria entre as empresas e os produtores.

O mercado de aves passou por mudanças significativas desde a década de 60, com o mercado consumidor ficando cada vez mais exigente o que impulsionou a indústria avícola a buscar diferenciais de qualidade, como produtos certificados, produtos orgânicos (que correspondem aos frangos criados sem a utilização de determinados produtos químicos) entre outros, que visam atender a um público consumidor cada vez mais exigente (SEBRAE, 2008).

### **1.2 Ambiência e Bem-Estar Animal**

Santos (2015) caracteriza o bem-estar animal como sendo “a condição de conforto que o animal se encontra em relação ao meio ambiente (natural ou artificial) que o rodeia”.

De acordo com Medeiros e Vieira (1997), assim como todo ser vivo, os animais domésticos vivem em um ambiente formado por um conjunto de condições externas de ordem natural ou artificial, que tendem a influenciar no seu desempenho.

O consumidor brasileiro está cada vez mais preocupado com as questões relacionadas ao bem estar dos animais, levando em consideração questões relacionadas à qualidade do produto, a segurança do alimento, bem como o respeito ao meio ambiente e ao animal (ROCHA et al., 2008).

Em virtude dessa crescente preocupação do consumidor com as questões ligadas ao bem estar dos animais, vem se tornando cada vez mais comum no mercado de produção animal a atuação de profissionais voltados para o estudo da ambiência e bem-estar dos animais (SILVA e VIEIRA, 2010).

Segundo Santos (2015), o principal foco de estudo da ambiência, consiste na inter-relação animal/ambiente, buscando identificar as condições de máximo conforto, o que permitirá aos animais expressarem o seu melhor potencial produtivo.

### **1.3 Influência do ambiente térmico sobre o desempenho e bem-estar de frangos de corte**

Os animais domésticos sofrem grande influência dos fatores climáticos, mesmo quando criados em ambiente artificial ou no seu habitat natural, o que pode refletir no seu desempenho (SANTANA et al., 2014).

Abreu e Abreu (2004) afirmam que as aves apresentam a habilidade de manter sua temperatura interna constante. Porém esse processo é eficiente somente quando a temperatura do ambiente se encontra dentro de certos limites.

O ambiente térmico é caracterizado pela temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação, e tem influência direta sobre as aves, comprometendo seu desempenho (COSTA et al., 2012).

As aves estão em constante troca térmica com o ambiente, buscando manter o seu balanço térmico. Porém esse mecanismo

só se mostra eficiente quando a temperatura do ambiente se encontra dentro da zona de conforto térmico para as aves (ABREU e ABREU, 2011).

Segundo Barbosa Filho (2011), compreende-se por zona de conforto térmico, a faixa de temperatura na qual o animal alcança o seu máximo potencial produtivo, com sua temperatura corporal mantida a custa da mínima utilização de mecanismos termorreguladores.

Santos et al. (2012), afirmam que a faixa de temperatura de conforto para aves varia em função de diversos fatores, tais como: espécie, idade, peso e tamanho corporal, estado fisiológico, dieta alimentar, variação da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, radiação incidente e aclimação dos animais as condições impostas.

A temperatura consiste em um fator que apresenta influência direta sobre o conforto térmico e funcionamento dos processos fisiológicos das aves, afetando a eficiência e a velocidade das reações que ocorrem no organismo dos animais, podendo prejudicar a sua produtividade (SANTOS et al., 2012).

De acordo com Barbosa Filho (2011), as aves na fase inicial de criação, ou seja, nas três primeiras semanas de idade, são mais susceptíveis as baixas temperaturas, sendo necessária uma maior atenção aos sistemas de aquecimento para um ideal acondicionamento térmico no interior da instalação de criação. Já na fase final de criação, a faixa de conforto térmico, compreenderá temperaturas mais amenas, já que, nessa fase as aves apresentam seu sistema termorregulador mais desenvolvido e adaptado às condições ambientais da região onde estão sendo criadas.

Abreu e Abreu (2011) descrevem que a temperatura de conforto térmico ideal para frangos de corte varia em função da idade do animal, como pode ser observado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1. Valores ideais de temperatura ambiente e umidade relativa do ar para frangos de corte em função da idade, segundo dados compilados por Abreu e Abreu (2011)

| <b>Idade<br/>(Semanas)</b> | <b>Temperatura Ambiente<br/>(°C)</b> | <b>Umidade Relativa do ar<br/>(%)</b> |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>1</b>                   | 32 – 35                              | 60 – 70                               |
| <b>2</b>                   | 29 – 32                              | 60 – 70                               |
| <b>3</b>                   | 26 – 29                              | 60 – 70                               |
| <b>4</b>                   | 23 – 26                              | 60 – 70                               |
| <b>5</b>                   | 20 – 23                              | 60 – 70                               |
| <b>6</b>                   | 20                                   | 60 – 70                               |
| <b>7</b>                   | 20                                   | 60 – 70                               |

Fonte: Abreu e Abreu (2011)

Cassuce et al. (2013), trabalhando em câmaras climáticas, com frangos de corte em fase inicial de criação, ou seja, até os 21 dias de idade, concluíram que nas temperaturas de 30°C, 27°C e 24°C na primeira, segunda e terceira semana respectivamente, os animais apresentaram um bom desempenho zootécnico, indicando uma menor necessidade de aquecimento da instalação, quando comparado as faixas de conforto térmico ideais indicados pela literatura.

A umidade relativa do ar é outro fator de grande influência sobre o bem estar e o desempenho dos animais. Segundo Santos et al. (2012), a umidade relativa do ar associada a temperatura, influencia nos processos de dissipação de calor pelos animais, onde altos valores de temperatura e umidade do ar são extremamente prejudiciais à produção.

Do exposto, conhecer esses fatores que influenciam no estresse térmico dos animais, auxilia no manejo e na busca de melhorias das condições ambientais do ambiente de produção, buscando garantir a máxima eficiência produtiva das aves.

## **1.4 Comportamento das aves**

Segundo Campos (2000), o comportamento natural das aves, compreende atividades como a busca por espaço, proteção das penas, ciscar, esponjar, empoleirar entre outras.

Para Saltoratto et al. (2013), através da avaliação dos padrões comportamentais das aves, é possível fazer uma análise qualitativa e quantitativa do bem-estar desses animais.

Carvalho et al. (2013), ressaltam que, quando submetidos a situação de estresse térmico, as aves tendem a apresentar comportamento atípico, buscando minimizar os efeitos do ambiente sobre o seu conforto. Essa alteração comportamental pode ser de ordem física ou alimentar (AMARAL et al., 2011).

FURLAN (2006) afirma que através dos ajustes comportamentais, as aves se adequam mais facilmente e com menor gasto de energia aos desafios térmicos impostos pelo ambiente de criação, do que através das respostas fisiológicas.

Ao ser imposto as aves o desafio por frio, às mesmas tendem, segundo Navas (2014), a apresentar o seguinte padrão comportamental: redução no consumo de água, aumento na ingestão de alimentos, além da tendência a se agruparem, com o intuito de reduzir sua perda de calor corporal para o ambiente.

Já ao serem submetidas a ambientes em estresse por calor, as aves apresentam uma redução no seu consumo de alimentos, aumentam a sua ingestão de água e tendem a permanecerem mais prostradas (SANTOS et al., 2012).

Quando criadas em ambientes térmicos considerados confortáveis, as aves mantem-se tranquilas, normalmente dispersas, se alimentam de forma satisfatória e apresentam bons índices de produtividade (MEDEIROS et al., 2005).

## **1.5 Uso de ferramentas de Zootecnia de Precisão no setor de produção animal**

Silva (2007) descreve a Zootecnia de Precisão, como sendo a utilização de técnicas e ferramentas especiais que possibilitam um manejo mais preciso em situações de campo.

As principais ferramentas de Zootecnia de Precisão aplicadas à produção animal consistem: na utilização de sensores para identificação eletrônica dos animais; no uso de sistemas de visão computacional e análise de imagens digitais; no uso de equipamentos para o controle do ambiente térmico; e na utilização de ferramentas matemáticas e de inteligência artificial, como as redes neurais artificiais e a lógica Fuzzy.

Segundo Santos (2015), a utilização das ferramentas de Zootecnia de Precisão permite aos produtores um maior controle sobre a sua produção, apresentando informações altamente confiáveis sobre os resultados de produção e bem-estar dos animais.

De acordo com Pinheiro & Pinheiro (2009), a diferença da Zootecnia de Precisão para outros processos que buscam um maior controle da produção, como a Agricultura de Produção, por exemplo, é a inclusão de animais vivos no sistema, onde esses animais geram sinais que devem ser medidos direta e continuamente e servem de indicadores fisiológicos, comportamentais e de produção.

A Zootecnia de Precisão está atrelada a conceitos de bem-estar animal, controle de qualidade e rastreabilidade de processos, o que estimula novas pesquisas, buscando o avanço em diversas áreas, como a eletrônica, a inteligência artificial, a automação de processos e o controle ambiental e a inserção dessas novas tecnologias no setor produtivo (SILVA, 2007).

Nääs (2011), afirma que a tendência atual é que o setor de produção animal se torne uma atividade cada vez mais precisa, sendo cada vez menos influenciada por variáveis casuísticas e mais por decisões inteligentes, o que demonstra a importância da Zootecnia de Precisão nesse processo.

## **1.6 Estudo do comportamento animal através do uso de imagens digitais**

Os efeitos do ambiente sobre os animais podem ser verificados através da avaliação do seu comportamento ao longo de um determinado período, sendo importante para isso a utilização de técnicas adequadas para o monitoramento do comportamento animal, buscando uma análise mais precisa a respeito desses padrões comportamentais (SALTORATTO et al., 2013).

De acordo com Kashiha et al. (2014), um dos principais sinais que serve de indicador de problemas no sistema produtivo, é o comportamento anormal dos animais, que devem ser detectados em um estágio inicial a fim de se evitar prejuízos ao bem-estar e a produtividade desses animais.

Tradicionalmente o estudo do comportamento animal, consiste na análise por meio de observações visuais desses animais. Porém trata-se de um processo que demanda muito tempo e é constituído por análises subjetivas e altamente susceptíveis ao erro humano (AMARAL, 2012).

Uma das alternativas para solucionar os problemas verificados no método tradicional de avaliação comportamental dos animais consiste na utilização de um sistema de visão artificial, que se caracteriza por ser um sistema remoto, eliminando a influência direta da presença do observador humano sobre o comportamento das aves (SERGEANT et al., 1998).

Xin e Shao (2002), afirmam que a utilização de técnicas de processamento e análise de imagens digitais para a avaliação do conforto térmico dos animais eliminam problemas verificados no método convencional de análise, uma vez que utiliza o próprio animal como um biosensor, avaliando sua resposta aos estímulos do ambiente, por meio da análise de seus padrões comportamentais.

Segundo Nääs et al. (2012), pode-se obter informações interessantes em relação ao conforto térmico e bem-estar das aves, através da análise de um vídeo gravado de forma contínua de um grupo de aves.

Alguns autores (PEREIRA et al., 2003; SEVEGNANI et al., 2005; CORDEIRO et al., 2011; SALTORATTO et al., 2013; MEHDIZADEH et al., 2015) vêm demonstrando em seus estudos a viabilidade da utilização de

imagens digitais para a avaliação do comportamento animal e de suas inter-relações com o seu ambiente de criação.

### **1.7 Sistemas de Visão Computacional**

Marques Filho & Vieira Neto (1999), definem um sistema de visão artificial, também chamado de visão computacional, como um sistema computadorizado com capacidade para adquirir, armazenar, processar e interpretar imagens extraídas de cenas reais.

Os sistemas de visão computacional são compostos por duas partes (hardware e software) e auxiliam os pesquisadores no processo de captura, armazenamento e manipulação de imagens.

Borth et al. (2014) afirmam que o objetivo da visão computacional, consiste em reproduzir através de técnicas computacionais, a capacidade de reconhecimento de imagens, transformando essas imagens em modelos matemáticos capazes de serem interpretados pelos avaliadores.

Os sistemas de visão computacional procuram simular a visão humana, apresentando como variável de entrada uma imagem e como saída, a interpretação dessa imagem, que pode ser parcial ou total (MARENGONI & STRINGHINI, 2009).

As principais etapas de um sistema de visão artificial consistem na: aquisição das imagens; no pré-processamento; na segmentação; na extração de características; e no reconhecimento e interpretação (MARQUES FILHO & VIEIRA NETO, 1999).

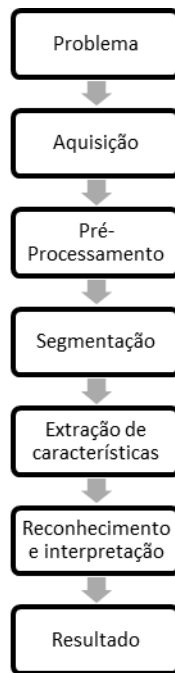


Figura 1.1 - Sistema de visão artificial e suas etapas  
Fonte: MARQUES FILHO & VIEIRA NETO (1999) (Adaptado)

Segundo Borth et al. (2014) com o desenvolvimento dos sistemas de visão artificial, vários algoritmos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de se obter informações a partir de imagens, buscando automatizar as tarefas que são geralmente realizadas pela visão humana.

### **1.8 Processamento e análise de imagens digitais**

O processamento de imagens digitais consiste na modelagem matemática, análise, projeto e implementação em softwares e hardwares de sistemas digitais, e tem o objetivo de tratar informações oriundas de imagens extraídas de uma cena real, buscando tornar essa informação mais adequada para a interpretação por seres humanos ou máquinas (BATISTA, 2005).

De acordo com Duarte (2013), através das técnicas de processamento digital de imagens, busca-se melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais da imagem, com o intuito de auxiliar o analista humano na interpretação mais precisa da imagem. É uma técnica que pode ser aplicada em diversas áreas da ciência e tecnologia, e geralmente requer um extenso trabalho experimental, que envolve processos de simulação e testes em inúmeras imagens (ROCHA et al., 2013).

Segundo Duarte (2013) os passos fundamentais para o processamento de imagens digitais podem ser observados na Figura 1.2.

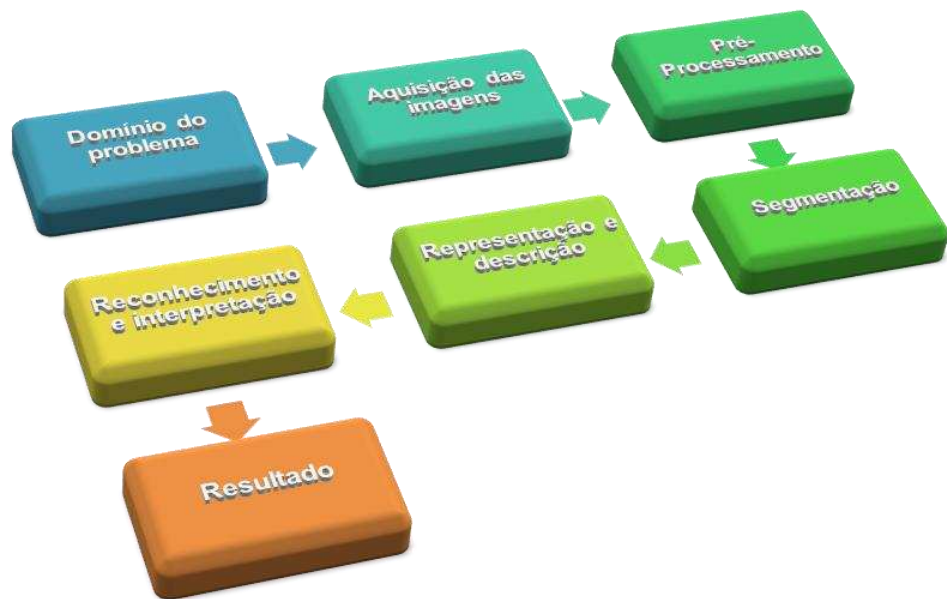


Figura 1.2 - Passos fundamentais para o processamento de imagens digitais  
Fonte: DUARTE (2013) (Adaptado)

Marques Filho e Vieira Neto (1999), caracterizam a etapa de aquisição, como sendo o processo de conversão de uma cena real tridimensional em uma imagem analógica. Borth et al. (2014) afirmam que esta etapa consiste no primeiro passo para o processamento e pode ser executado com o auxílio de diversos instrumentos, tais como, câmeras digitais, scanners, placas digitalizadoras, webcams, satélites, entre outros.

Após a aquisição das imagens, a etapa seguinte consiste no pré-processamento, que de acordo com Duarte (2013), tem o objetivo de melhorar a imagem, através de técnicas de realce de contraste e aplicação de filtros para a remoção de ruídos visando preparar as imagens para as etapas posteriores, como pode ser visto na Figura 1.3.

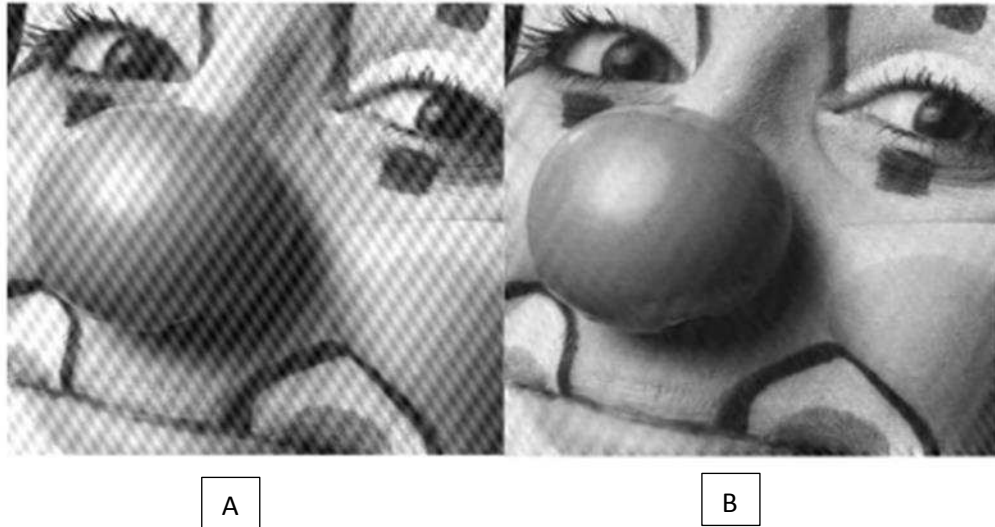


Figura 1.3 - A: Imagem com a presença de ruídos; B: Eliminação dos ruídos após a filtragem da imagem

Fonte: Marengoni e Stringhini (2009)

De acordo com Marengoni e Stringhini (2009), os filtros são ferramentas utilizadas para remover ruídos de imagens, e podem ser espaciais, atuando diretamente nas imagens, ou de frequência, que é um processo mais complexo, onde a imagem primeiramente é transformada para o domínio de frequência, sendo filtrada neste domínio, e em seguida a imagem filtrada é transformada novamente para o domínio de espaço.

Após o pré-processamento as imagens estão prontas para a etapa de segmentação. O processo de segmentação segundo Borth et al. (2014), tem por objetivo separar a imagem em regiões de interesse, separando a região do objeto do fundo da imagem. É um processo que consiste em particionar uma imagem em regiões ou objetos distintos, e tem por base características do objeto ou da região, tais como cor ou proximidade, por exemplo, (MARENGONI e STRINGHINI, 2009).

De acordo com Scuri (1999), o procedimento mais comum de segmentação é a limiarização por um tom de corte, onde tudo o que está acima deste tom tem seus pixels convertidos para valor unitário, ou seja, são transformados em branco, e tudo que está abaixo desse tom assume pixel no valor zero, ou seja, são convertidos em preto, transformando a imagem em uma imagem binária.



Figura 1.4 - A: imagem original em escala de cinza; B: Imagem binarizada  
Fonte: Marques Filho e Vieira Neto (1999)

A principal dificuldade do processo de limiarização está em determinar o valor mais adequado do limiar, onde uma das técnicas mais simples para a determinação do limiar ótimo consiste na análise do histograma da imagem (QUEIROZ e GOMES, 2001).

Segundo Marques Filho e Vieira Neto (1999), a forma mais simples do processo de limiarização compreende a bipartição do histograma, onde os pixels cujos valores são maiores ou iguais ao valor do limiar são transformados em branco e os demais em preto, e o processo de segmentação se dá através da varredura da imagem pixel a pixel, onde cada pixel é rotulado como sendo objeto ou fundo, através da relação entre o valor do pixel e o valor do limiar.

Após o processo de segmentação, a próxima etapa consiste na extração de atributos. De acordo com Scuri (1999), a partir das imagens binárias, é possível obter atributos relevantes das regiões segmentadas. Dentre os principais atributos extraídos das imagens, pode-se destacar: o número total de objetos; propriedades geométricas; atributos relacionados à forma; propriedades de luminância e textura entre outras.

A última etapa do processamento digital de imagens consiste no reconhecimento e interpretação. Duarte (2013) descreve o reconhecimento como sendo o processo responsável por atribuir um rótulo a um objeto, com base na informação fornecida pelo seu descritor. Ainda segundo Duarte (2013), a interpretação consiste em atribuir significado a um conjunto de objetos reconhecidos.

## 1.9 Considerações finais

Com base no exposto na presente revisão, observa-se que há uma relação significativa entre os fatores ambientais, em especial a temperatura e a umidade relativa, sobre o bem-estar e desempenho de frangos de corte, além disso verifica-se que a utilização de sistemas de visão artificial e de análise de imagens digitais, são de grande auxílio para pesquisadores e produtores na avaliação de relação ambiente térmico versus bem-estar e desempenho dos animais.

## 1.10 Referências Bibliográficas

ABREU, P. G DE.; ABREU, V. M. N. Conforto Térmico para aves. **Comunicado Técnico – 365 Embrapa Aves e Suínos**, 2004. Concórdia - SC.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. DE. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1-14, 2011.

AMARAL, A. G. DO. **Processamento de imagens digitais para avaliação do comportamento e determinação do conforto térmico de codornas de corte**. Viçosa: UFV, 2012. 82p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2012.

AMARAL, A. G. do.; YANAGI JÚNIOR, T.; LIMA, R. R.; TEIXEIRA, V. H.; SCHIANI, L. Efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.3, p. 649 – 658, 2011.

BARBOSA FILHO, J. A. D. Ambiência e Bem-estar animal na avicultura. **Revista Veterinária e Zootecnia em Minas**, Artigo Técnico 6, v.109, p. 38 – 46, abr/mai/jun, 2011.

BATISTA, L. V. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. 84p. 2005. Disponível em: <<http://www.di.ufpb.br/leonardo/pdi/PDI2005.pdf>>. .

BORTH, M. R.; IACIA, J. C.; PISTORI, H.; RUVIARO, C. F. A visão computacional no agronegócio: Aplicações e Direcionamentos. In: **2º Seminário Internacional de Integração e Desenvolvimento Regional**, Ponta Porã – MS, 2014.

CAMPOS, E. O Comportamento das Aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, n. 2, p. 93–113, Campinas – SP, mai/ago. 2000.

CARVALHO, G. B DE.; LOPES, J. B.; SANTOS, N. P DA. S.; REIS, N. B DO. N.; CARVALHO, W. F DE.; SILVA, S. F.; CARVALHO, D. A DE.; SILVA, E. M DA.; SILVA, S. M. DA. Comportamento de frangos de corte criados em condições de estresse térmico alimentados com dietas contendo diferentes níveis de selênio. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.4, p.785 – 797, out/dez, 2013.

CASSUCE, D. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; VIEIRA, M. F. F. A. Thermal comfort temperature up date for broiler chicken up to 21 days of age. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.1, p. 28 – 36, 2013.

CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; MESQUITA FILHO, R. M. de; SOUSA, F. C. de. Análise de imagens digitais para avaliação do comportamento de pintos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.3, p. 418 – 426, maio/jun. 2011.

COSTA, J. H. S.; SARAIVA, E. P.; SANTOS, L. F. D. DOS. Efeito do ambiente sobre indicadores fisiológicos na produção de frangos de corte. **Revista Verde**, v.7, n.4, p. 54 -58, jan/dez. Mossoró – RN. 2012.

DUARTE, G. D. Introdução ao Processamento de Imagens. Instituto Federal Sul Rio Grandense. 2013. Disponível em: <[http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~glaucius/ee\\_pdi/material\\_de\\_apoio/ee\\_pdi\\_a01.pdf](http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~glaucius/ee_pdi/material_de_apoio/ee_pdi_a01.pdf)>. .

FURLAN, R. L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: **VII Simpósio Brasil Sul de Avicultura**, Chapecó – SC, 2006.

KASHIHA, M. A.; BAHR, C.; VRAKEN, E.; HONG, S.; BERCKMANS, D. Monitoring system to detect problems in broiler houses based on images processing. In: **International Conference of Agricultural Engineering**, Zurich. 2014.

MARENGONI, M.; STRINGHINI, D. Tutorial: Introdução à visão computacional usando OpenCV. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v.16, n.1, p. 125 -160. 2009

MARQUESFILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 310p. 1999.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F da. C.; OLIVEIRA, R. F. M de.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v.13, n.4, p.277 – 286, out/dez. Viçosa – MG. 2005.

MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. **Bioclimatologia animal**, 1997. Rio de Janeiro, 126p. 1997.

MEHDIZADEH, S. A.; NEVES, D. P.; TSCHARKE, M.; NÄÄS, I. A.; BANHAZI, T. M. Image analysis method to evaluate beak and head motion of broiler chicken during feeding. **Computer and Eletronics in Agriculture**, v.114, p.88 – 95. 2015.

NÄÄS, I. DE. A. Uso de técnicas de precisão na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p. 358 – 364. 2011

NÄÄS, I de. A.; LAGONA, M.; NETO, M. M.; CANUTO, S.; PEREIRA, D. F. Image Analysis for assessing broiler breeder behaviour response to thermal environment. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.624 – 632, jul/ago. 2012.

NAVAS, T. DE. O. **Estresse por calor na produção de frangos de corte**. Goiânia: UFG, 2014. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Zootecnia). Universidade Federal de Goiás, 2014.

PEREIRA, D. F.; BERTOLA, R. J. M.; ROMANINI, C. E. B.; NÄÄS, I. de. A. Desenvolvimento de aplicativo e metodologia para monitoramento digital do comportamento de matrizes de frango de corte para indicação de bem-estar, utilizando identificação eletrônica e análise de imagens. In: **IV Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada a Agropecuária e à Agroindústria**, Porto Seguro. 2003

PINHEIRO, C.; PINHEIRO, A. **Zootecnia de Precisão**. 1<sup>a</sup> ed. Lisboa - Portugal, 110p. 2009.

QUEIROZ, J. E. R DE.; GOMES, H. M. Introdução ao processamento digital de imagens. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v.8, n.1, p.1 – 31. 2001

ROCHA, A. M. A. C.; RODRIGUES, C. S.; RODRIGUES, J.; GONÇALVES, M. Processamento de imagem digital com MatLab: uma aplicação em ambiente industrial. In: 2<sup>o</sup> Encontro Nacional de Engenharia e Gestão Industrial, 2013, Aveiro – Portugal. **Anais...** Aveiro: p.75 -76.

ROCHA, J. S. R.; LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C. Produção e Bem-Estar animal: Aspectos éticos e técnicos da produção intensiva de aves. **Ciência Veterinária Tropical**, Recife – PE, v.11, suplemento 1, p. 49 – 55, abril, 2008

SALTORATTO, A. Y. K.; SILVA, F. A DA.; CAMARGO, A. C. A. C.; SILVA, P. C. G DA.; SOUZA, L. F. A. DE. Monitoramento da avicultura a partir de técnicas de visão computacional. **Colloquium Exactarum**, v.5, n.2, p. 47 – 66, jul/dez. 2013.

SANTANA, M. C. A.; CAVALI, J.; MODESTO, V. C. Influência do clima em animais de interesse zootécnico. **Revista Científica**, n.1, p.86 – 98, 2014.

SANTOS, K. Inovações na Avicultura – Como a zootecnia de precisão pode trazer avanços para os produtores. **Boletim Informativo do Sistema FAEP**, n°1303, semana 01, junho, p. 14 – 16. 2015.

SANTOS, R. C. **Introdução à Ambiência**. 27p. Durados - MS, 2015. Disponível em: <[http://files.rodrigoprofessor.webnode.com.br/200000214-0c33f0d2de/Apostila\\_Ambienciacia\\_2015.pdf](http://files.rodrigoprofessor.webnode.com.br/200000214-0c33f0d2de/Apostila_Ambienciacia_2015.pdf)>. .

SANTOS, M. J. B dos.; RABELLO, C. B.; PANDORFI, H.; TORRES, T. R.; SANTOS, P. A do.; CAMELO, L. C. L. Fatores que interferem no estresse térmico em frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, Artigo 162, v.9, n.3, p.1779 – 1786, maio/jun. 2012

SCURI, A. E. . **Fundamentos de Imagens Digitais**. Puc – Rio, 95p. 1999. Disponível em: <http://webserver2.tecgraf.puc.rio.br/~scuri/download/file.pdf>

SERGEANT, D.; BOYLE, R.; FORBES, M. Computer visual tracking of poultry. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v.21, p.1 - 18. 1998.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO AS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **Cadeia Produtiva da avicultura: Cenários econômicos e estudos setoriais**. Recife, 2008. 44p.

SEVEGNANI, K. B.; CAROR, I. W.; PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O. DA; MOURA, D. J. DE. Zootecnia de precisão: análise de imagens no estudo do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 115–119, Campina Grande – PB. 2005.

SILVA, I. J. O. DA. **Contribuições à Zootecnia de Precisão na produção industrial de aves e suínos no Brasil**. ESALQ – USP. Piracicaba – SP, 2007. 140p.

SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C. Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: o caso da avicultura de corte brasileira. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.113 – 131. 2010..

TAVARES, L DE. P.; RIBEIRO, K. C. de. S. Desenvolvimento da avicultura de corte Brasileira e perspectivas frente à influenza aviária. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v.9, n.1, p. 79 – 88. 2007

XIN, H. .; SHAO, B. Real time assessment of swine termal comfort by computer vision. In: World congresso of computers in agriculture and natural resources. Foz do Iguaçu, 2002. **Anais....** Foz do Iguaçu: ASAE, 2002. p.362 – 369.

## CAPÍTULO II

**Avaliação do comportamento alimentar de frangos de corte, em fase inicial de criação, submetidos a diferentes níveis de estresse por frio, com auxílio de sistemas de visão artificial e análise de imagens digitais.**

**Resumo:** O Brasil como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de carne de frango necessita cada vez mais estar atento às questões do bem estar animal. Nesse sentido, os principais fatores que influenciam o bem-estar e desempenho de frangos de corte, pode-se destacar a temperatura e a umidade relativa do ar. Na fase inicial do ciclo produtivo, ou seja, nas três primeiras semanas de vida, os animais são mais susceptíveis a problemas decorrentes do estresse por frio. Um dos primeiros indicativos do desconforto térmico dos animais consiste na alteração de seus padrões comportamentais, entre os quais se destaca o alimentar, sendo que em condições de estresse por frio, as aves tendem a aumentar sua frequência de uso do comedouro. O objetivo desta pesquisa consistiu em avaliar a influência de diferentes temperaturas, representando uma condição de conforto térmico e duas condições de estresse por frio, sobre o bem-estar de frangos de corte em fase inicial do ciclo produtivo, por meio da avaliação do seu comportamento alimentar, através da análise de imagens digitais. As imagens referentes ao monitoramento das atividades dos animais foram processadas e analisadas com auxílio do programa computacional MATLAB 7.9<sup>®</sup>, de onde foram extraídas informações referentes ao comportamento alimentar dos animais. Foram implementados dois algoritmos para a avaliação do comportamento alimentar das aves, sendo um para verificar a frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro e outro para avaliar o nível de utilização do comedouro. Verificou-se que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos estudados sobre a frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro, contudo houve diferença em relação ao nível de utilização dos comedouros, observando que o menor nível de utilização do alimentador foi verificado na condição de estresse por frio acentuado. Dos 73,10% de tempo despendido pelas aves no comedouro em 70,5% foi detectado no mínimo 1 e no máximo 4 frangos

simultaneamente. O algoritmo utilizado para o processamento das imagens e avaliação da frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro mostrou-se uma ferramenta eficiente e confiável, apresentando um erro percentual de aproximadamente 3,5% e uma alta correlação com os dados obtidos através do método de referência para validação, com um valor de coeficiente de correlação de Pearson igual a 0,9212. O algoritmo implementado para a avaliação do nível de utilização do comedouro, assim como o algoritmo de avaliação da frequência de tempo de uso do comedouro, mostrou-se confiável apresentando um baixo erro percentual (9,91%) e uma forte correlação com os dados obtidos através do método manual.

**Palavras chaves:** Bem-estar animal; zootecnia de precisão.

**Abstract:** Brazil is a leading global producer of chicken meat. The Brazilian poultry sector has been constantly on the rise, especially in recent decades, thanks to the modernization of the productive sector. Among the main factors that influence the well-being and performance of broiler chickens, we can highlight the temperature and relative humidity. At the initial stage of the production cycle, ie the first three weeks of life, the animals are more susceptible to problems resulting from stress by cold, that due to the fact their thermoregulatory system is still undeveloped at this stage. One of the first indications of thermal discomfort of the animals is to change their behavioral patterns, among which stands out the feeding behavior. Under stress conditions by cold birds tend to increase their frequency of feeder use. The aim of this research is to evaluate the influence of different temperatures, representing a thermal comfort condition and two stress conditions by cold on the welfare of broilers in the initial phase of the production cycle, through evaluation of their feeding behavior by digital image analysis. For the assessment of food behavior of broiler, a database was collected, containing information relating to heat the authoring environment, the productive performance and the monitoring of animal activities. The images for the monitoring of animal activities were processed and analyzed using the computer program MATLAB 7.9<sup>®</sup>, from which they were extracted

information regarding the feeding behavior of the animals. Two algorithms were implemented for the assessment of food behavior of the broilers, one to check the frequency of time spent by the birds at the feeder and the other to assess the level of use of feed trough by the broilers. Was found by the image analysis what no statistically significant difference among the treatments studied on the frequency of time spent by the birds at the feeder. Regarding the level of use of feeder, there was a statistically significant difference between data collected in different thermal environments studied, noting that the lowest level of use of the feeder was found in stress condition by severe cold, where the 73, 10% of time spent on the feeder by birds in 70.5% was detected at least 1 and at most 4 chickens. The algorithm used for image processing, and evaluation of the time frequency taken by the poultry in feeder proved to be an efficient and reliable tool, with a percentage error of approximately 3.5% and a high correlation with those obtained by the method reference for validation with a Pearson correlation coefficient value of 0.9212. The algorithm implemented to assess the level of use of the feeder as well as the algorithm by evaluation of time frequency of usage of the feeder, was reliable presenting a low percentage error (9.91%) and a very strong correlation with the data obtained through the manual method.

**Key words:** Animal welfare; precision animal.

## 2.1 Introdução

A avicultura é uma das principais atividades do setor de produção animal brasileiro, apresentando um crescimento expressivo, principalmente nas últimas décadas. Belusso e Hespanhol (2010) destacam que a evolução da avicultura industrial no Brasil, em especial na primeira década do século XXI, foi influenciada principalmente por demandas comerciais e produtivas, que impulsionaram a expansão do setor avícola para diversas áreas do Brasil.

O manejo adequado do ambiente de criação é de suma importância para o sucesso da produção, buscando reduzir a influência dos atributos climáticos sobre o conforto e desempenho dos animais.

Os fatores climáticos, em especial a temperatura e a umidade relativa do ar, tem forte influência sobre os animais domésticos, podendo afetar o seu bem-estar e conseqüentemente seu desempenho produtivo (SANTANA et al., 2014). Saber como esses fatores influenciam o bem-estar e o desempenho dos animais é crucial para o sucesso da produção.

De acordo com Menegali et al. (2013), a fase inicial do ciclo produtivo de frangos de corte, que compreende as três primeiras semanas de vida dos animais, consiste no período mais crítico do processo produtivo, devido ao fato dos animais apresentarem seu sistema fisiológico ainda pouco desenvolvido, o que os torna mais susceptíveis as flutuações térmicas do ambiente. Gomes et al. (2011) afirmam que durante esse período, devido ao seu sistema termorregulador não estar totalmente desenvolvido, as aves são mais vulneráveis a problemas decorrentes do estresse por frio.

As faixas de temperatura ideais para as três primeiras semanas de vida das aves, segundo Cassuce et al. (2013), correspondem à 30°C, 27°C e 24°C, referentes à primeira, segunda e terceiras semanas de vida dos animais respectivamente.

Outro fator de grande influência sobre o bem-estar e desempenho dos animais é a umidade relativa do ar. Segundo Tinôco (2001), em relação à umidade relativa do ar, considera-se ideal para o conforto das aves, valores na faixa de 50 a 60%.

Segundo Abreu e Abreu (2004), uma das conseqüências das baixas temperaturas ambiente sobre os frangos de corte em fase inicial do ciclo produtivo, consiste no aumento do consumo de alimentos. Esse aumento do consumo de ração se dá segundo Furlan (2006), devido ao fato dos animais submetidos ao estresse por frio tenderem a aumentar seu incremento metabólico, como uma estratégia de termorregulação, buscando aumentar sua taxa de produção de calor corporal, como uma resposta ao desafio térmico ao qual está submetido.

A partir da análise comportamental das aves, é possível descrever o seu nível de bem-estar. Amaral (2012) descreve que o método tradicional de análise do comportamento animal, consiste em observações visuais “in loco”, que demandam muito tempo, e são muito susceptíveis ao erro, uma

vez que a presença do observador humano pode inibir ou alterar certos comportamentos dos animais.

Com os avanços alcançados nas áreas de eletrônica e informática, esses problemas verificados no método tradicional de avaliação comportamental dos animais vêm sendo superados. Algumas pesquisas recentemente desenvolvidas tem demonstrado a viabilidade do uso de sistemas de visão artificial e de técnicas de processamento de imagens para a avaliação do comportamento e do bem-estar animal (SEVEGNANI et al., 2005; MOGAMI, 2009; CORDEIRO et al., 2011; SALTORATTO et al., 2013; SCHIASSI et al., 2015).

De acordo com Silva (2007), a partir da análise de imagens digitais, pode-se fazer um monitoramento contínuo do comportamento dos animais, com a observação de um maior número de amostras, o que seria extremamente difícil pelo método tradicional de avaliação, além de facilitar a análise de dados simultâneos de diferentes grupos.

Com base no exposto, o objetivo da presente pesquisa, consistiu em desenvolver e testar um método computacional para avaliar o bem estar de frangos de corte em fase inicial do seu ciclo produtivo, submetidos a diferentes níveis de estresse por frio, a partir da avaliação do seu comportamento alimentar, por meio de análise de imagens digitais.

## **2.2 Metodologia**

### **2.2.1 Considerações Gerais**

A análise do comportamento alimentar dos frangos de corte foi realizada com base na avaliação da frequência de tempo despendido e do nível de utilização do comedouro por frangos de corte na fase inicial de criação (1 a 21 dias de idade). Para isso, foi montado um banco com os dados obtidos ao longo do período experimental realizado nas câmaras climáticas (Figura 2.1) localizadas na área física do Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agrícola – AMBIAGRO, do setor de Construções Rurais e Ambiência do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.



Figura 2.1 – Vista frontal das câmaras climáticas pertencentes ao Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agrícola (AMBIAGRO).

A instalação está localizada no município de Viçosa no estado de Minas Gerais, sob as seguintes coordenadas: latitude  $20^{\circ} 45'$  sul e longitude  $45^{\circ} 52'$  Oeste, apresentando altitude média de 712 metros e clima caracterizado por inverno frio e seco e verão quente e úmido.

Cada uma das cinco câmaras climáticas apresenta características similares, com as seguintes dimensões: 3,2 m de comprimento por 2,44 metros de largura, e pé direito de 2,38 metros. São equipadas com um aquecedor de ar de resistência elétrica (2000 W de potência), um condicionador de ar tipo Split quente/frio de 12000 BTU/h e um umidificador de ar com capacidade de 4,5 L e débito de névoa de 300 ml/hora, como pode ser visto na Figura 2.2. O aquecedor e o umidificador são operados por meio de um controlador eletrônico MT – 531 Rplus, de temperatura e umidade que apresenta as seguintes especificações: temperatura de controle variando de  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $70^{\circ}\text{C}$  com resolução de  $0,1^{\circ}\text{C}$  e umidade de controle variando de 20% à 85% com resolução de 0,1%.



Figura 2.2 – Vista interna das câmaras climáticas com destaque para os equipamentos utilizados para o condicionamento térmico do ambiente.

A instalação conta ainda com dois exaustores axiais AMB (modelo FD08025S1M; DC 12v; 0,15A), que são responsáveis pela renovação do ar no interior das câmaras climáticas durante o período experimental.

No interior de cada câmara climática encontram-se instaladas quatro câmeras de vídeo com resolução mínima de 420 linhas, lente com distância focal de 3,6mm, que são conectadas a um microcomputador por meio de duas placas de captura de imagem de 16 canais. As câmeras estão instaladas no teto da câmara climática, acima da parte central de cada gaiola, como pode ser visto na Figura 2.3 A.

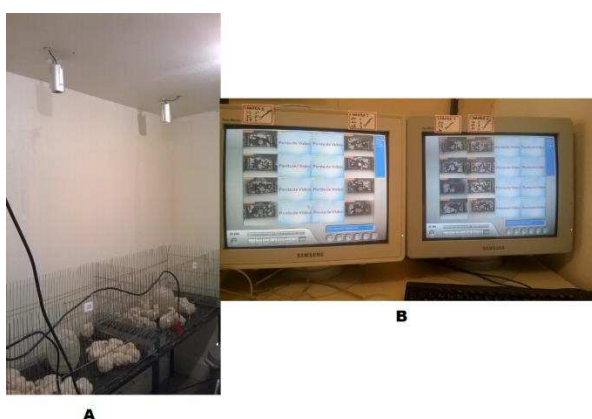


Figura 2.3 – A: Posição das câmeras de vídeo no interior das câmaras climáticas; B: Software para aquisição das imagens.

## 2.2.2 Descrição do Experimento

O presente experimento foi conduzido de acordo com as diretrizes estabelecidas pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Viçosa, com o protocolo de registro número 74/2014.

Utilizou-se, no experimento, um total de 360 pintinhos de corte, com idade inicial de 1 dia, sendo todos machos da linhagem Cobb, apresentando peso uniforme e oriundos de um mesmo lote de matrizes.

Foram alojados 30 animais por gaiola, com cada gaiola apresentando área de 0,5m<sup>2</sup> (50,5 cm de largura por 98 cm de comprimento), respeitando uma densidade de 60 aves por metro quadrado (Figura 2.4).

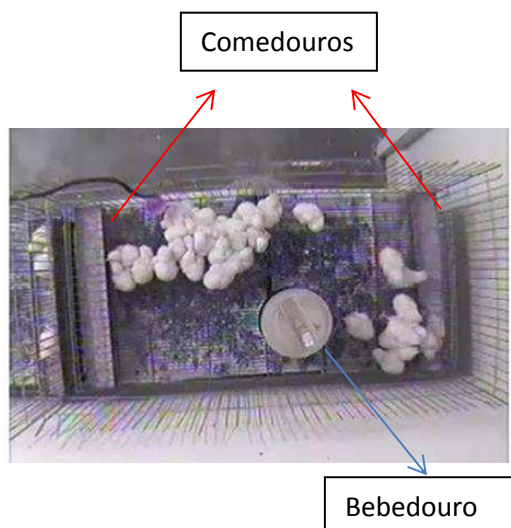


Figura 2.4 – Disposição dos comedouros, bebedouro e animais nas gaiolas

As aves foram alojadas em 12 gaiolas e distribuídas em três câmaras climáticas conforme indicado na Figura 2.5, e receberam água e ração à vontade ao longo de todo o período experimental. A cada semana experimental as câmaras climáticas eram ajustadas para diferentes temperaturas, representando os distintos tratamentos térmicos aos quais as aves foram submetidas, de acordo com o apresentado na Tabela 2.1.



Figura 2.5 – Disposição das gaiolas nas câmaras climáticas

Tabela 2.1 – Especificação dos diferentes tratamentos térmicos a que foram submetidas as aves, em cada uma das três primeiras semanas de vida

| Tratamentos                   | Temperatura (°C) |           |           |
|-------------------------------|------------------|-----------|-----------|
|                               | 1ª Semana        | 2ª Semana | 3ª Semana |
| <b>T1 – Conforto Térmico*</b> | 30               | 27        | 24        |
| <b>T2 – Frio Moderado</b>     | 24               | 21        | 18        |
| <b>T3 – Frio Acentuado</b>    | 22               | 19        | 16        |

\*Conforto Térmico estabelecido com base nos resultados verificados por Cassuce et al. (2013)

O estresse aplicado aos animais foi contínuo para todos os tratamentos, ou seja, as aves foram mantidas sob condição térmica similar ao longo de todo o período noturno e diurno.

### **2.2.3 Dados coletados**

Conforme descrito nos a seguir, para a avaliação comportamental dos animais, foram coletados dados referentes ao ambiente térmico (temperatura do ar e umidade relativa) e referentes ao desempenho produtivo dos animais (ganho de peso e consumo de ração), assim como se procedeu a filmagem dos animais ao longo de todo período experimental.

#### **2.2.3.1 Ambiente Térmico**

Para a caracterização do ambiente térmico de criação, levou-se em consideração o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que pode ser calculado através da Equação 2.1 proposta por Buffington et al. (1982):

$$ITU = 0,8 \times T_{ar} + \frac{UR \times (T_{ar} - 14,3)}{100} + 46,3 \quad \text{[Equação 2.1]}$$

Onde:

ITU – Índice de Temperatura e Umidade;

$T_{ar}$  – Temperatura do ar (°C);

UR – Umidade Relativa (%)

Para o cálculo do ITU, foram coletados dados diários de temperatura e umidade relativa do ar, no interior das câmaras climáticas ao longo de todo o período experimental. Esses dados foram coletados com auxílio de dataloggers HOBO® modelo U14-002, instalados no centro das câmaras climáticas na altura dos animais, como pode ser visto na Figura 2.6, e programados para registrar os dados a cada intervalo de 5 minutos.



Figura 2.6 – Datalogger utilizado para a coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar

### 2.2.3.2 Peso corporal e ganho de peso dos animais

O peso corporal dos animais foi verificado semanalmente ao longo das três semanas de criação. Para verificar o peso corporal dos frangos foi utilizada balança de precisão da marca Toledo modelo 2090, com capacidade de 50kg e sensibilidade de  $\pm 0,1$ gramas. Nesse procedimento os animais de cada unidade experimental, ou seja, cada gaiola (30 aves) foram pesados conjuntamente e o peso médio de cada ave foi determinado dividindo o peso total da amostra pelo número de animais, conforme demonstrado na Equação 2.2.

$$P = \frac{P_{\text{amostra}}}{N_{\text{animais}}} \quad \text{[Equação 2.2]}$$

Onde:

P – Peso médio de cada ave da unidade experimental (g);

$P_{\text{amostra}}$  – Peso total da amostra (peso de 30 aves) (g);

$N_{\text{animais}}$  – Número de animais (30 aves por unidade experimental)

O ganho de peso dos animais foi registrado semanalmente. Para isso os animais foram pesados no início do experimento, ou seja, com idade de 1 dia, para a determinação do peso inicial, e foram pesados novamente a cada intervalo de 7 dias, para a verificação do ganho de peso semanal dos animais. O ganho de peso foi determinado então pela diferença entre o peso

médio dos animais na semana anterior e o peso médio dos animais na semana atual, conforme indicado na Equação 2.3.

$$GP = P_{\text{sem.atual}} - P_{\text{sem.anterior}} \quad \text{[Equação 2.3]}$$

Onde:

GP – Ganho de peso médio dos animais (g);

$P_{\text{sem.ant.}}$  – Peso médio dos animais na semana anterior (g);

$P_{\text{sem.atual}}$  – Peso médio dos animais na semana atual (g)

### 2.2.3.3 Consumo de ração

Para a determinação do consumo de ração, foi registrado, com o auxílio de uma balança de precisão da marca Toledo (Modelo/9094, capacidade 15kg e sensibilidade de contagem de  $\pm 0,5$  gramas), a quantidade de ração fornecida aos animais durante a semana e a quantidade de ração que restava no comedouro ao fim da semana.

O consumo de ração foi calculado semanalmente, através da Equação 2.4, que relaciona a quantidade de ração ofertada às aves durante a semana, a sobra de alimento no comedouro ao fim da semana de análise e o número de animais presentes na gaiola.

$$CR = \frac{(O - S)}{N} \quad \text{[Equação 2.4]}$$

Onde:

CR – Consumo de ração durante a semana (kg/ave)

O – Quantidade de ração ofertada durante a semana (kg)

S – Sobra de ração no comedouro ao fim da semana de análise (kg)

N – número de animais presentes na gaiola

### 2.2.3.4 Imagens coletadas

Foram gerados vídeos com 30 frames por segundo ao longo de todo o período experimental, de onde foram extraídas as imagens para posterior análise do comportamento das aves.

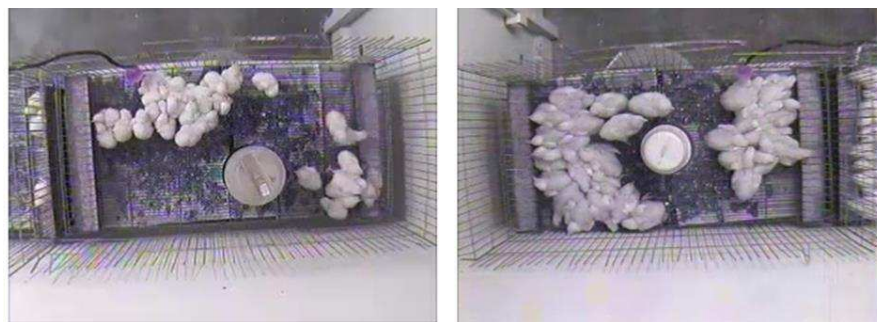


Figura 2.7 – Imagens utilizadas para a avaliação do comportamento alimentar das aves

#### **2.2.4 Avaliação do comportamento alimentar das aves**

A avaliação do comportamento alimentar das aves foi realizada com base no banco de dados, contendo as imagens coletadas ao longo do período experimental, onde foi verificada a frequência de tempo despendido e o nível de utilização do comedouro pelas aves, em cada um dos tratamentos analisados.

O nível de utilização do comedouro foi determinado a partir da relação entre a capacidade de utilização e o número de animais presentes no comedouro. De acordo com o fabricante das gaiolas utilizadas no experimento (Gaiolas Eldorado), cada comedouro apresenta as dimensões de 48cm de comprimento por 7cm de largura e tem a capacidade para atender de forma satisfatória até 16 aves simultaneamente. A partir da relação do número de animais presentes e da capacidade de utilização do alimentador foram definidos os seguintes níveis de utilização do comedouro: sem utilização; baixa utilização; média utilização e alta utilização, conforme mostrado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Níveis de utilização do comedouro estabelecidos com base na relação entre a quantidade de animais presentes e a capacidade de utilização do comedouro

| <b>Nível de utilização do comedouro</b> | <b>Número de animais presentes no comedouro</b> | <b>Relação entre os animais presentes e a capacidade de utilização do comedouro</b> |
|---|---|---|
| Sem uso do comedouro                    | 0 animais                                       | -   |
| Baixa utilização                        | 1 - 4 animais                                   | Até 25% da capacidade de uso do comedouro   |
| Média utilização                        | 5 – 8 animais                                   | Até 50% da capacidade de uso do comedouro   |
| Alta utilização                         | Acima de 8 animais                              | Acima de 50% da capacidade de uso do comedouro                                      |

Em função da rotina de manejo, e das aves serem criadas em condições controladas, nas câmaras climáticas, foram definidos os horários e o tempo de análise das imagens para a avaliação do seu comportamento alimentar, sendo estipulado um tempo de análise de 3 horas diárias, compreendido entre as 9:00 e às 12:00.

Os dados obtidos a partir da avaliação do comportamento alimentar das aves foram posteriormente confrontados com os dados semanais de desempenho zootécnico (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar), onde se buscou verificar a influência dos diferentes ambientes térmicos sobre o comportamento alimentar dos animais e a relação entre esses padrões comportamentais apresentados e o real desempenho produtivo dos animais.

### **2.2.5 Pré-Processamento das imagens**

O primeiro passo para a análise dos dados, foi a edição dos vídeos gerados ao longo do período experimental, buscando eliminar os vídeos gerados durante o período onde se verificou a influencia da presença dos pesquisadores sobre o comportamento dos animais. Essa etapa foi realizada

com auxílio do programa computacional Windows Movie Maker 2012<sup>®</sup>, como pode ser visto na Figura 2.8.

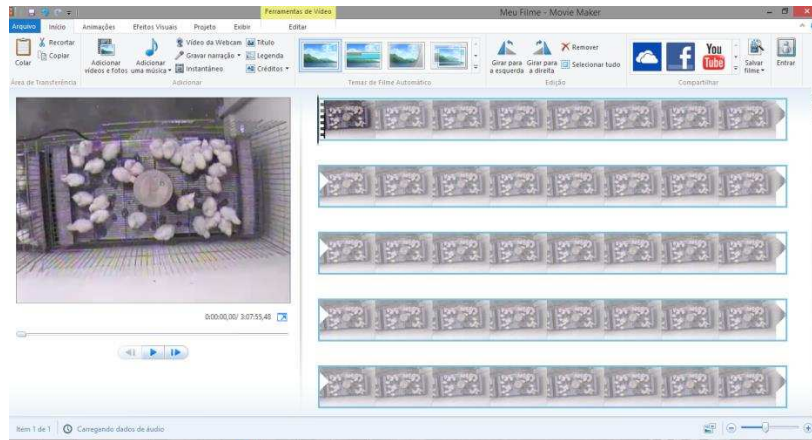


Figura 2.8 – Etapa de edição dos vídeos gerados ao longo do período experimental utilizando o Windows Movie Maker

A etapa seguinte foi à transformação dos vídeos em frames, onde cada vídeo apresentava uma taxa de 30 frames por segundo. Esse processo foi realizado com auxílio do software Free Vídeo to JPG Converter 6.5<sup>®</sup>.

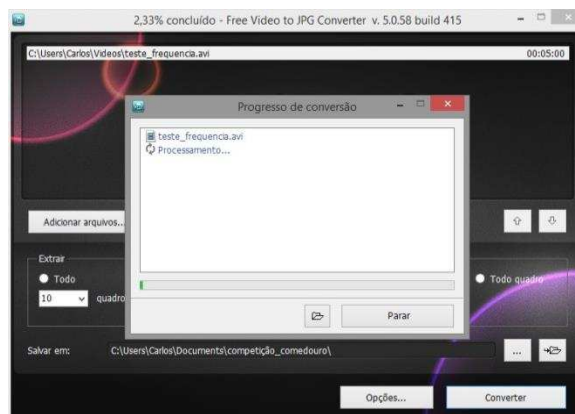


Figura 2.9 – Processo de extração dos frames dos vídeos previamente editados

O processamento e a análise das imagens foram realizados utilizando o programa computacional MATLAB 7.9<sup>®</sup>. Considerando o período de tempo analisado e a taxa de frames por segundo dos vídeos gerados, foi utilizado para o processamento, um total de 1.944.000 imagens, referentes a 3 horas de análise por dia, durante 2 dias ao longo de 3 semanas.

Para o processamento das imagens, primeiramente foram selecionadas aleatoriamente algumas imagens, representativas das imagens totais, para a determinação das coordenadas da região de interesse (comedouro), como pode ser observado na Figura 2.10, e testes

preliminares para a verificação do valor do limiar ideal para o processo de segmentação das imagens.

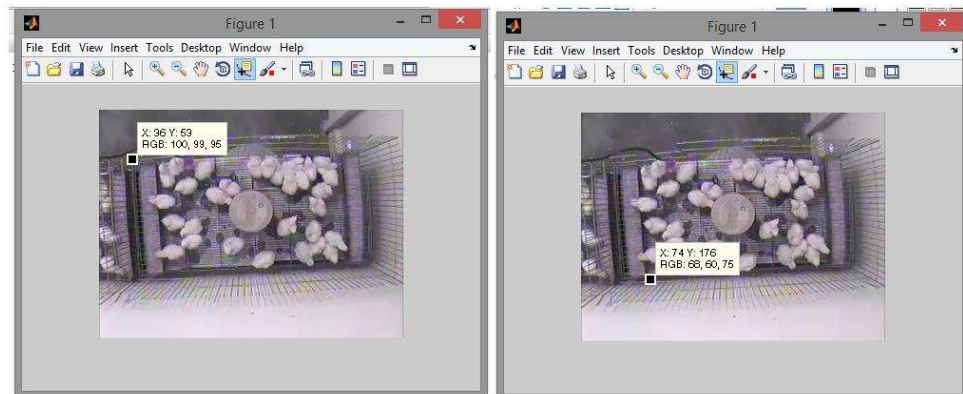


Figura 2.10 – Verificação das coordenadas da região de interesse (comedouros)

O limiar ideal foi definido com base na análise do histograma dos tons de cinza da imagem, onde se verificava a região de maior frequência no histograma, e a partir desse valor, com base na Equação 2.5, definiu-se o valor do limiar utilizado para o processo de segmentação das imagens, como pode ser visto no exemplo apresentado na Figura 2.11.

$$L = \frac{h}{255} \quad \text{[Equação 2.5]}$$

Onde:

L – Valor do limiar ideal;

h – Valor verificado na análise do histograma;

255 – Constante (níveis de tons de cinza);

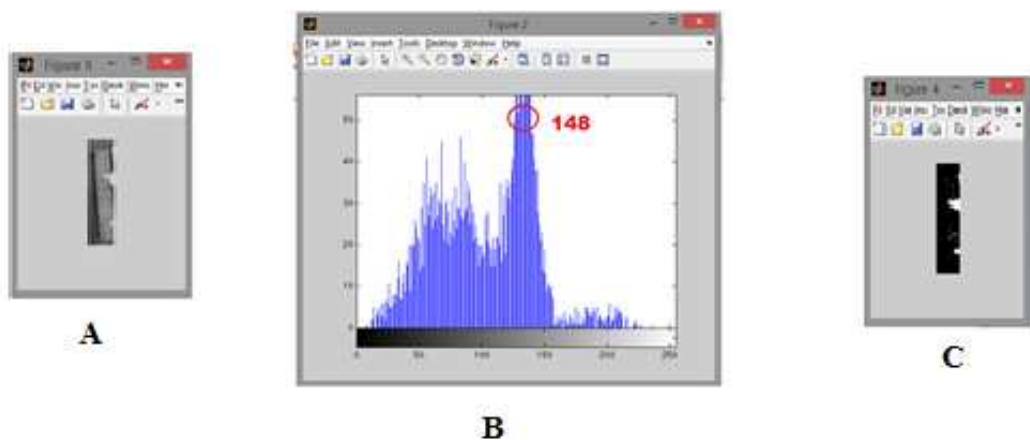


Figura 2.11 – A: Imagem original (região do comedouro com duas aves presentes); B: Análise do histograma da imagem apresentada em (A); C: Processo de segmentação da imagem apresentada em (A) com base no valor do limiar definido a partir da análise do histograma apresentado em (B).

Pode-se observar, pela Figura 2.11 (C), que após o processo de segmentação da imagem, é possível verificar a presença de alguns ruídos na imagem. Esses ruídos devem ser eliminados a partir da aplicação de filtros e operações morfológicas como o processo de abertura, por exemplo, para evitar que os mesmos interfiram no processamento final das imagens.

Após essa etapa inicial do processamento, foi implementado um algoritmo no MATLAB 7.9<sup>®</sup>, para o processamento das imagens, verificação da frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro e análise do grau de competição dos animais por alimentos.

A Figura 2.12 representa de forma esquemática as etapas seguidas no processamento das imagens.

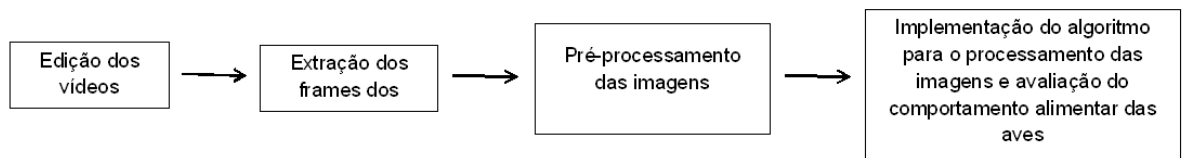


Figura 2.12 – Fluxograma das etapas do processamento das imagens

### **2.2.5.1 Descrição do algoritmo para avaliação da frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro**

O algoritmo para o processamento das imagens e avaliação da frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro foi implementado no programa computacional MATLAB 7.9<sup>®</sup>. As etapas do algoritmo estão descritas na figura 2.13.

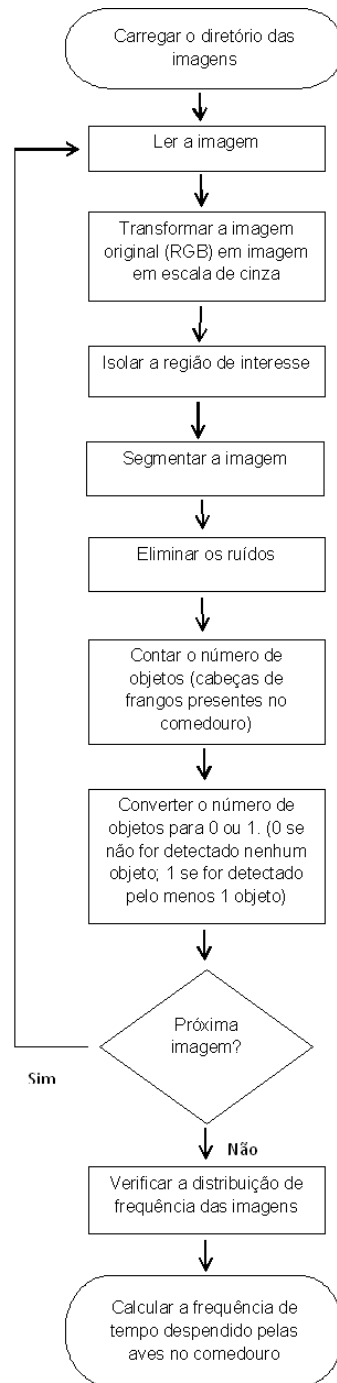


Figura 2.13 – Fluxograma de implementação do algoritmo para o processamento das imagens e determinação da frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro.

A primeira etapa de execução do algoritmo consistiu em carregar o diretório e ler a imagens. Em seguida as imagens originais em (RGB) foram transformadas em imagens em escala de cinza (Figura 2.14). A imagem em cores (RGB) foi convertida em uma imagem em escala de cinza, através da soma ponderada dos componentes da matriz (RGB), conforme indicado na Equação 2.6 (SOLOMON et al., 2013).

$$I_{ec}(n, m) = aI_{RGB}(n, m, r) + bI_{RGB}(n, m, g) + cI_{RGB}(n, m, b) \quad \text{[Equação 2.6]}$$

Onde:

$I_{ec}$  – Imagem em escala de cinza;

$I_{RGB}$  – Imagem em cores;

$(n, m)$  – Designa a posição de um pixel na imagem em escala de cinza;

$(n, m, r)$  – Canal de cor vermelho na posição do pixel;

$(n, m, g)$  – Canal de cor verde na posição do pixel;

$(n, m, b)$  – Canal de cor azul na posição do pixel;

$(a, b, c)$  – Coeficientes de ponderação  $a = 0,2989$ ,  $b = 0,5870$ ,  $c = 0,1140$ .

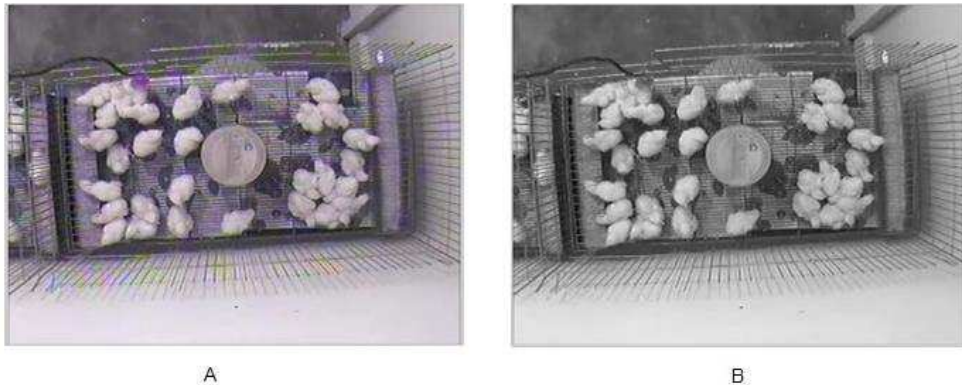


Figura 2.14 – A: Imagem original dos frangos no interior da gaiola (RGB); B: Imagem dos frangos no interior da gaiola transformada para escala de cinza

Em seguida foi extraída, a partir das coordenadas estabelecidas previamente na etapa de pré-processamento, a região de interesse (comedouro) da imagem já convertida para tons de cinza como pode ser visto na Figura 2.15.

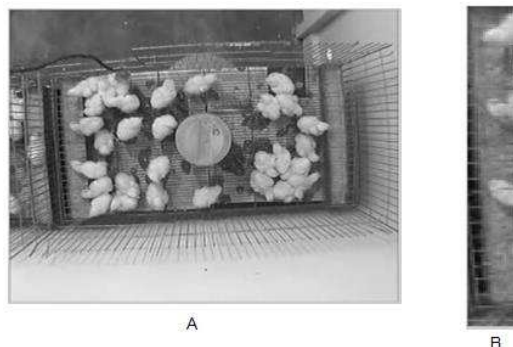


Figura 2.15 – A: Imagem em tons de cinza; B: Região de interesse extraída da imagem original

Para o processo de segmentação foi utilizado o comando “im2bw” do MATLAB®, que converte a imagem em tons de cinza para uma imagem binária, substituindo todos os pixels na imagem de entrada que apresentarem um valor acima do limiar ótimo definido na etapa de pré-processamento, por 1 (branco) e os demais pixels por 0 (preto), conforme mostrado na Equação 2.7.

$$g(x, y) \begin{cases} = 1 & \text{se } f(x, y) \geq L \\ = 0 & \text{se } f(x, y) < L \end{cases} \quad \text{[Equação7]}$$

Onde:

$g(x, y)$  – Imagem de saída (binarizada);

$f(x, y)$  – Imagem de entrada em níveis de cinza;

$L$  – Limiar utilizado para o processo de binarização da imagem.

Buscou-se com o processo de segmentação separar o fundo, do objeto, ou seja, separar o frango, que passa a ser representado por pixels no valor unitário (branco), do comedouro, que passa a ser representado por pixels de valor zero (preto) como pode ser observado na Figura 2.16.

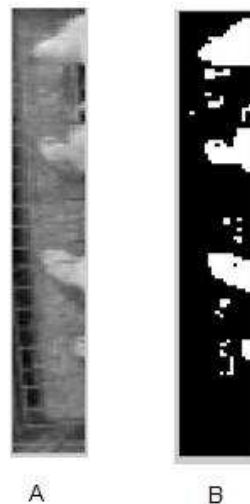


Figura 2.16 – A: Imagem original em tons de cinza; B: Imagem binarizada

Após a segmentação das imagens, a próxima etapa foi à remoção dos ruídos que possam vir a confundir o algoritmo na contagem dos frangos como pode ser visto na Figura 2.17. Para a remoção dos ruídos foi aplicado um processo de abertura, que de acordo com Solomon et al. (2013),

corresponde a uma operação morfológica de erosão seguida de dilatação com o mesmo elemento estrutural, conforme indicado na Equação 2.8.

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad \text{[Equação 2.8]}$$

Onde:

A – Imagem;

B – Elemento estruturante;

$\circ$  - Operação de abertura;

$\ominus$  – Operação de erosão;

$\oplus$  - Operação de dilatação;

O processo de abertura constituiu na aplicação de um elemento morfológico em formato de disco e ocorreu em duas etapas. Na primeira, através do processo de erosão binária, foram apagados os objetos da imagem que apresentavam dimensões menores que o elemento estruturante. Após o processo de erosão foi realizada a dilatação, com o mesmo elemento estruturante, dos objetos restantes na imagem.



Figura 2.17 – A: Imagem apresentando ruídos; B: Eliminação dos ruídos na imagem após a aplicação do processo de abertura

Depois de eliminados os ruídos, a etapa seguinte de execução do algoritmo compreendeu a verificação da presença ou não dos animais nos comedouros, por meio da contagem do número de objetos nas imagens, ou seja, a quantificação do número de frangos presentes no comedouro em cada imagem.

Para facilitar no processo de determinação da frequência de tempo despendido pelos animais no comedouro, o número de objetos verificados em cada imagem foi convertido para 0 ou 1, onde 0 indica que não foi verificada a presença de nenhum frango no comedouro e 1 indica que foi detectado pelo menos 1 frango na região do comedouro. Esse procedimento foi executado através da implementação no algoritmo de uma declaração de condição “if-else”, que determinava que se não fosse verificada a presença de nenhum objeto na imagem, ou seja nenhum frango no comedouro, o algoritmo retornava o valor zero para a contagem do numero de objetos na imagem, e caso fosse verificado 1 ou mais objetos na imagem o algoritmo apresentaria o valor 1 como resultado da contagem de objetos na imagem.

A próxima etapa foi à avaliação de distribuição de frequência das imagens, onde se verificou a percentagem de imagens que apresentaram a detecção de pelo menos 1 frango na região do comedouro.

Por fim, por meio da análise da distribuição de frequência das imagens, foi calculada a frequência de tempo despendido pelos animais no comedouro.

#### **2.2.5.2 Descrição do algoritmo para avaliação do grau de competição das aves por alimento**

O algoritmo implementado para o processamento das imagens e avaliação do nível de utilização do comedouro pelas aves foi implementado no MATLAB 7.9<sup>®</sup>, e consiste nas etapas descritas na Figura 2.18.

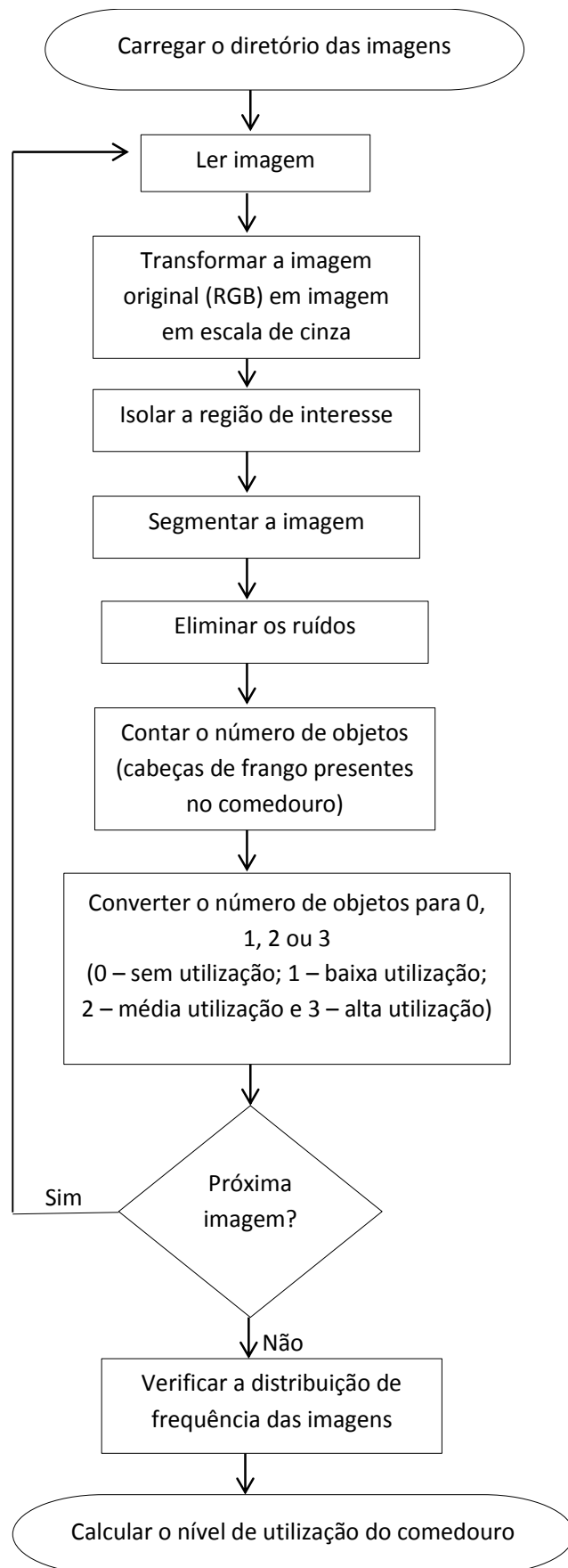


Figura 2.18 – Fluxograma de implementação do algoritmo para o processamento das imagens e avaliação do nível de competição dos animais por alimentos.

As etapas iniciais de execução do algoritmo, compreendidas entre o processo de carregar o diretório das imagens até a etapa de remoção dos ruídos das imagens, são semelhantes as apresentadas na descrição do algoritmo apresentada na seção anterior (2.2.5.1 - Descrição do algoritmo para avaliação da frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro).

Após a eliminação dos ruídos, verificou-se a presença ou não dos animais nos comedouros, através da contagem do número de objetos nas imagens, ou seja, a quantificação do número de frangos presentes no comedouro em cada imagem.

Para facilitar a análise do nível de utilização do comedouro pelas aves, o número de objetos verificados em cada imagem foi convertido, através da implementação no programa de uma declaração de condição “if – else”, para 0, 1, 2 ou 3, que correspondiam aos níveis de utilização do comedouro avaliados, onde 0 indica sem uso do comedouro (0 objeto), 1 indica baixa utilização (1- 4 objetos), 2 indica média utilização (5 – 8 objetos), 3 indica alta utilização (acima de 8 objetos).

A penúltima etapa do algoritmo compreendeu a avaliação de distribuição de frequência das imagens, onde se verificou a percentagem de imagens que apresentaram os valores de 0, 1, 2 ou 3, ou seja, a percentagem de imagens onde se observou sem uso do comedouro (0), baixo uso (1), média utilização (2) e alta utilização (3).

Por fim, por meio da análise da distribuição de frequência das imagens, foi avaliado a frequência de tempo onde foi verificado cada um dos níveis de competição dos animais por alimento nas diferentes condições térmicas estudadas.

### **2.2.5.3 Validação dos Algoritmos**

Para a validação dos algoritmos foi verificada a frequência de tempo despendido pelos animais no comedouro, e a frequência de tempo em que verificou-se cada um dos níveis de utilização do comedouro previamente estabelecidos, através da análise visual dos vídeos gerados ao longo do período experimental, feita por três observadores treinados.

Foi analisada uma amostra de 72 vídeos, correspondendo aos vídeos de 2 dias por semana em cada um dos tratamentos.

Os valores verificados por meio da análise visual dos vídeos foram posteriormente comparados com os valores obtidos pelo algoritmo, por meio da avaliação do erro percentual médio e da correlação dos dados obtidos pelo método visual (referência) e pelo método computacional (algoritmo).

### 2.2.6 Análise estatística

Os dados referentes à avaliação do comportamento alimentar das aves foram analisados estatisticamente através do teste de Kruskal-Wallis, que, de acordo com Callegari-Jacques (2003), corresponde a um teste não paramétrico destinado a comparar três ou mais populações quanto à tendência central dos dados.

Lima et al. (2009) descrevem o teste de Kruskal-Wallis como um teste de ordenamento que faz um “ranking” dos dados e testa a diferença no somatório do ranking entre as amostras, sendo que, se a soma do ranking de cada tratamento é parecida entre si, então não há diferença estatística entre os tratamentos. Neste caso há duas hipóteses a serem testadas, a hipótese nula ( $H_0$ ), que afirma que não há diferença estatística entre a soma do ranking, ou seja, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si, e a hipótese alternativa ( $H_a$ ) que afirma que a soma do ranking é estatisticamente diferente entre os tratamentos, indicando que existe diferença estatística entre os mesmos.

A estatística do teste é dada pela Equação 2.9:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \times \sum_{i=1}^k \left( \frac{R_i^2}{n_i} \right) - 3 \times (N+1) \quad \text{[Equação 2.9]}$$

Onde:

N – Número total de observações considerando todos os tratamentos;

$n_i$  – Número de observações em cada tratamento k;

k – Número de tratamentos;

$R_i$  – Soma do ranking de cada tratamento.

Caso ocorra empate entre os postos ordenados no ranking dos dados, deve-se fazer a correção do valor de H calculado na Equação 2.9. O fator de correção é obtido através da Equação 2.10.

$$FC = 1 - \frac{\sum (t_i^3 - t_i)}{N^3 - N} \quad \text{[Equação 2.10]}$$

Onde:

FC – Fator de correção;

$t_i$  – Número de postos empatados no ranking dos dados;

N – Número de dados totais considerando todos os grupos analisados.

O valor corrigido de H é dado então, dividindo-se o valor da estatística H calculado na Equação 2.9 pelo fator de correção apresentado na Equação 2.10.

$$H_{\text{corr}} = \frac{H}{FC} \quad \text{[Equação 2.11]}$$

Onde:

H – Valor calculado da estatística H;

FC – Fator de correção;

$H_{\text{corr}}$  – Valor da estatística H corrigido

A conclusão do teste é dada através da relação apresentada na Equação 2.12.

$$\begin{cases} \text{Aceita} - \text{se } H_0 \text{ se } H < \chi^2_{\text{tab}}(k-1, \alpha) \\ \text{Re jeita} - \text{se } H_0 \text{ se } H \geq \chi^2_{\text{tab}}(k-1, \alpha) \end{cases} \quad \text{[Equação 2.12]}$$

Onde:

H – Valor calculado da estatística do teste de Kruskal-Wallis;

$\chi^2_{\text{tab}}(k-1, \alpha)$  – Valor tabelado do Chi quadrado com (k-1) graus de liberdade e nível de significância  $\alpha$ .

k – Número de tratamentos testados.

Caso a hipótese  $H_0$  for rejeitada após o Teste de Kruska-Wallis, realiza-se o teste de comparações múltiplas entre os grupos de dados. Para o teste de comparações múltiplas entre os grupos foi utilizado o Método de Dunn dado pela seguinte expressão:

$$Q_{\text{calc}} = \frac{R_b - R_a}{\sqrt{\left( \frac{N \times (N+1)}{12} - \frac{\sum (t_i^3 - t_i)}{12 \times (N-1)} \right) \times \left( \frac{1}{n_a} - \frac{1}{n_b} \right)}} \quad \text{[Equação 2.13]}$$

Onde:

$Q_{\text{calc}}$  – Estatística calculada do Teste de Dunn;

$R_b$  – Média dos pontos do ranking dos dados do grupo b;

$R_a$  – Média dos pontos do ranking dos dados do grupo a;

$t_i$  – Número de postos empatados no ranking dos dados;

$N$  – Número de dados totais considerando todos os grupos analisados.

$n_a$  – Número de dados do grupo a;

$n_b$  – Número de dados do grupo b.

A conclusão do teste é dada através da relação apresentada na Equação 2.14.

$$\begin{cases} \text{Os grupos de dados diferem se } Q_{\text{calc}} > Q(\alpha, k) \\ \text{Os grupos de dados não diferem se } Q_{\text{calc}} < Q(\alpha, k) \end{cases} \quad \text{[Equação 2.14]}$$

Onde:

$Q_{\text{calc}}$  – Valor calculado da estatística do teste de Dunn;

$Q(\alpha, k)$  – Valor crítico (Valor de Q tabelado, com k graus de liberdade e nível de significância  $\alpha$ )

$k$  – Número de grupos.

Para a validação do método computacional proposto para avaliação do comportamento alimentar das aves, os dados obtidos através do algoritmo foram comparados estatisticamente com os dados obtidos pelo método manual (visual), através do teste de Mann-Whitney.

O Teste de Mann-Whitney é o equivalente a versão não paramétrica do Teste t para amostras independentes, porém ao contrário do Teste t que

testa a igualdade das médias, o Teste de Mann-Whitney testa a igualdade das medianas, e é utilizado para testar se duas amostras independentes foram retiradas de populações com médias iguais (VIALI, 2008).

A estatística do teste é dada segundo Pocinho e Figueiredo (2004) pela seguinte expressão:

$$U = n_1 \times n_2 + \frac{N_x \times (N_x + 1)}{2} - T_x \quad \text{[Equação 2.15]}$$

Onde:

$n_1$  – Números de amostras do grupo 1;

$n_2$  – Numero de amostras do grupo 2;

$N_x$  – Número de amostras do grupo com o maior total de ordens;

$T_x$  – maior total de ordens;

Os dados observados constituem em uma amostra considerada relativamente grande com ( $n > 20$ ), ou seja, cada grupo é constituído por mais de 10 amostras, neste caso a distribuição amostral de U tende a distribuição normal (z) dada por:

$$Z_{\text{calc}} = \frac{U - \frac{n_1 \times n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 \times n_2 \times (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \quad \text{[Equação 2.16]}$$

Onde:

$n_1$  – Números de amostras do grupo 1;

$n_2$  – Numero de amostras do grupo 2;

U – Estatística calculada de Mann - Whitney;

Se  $|Z_{\text{calc}}|$  for maior ou igual à  $Z_{\text{tab}}(\alpha)$ , rejeita-se  $H_0$  e conclui-se que há diferença estatística significativa entre os grupos de amostras.

Caso ocorra empate entre os postos no ranking dos dados, a Equação 2.16 é substituída por:

$$Z_{\text{calc}} = \frac{U - \frac{n_1 \times n_2}{2}}{\sqrt{\left(\frac{n_1 \times n_2}{N^2 - N}\right) \times \left(\frac{N^3 - N - \sum(t_i^3 - t_i)}{12}\right)}} \quad \text{[Equação 2.17]}$$

Onde:

$n_1$  – Números de amostras do grupo 1;

$n_2$  – Numero de amostras do grupo 2;

U – Estatística calculada de Mann - Whitney;

$t_i$  - Número de postos empatados no ranking dos dados;

A correlação entre os dados obtidos pelo método computacional e pelo método visual foi estudada através da análise do coeficiente de correlação de Pearson, calculado através da seguinte expressão:

$$R = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \times \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{[Equação 2.18]}$$

Onde:

R – Coeficiente de correlação de Pearson;

$x_i$  – Valor da amostra do grupo x na posição i;

$y_i$  – Valor da amostra do grupo y na posição i;

$\bar{x}$  – Média das amostras do grupo x;

$\bar{y}$  – Média das amostras do grupo y.

## 2.3 Resultados e Discussão

### 2.3.1 Caracterização do ambiente térmico

O ambiente térmico foi caracterizado semanalmente com base no valor do ITU calculado a partir dos dados de temperatura e temperatura de ponto de orvalho, obtidos com o auxílio de dataloggers de temperatura e umidade instalados no interior de cada câmara climática.

A Tabela 2.3 apresenta os dados médios de temperatura do ar, umidade relativa e do ITU em função da idade dos animais (semanas).

Tabela 2.3 – Médias e desvio padrão da temperatura do ar (T.ar), Umidade relativa (UR) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para cada uma das condições estudadas em função da idade (semanas) dos animais

| <b>Ambiente</b>  | <b>Idade dos animais</b> | <b>T. ar (°C)</b> | <b>UR (%)</b> | <b>ITU</b> |
|------------------|--------------------------|-------------------|---------------|------------|
| <b>Térmico</b>   | <b>(semanas)</b>         |                   |               |            |
| Conforto Térmico | 1                        | 30,1 ± 0,5        | 62,9 ± 4,0    | 79,6 ± 0,9 |
| Frio Moderado    | 1                        | 23,7 ± 1,2        | 61,8 ± 4,6    | 71,8 ± 1,9 |
| Frio Acentuado   | 1                        | 21,9 ± 0,4        | 63 ± 6,0      | 69,4 ± 0,9 |
| Conforto Térmico | 2                        | 27,0 ± 0,3        | 63,6 ± 2,0    | 75,8 ± 0,4 |
| Frio Moderado    | 2                        | 21,3 ± 0,6        | 62,1 ± 2,8    | 67,8 ± 0,8 |
| Frio Acentuado   | 2                        | 19,5 ± 0,4        | 68,2 ± 3,5    | 66,7 ± 0,4 |
| Conforto Térmico | 3                        | 24,3 ± 1,3        | 61,4 ± 5,5    | 72,1 ± 1,8 |
| Frio Moderado    | 3                        | 19,7 ± 0,7        | 66,3 ± 7,0    | 64,3 ± 1,1 |
| Frio Acentuado   | 3                        | 16,4 ± 0,7        | 69,8 ± 6,0    | 63,8 ± 0,7 |

Comparando os valores do ITU calculados no interior das câmaras climáticas durante o período experimental com os valores recomendados por Abreu e Abreu (2011), que recomendam ITU na faixa de 72,4 a 80, de 68,4 a 76 e de 64,8 a 72, nas primeiras, segunda e terceiras semanas de vida dos animais, respectivamente, verifica-se que os ambientes descritos como frios, realmente apresentam valores de ITU abaixo do recomendado para o conforto térmico de frangos de corte, conforme o esperado.

### **2.3.2 Avaliação do comportamento alimentar das aves através do método computacional**

A avaliação do comportamento alimentar das aves, foi realizada com base na análise da frequência de uso do comedouro, ou seja, frequência de tempo onde foi verificada a presença de ao menos um animal no comedouro, e pela avaliação do nível de utilização do comedouro pelas aves.

A porcentagem média de tempo despendido pelas aves no comedouro, em cada um dos tratamentos, está representada na Figura 2.19.

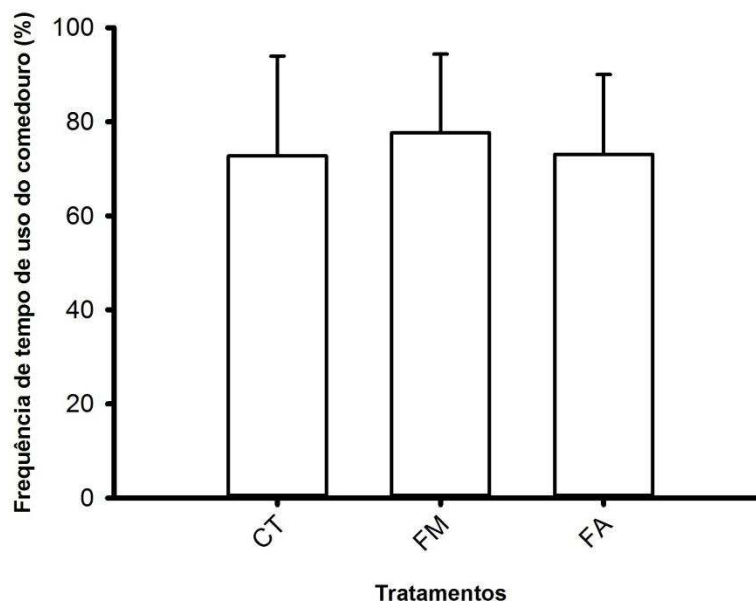


Figura 2.19 – Frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro em cada um dos tratamentos (CT – Conforto Térmico; FM – Frio Moderado; FA – Frio Acentuado)

Os dados numéricos apresentados na Figura 2.19, indicam uma frequência média de tempo despendido pelas aves no comedouro de 72,76% na condição de conforto térmico, 77,66% ao serem submetidos ao frio moderado e 73,10% na condição de frio acentuado.

Apesar dos dados numéricos indicarem uma maior tendência de uso do comedouro pelos animais submetidos a condição de estresse por frio, ao proceder a análise estatística desses dados, verifica-se que não houve diferença estatística significativa entre a frequência média de tempo despendido pelas aves no comedouro para todas as condições térmicas estudadas, conforme visto na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados de frequência de uso do comedouro pelas aves e resultado do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis

| Ambiente Térmico | Mediana |
|------------------|---------|
| Conforto Térmico | 71,380  |
| Frio Moderado    | 77,425  |
| Frio Acentuado   | 74,790  |

$$H = 1,132 (p=0,568)^{n.s}$$

<sup>n.s</sup>Diferença estatística não significativa entre os tratamentos considerando um nível de significância  $\alpha = 5\%$  ( $H_{calc} = 1,132 < \chi^2_{tab}(2, 5\%) = 5,9915$ )

A comparação entre o valor da estatística  $H_{\text{calc}}$  e da distribuição de Chi-quadrado ( $\chi^2_{\text{tab}}(2, 5\%)$ ), apresentada na Tabela 2.4, indica que os dados de frequência de tempo despendido pelos animais no comedouro apresentam função de distribuição estatisticamente iguais em todas as condições térmicas estudadas (Figura 2.20), o que implica dizer que não há diferença estatística significativa entre os tratamentos estudados.

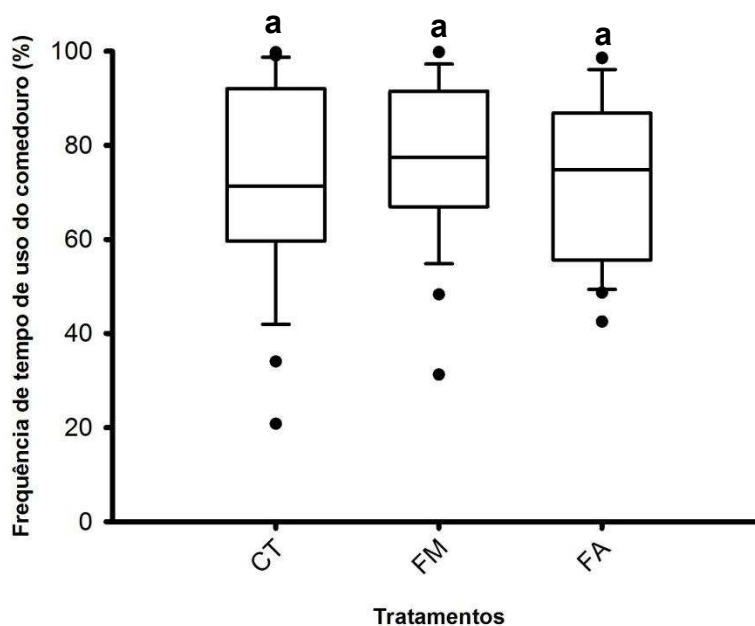


Figura 2.20 – Gráfico de caixa (boxplot) apresentando a distribuição dos dados referentes a frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro em cada um dos tratamentos térmicos avaliados (CT – Conforto Térmico; FM – Frio Moderado; FA – Frio Acentuado).

Analisando a Figura 2.20 é possível perceber que os dados de frequência de tempo despendido pelos animais no comedouro apresentam funções de distribuição semelhantes, independente do tratamento estudado, onde se verifica que 50% dos dados de frequência de uso do comedou pelas aves, encontram-se na faixa de 59,66 à 92,02% na condição de conforto térmico, entre 66,958 e 91,532% na condição de frio moderado, e entre 55,640 e 86,860% na condição de frio acentuado, com valor da mediana, que corresponde a uma medida de localização do centro da distribuição dos dados, correspondendo à 71,38%, na condição de conforto térmico, 77,425% na condição de frio moderado e 74,790% na condição de frio acentuado. Essa função de distribuição semelhante entre os tratamentos indica que não há diferença estatística significativa entre os dados de frequência de tempo despendido pelas aves, nas diferentes condições térmicas estudadas.

Os resultados de frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro observados no presente experimento diferem dos encontrados por Cordeiro (2007), que ao avaliar distintos sistemas de aquecimento, verificou uma maior frequência de uso do comedouro pelos frangos de corte, na fase inicial do seu ciclo produtivo, quando submetidos ao estresse por frio. Pode-se atribuir essa divergência entre os dados obtidos na presente pesquisa e os resultados verificados por Cordeiro (2007), ao fato do mesmo ter considerado uma faixa de temperatura mais elevada como representação da condição de conforto térmico (34-32°C na primeira semana de vida dos animais; 32-28°C na segunda semana e 28-26°C na terceira semana) enquanto que no presente trabalho a faixa de temperatura de conforto considerada foi a proposta por Cassuce et al. (2013) (30°C na primeira semana de vida dos animais; 27°C na segunda semana e 24°C na terceira semana).

Outra variável utilizada para avaliar o comportamento alimentar das frangos, foi o nível de utilização do comedouro pelas aves. Os dados referentes ao nível de utilização do comedouro estão apresentados na Figura 2.21.

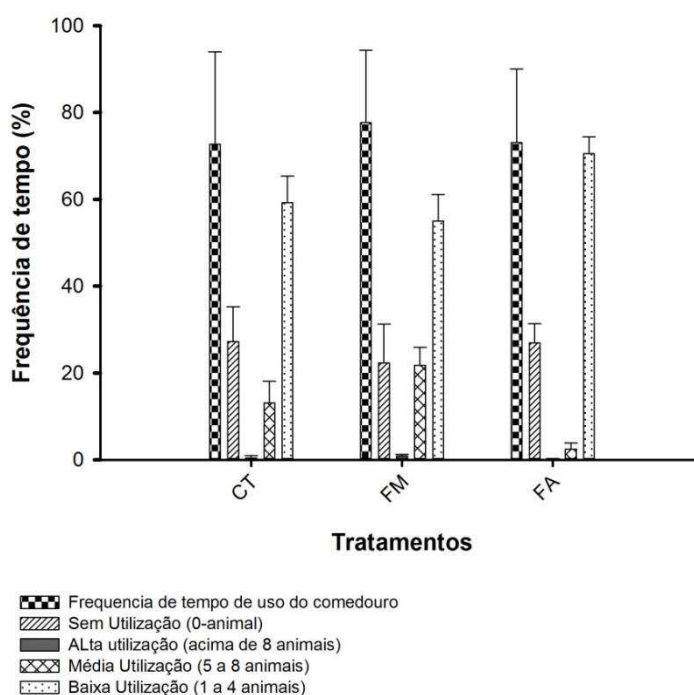


Figura 2.21 – Relação entre a frequência de tempo despendido e o nível de utilização do comedouro pelas aves nas diferentes condições térmicas estudadas (CT – Conforto Térmico; FM – Frio Moderado; FA – Frio Acentuado)

Observa-se, na Figura 2.21, que o menor nível de utilização do comedouro foi verificado na condição de frio acentuado, onde dos 73,10% de tempo despendido pelas aves no comedouro, em 70,53% foi verificada uma baixa utilização do comedouro pelas aves, ou seja, foi detectado no mínimo 1 e no máximo 4 frangos no comedouro.

A Tabela 2.5 apresenta as medidas de tendência central dos dados referentes aos níveis de utilização do comedouro pelas aves nas diferentes condições térmicas estudadas e o resultado do teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Tabela 2.5 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados referentes ao nível de utilização do comedouro pelas aves e resultado do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis

| <b>Nível de utilização do comedouro: baixa utilização (1 – 4 animais)</b>     |                |
|---|----------------|
| <b>Ambiente Térmico</b>   | <b>Mediana</b> |
| Conforto Térmico  | 58,43          |
| Frio Moderado   | 55,22          |
| Frio Acentuado  | 70,66          |
| <b>H = 41,855 (p ≤ 0,001)*</b>  |                |
| <b>Nível de utilização do comedouro: média utilização (5 – 8 animais)</b>     |                |
| <b>Ambiente Térmico</b>   | <b>Mediana</b> |
| Conforto Térmico  | 11,300         |
| Frio Moderado   | 21,490         |
| Frio Acentuado  | 2,220          |
| <b>H = 58,233 (p ≤ 0,001)*</b>  |                |
| <b>Nível de utilização do comedouro: alta utilização (acima de 8 animais)</b> |                |
| <b>Ambiente Térmico</b>   | <b>Mediana</b> |
| Conforto Térmico  | 0,255          |
| Frio Moderado   | 0,845          |
| Frio Acentuado  | 0,0025         |
| <b>H = 37,981 (p ≤ 0,001)*</b>  |                |

Diferença estatística significativa entre os tratamentos considerando um nível de significância  $\alpha = 5\%$  ( $H_{calc} > \chi^2_{tab}(2, 5\%) = 5,9915$ )

Os valores de H calculados apresentados na Tabela 2.5, para cada um dos níveis de utilização do comedouro pelas aves, foram sempre maiores que o valor tabelado da distribuição de Chi-quadrado ( $\chi^2_{\text{tab}}(2, 5\%)$ ), indicando que há diferença estatística entre as funções de distribuição dos dados referentes aos níveis de utilização do comedouro pelos animais em pelo menos um dos tratamentos estudados, o que implica dizer que há diferença estatística significativa entre os valores correspondentes ao nível de utilização do alimentador nas diferentes condições térmicas estudadas. A Figura 2.22 apresenta graficamente a distribuição dos dados referentes aos níveis de utilização do comedouro pelos animais.

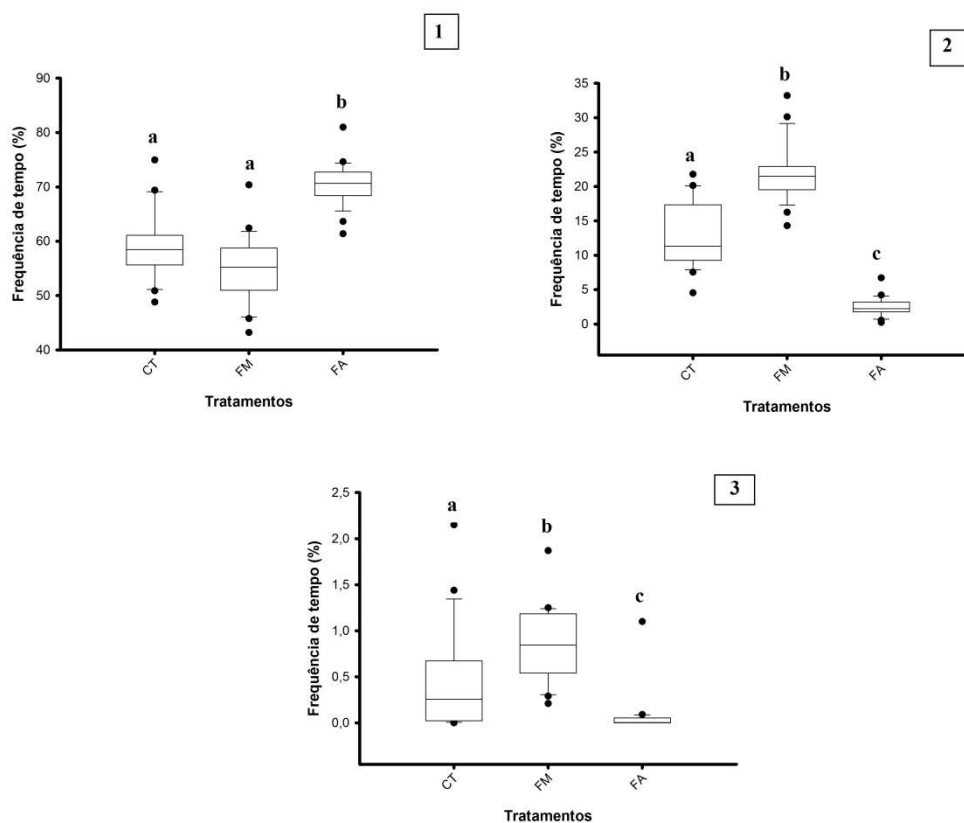


Figura 2.22 – Gráficos de caixa referentes à frequência de tempo onde verificou-se cada um dos níveis de utilização do comedouro pelas aves. 1: baixa utilização (1 - 4 animais); 2: média utilização (5 - 8 animais); 3: alta utilização (acima de 8 animais).

Observa-se, na Figura 2.22, que os dados de frequência de tempo onde foi verificado cada um dos níveis de utilização do comedouro pelas aves, apresentaram funções de distribuição diferentes entre os tratamentos estudados. Verifica-se pela análise das Figuras 2.22[1] que as funções de distribuição dos dados referentes à frequência de tempo onde observou-se o

nível baixo de utilização do comedouro foi semelhante nas condições de conforto térmico e frio moderado, porém mostrou-se diferente na condição de frio acentuado, indicando que há diferença estatística entre os dados verificados nas condições de conforto térmico e frio moderado em relação aos verificados na condição de frio acentuado. Já nas Figuras 2.22[2] e 2.22[3] observa-se que as funções de distribuição dos dados mostram-se diferentes em todos os tratamentos estudados, indicando que há diferença estatística entre os dados verificados nos distintos tratamentos.

Para saber quais tratamentos diferiram estatisticamente entre si, foi efetuado o teste de comparação múltipla de Dunn, ao nível de significância de 5%. Os resultados do teste de comparação múltipla dos dados encontram-se descritos na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados referentes aos níveis de utilização do comedouro pelas aves, nas diferentes condições térmicas estudadas.

| Ambiente Térmico | Níveis de utilização do comedouro pelas aves |          |          |
|------------------|--|----------|----------|
|                  | Baixa  | Média    | Alta     |
| Conforto Térmico | 58,43 a                                      | 11,300 a | 0,255 a  |
| Frio Moderado    | 55,22 a                                      | 21,490 b | 0,845 b  |
| Frio Acentuado   | 70,66 b                                      | 2,220 c  | 0,0025 c |

Medianas seguidas pela mesma letra na vertical indicam que os conjuntos não diferem significativamente pelo Teste de comparação múltipla de Dunn ao nível de 5% de significancia.

Avaliando a Tabela 2.6, observa-se que não houve diferença significativa no nível de baixa utilização do comedouro, pelas aves expostas aos tratamentos conforto térmico e frio moderado. Já ao analisar os níveis média e alta utilização do comedouro pelos animais, verifica-se que houve diferença significativa entre os três grupos de tratamentos estudados.

Conforme exposto por Navas (2014), em função das baixas temperaturas do ambiente, os animais tendem a ficar mais agrupados, buscando reduzir sua perda de calor corporal para o ambiente. Sendo assim, pode-se atribuir a esse comportamento de agrupamento das aves em ambientes extremamente frios, o baixo nível de utilização do comedouro apresentados pelos frangos criados na condição de frio acentuado, onde observa-se que os animais tendem a ficar mais agrupados, buscando reduzir

sua perda de calor para o ambiente. Observa-se, nesta situação, que as aves costumam frequentar a região do comedouro em pequenos grupos, o que implica nesse baixo índice de utilização, como pode ser visto na Figura 2.23, onde observa-se os animais agrupados e apenas um animal efetivamente utilizando o comedouro.



Figura 2.23 – Competição por alimento entre animais submetidos ao desafio por frio acentuado

Na Tabela 2.7 encontram-se apresentados os dados médios de desempenho produtivo das aves ao final do período experimental em cada um dos ambientes térmicos estudados.

Tabela 2.7 – Consumo de ração médio acumulado (CR) e conversão alimentar (CA) das aves aos 21 dias de idade

| <b>Ambiente Térmico</b> | <b>CR (kg)</b> | <b>CA</b> |
|-------------------------|----------------|-----------|
| Conforto Térmico        | 0,945          | 1,588     |
| Frio Moderado           | 0,993          | 1,674     |
| Frio Acentuado          | 0,947          | 1,678     |

Verifica-se, na Tabela 2.7, que apesar dos valores médios de consumo de ração nas condições de frio moderado e frio acentuado, respectivamente  $0,993 \text{ kg.ave}^{-1}$  e  $0,947 \text{ kg.ave}^{-1}$ , terem sido superiores ao consumo das aves submetidas à condição de conforto térmico  $0,945 \text{ kg.ave}^{-1}$ , a conversão alimentar na situação de frio foi pior ao ser comparada com a condição de conforto térmico, indicando que esse maior consumo de ração ocorrido em baixas temperaturas, não se refletiu em um bom desempenho produtivo das aves.

Confrontando os dados de frequência de uso do comedouro, com os dados de desempenho zootécnico destas, observa-se que, em termos numéricos, houve uma maior tendência de uso do comedouro pelos animais criados na condição de frio moderado, onde verificou-se também o maior consumo de ração, quando comparado as demais condições térmicas estudadas. Porém, isso não se converteu em um bom desempenho produtivo, já que os animais submetidos a ambientes mais frios, apesar de terem apresentado maior consumo de ração, tiveram conversão alimentar pior, comparativamente àqueles criados em condições de conforto térmico. Esse baixo desempenho produtivo dos animais submetidos ao estresse por frio moderado, pode ser atribuído ao fato de os frangos submetidos ao desafio por frio tendem a ter, segundo Furlan (2006), um maior gasto energético tentando equilibrar sua taxa de perda de calor para o ambiente.

### **2.3.3 Validação do método computacional proposto para a avaliação do comportamento alimentar das aves.**

A validação do método computacional de avaliação do comportamento alimentar das aves, representado pelos algoritmos desenvolvidos para avaliar a frequência de uso do comedouro e o grau de competição das aves por alimentos, foi realizada com base na comparação entre os dados gerados pelos algoritmos, e os dados obtidos por meio da análise visual dos vídeos gerados durante o período experimental realizada por três observadores treinados.

Antes da comparação entre os resultados obtidos pelo método computacional e pelo método manual (visual), foi realizada uma análise dos dados obtidos por três observadores treinados, através do método visual, buscando verificar se não houve uma discrepância muito grande entre os resultados obtidos por cada avaliador. Os dados de frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro foram comparados estatisticamente através do Teste de Kruskal-Wallis. Na Tabela 2.8 apresentam-se os resultados da comparação estatística entre os dados obtidos por cada observador em cada um dos tratamentos térmicos avaliados.

Tabela 2.8 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados de frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro (%) em cada um dos ambientes térmicos estudados, obtidos por cada observador (O1 – Observador 1; O2 – Observador 2 e O3 – Observador 3) e resultado do teste de Kruskal-Wallis

| <b>Ambiente Térmico</b> | <b>O1</b> | <b>O2</b> | <b>O3</b> | <b>Teste Kruskal-Wallis</b>         |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| Conforto Térmico        | 79,485    | 80,660    | 78,900    | H = 0,218 (p=0,897) <sup>n.s</sup>  |
| Frio Moderado           | 79,495    | 83,100    | 85,605    | H = 0,0116 (p=0,994) <sup>n.s</sup> |
| Frio Acentuado          | 74,905    | 76,700    | 78,725    | H = 0,255 (p=0,880) <sup>n.s</sup>  |

<sup>n.s</sup>Diferença estatística não significativa ao nível de significância  $\alpha = 5\%$

Observando os dados apresentados na Tabela 2.8, verifica-se que não houve diferença estatística significativa entre os resultados de frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro, verificados por cada observador nos diferentes tratamentos térmicos estudados.

Os dados de frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro, obtidos por meio do método computacional e por meio do método visual foram comparados estatisticamente através do Teste de Mann-Whitney. O resultado da comparação estatística entre os mencionados dados está descrito na Tabela 2.9.

Tabela 2.9 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados referente à frequência média de tempo despendido pelas aves no comedouro (%) em cada um dos ambientes térmicos estudados (Conforto Térmico, Frio Moderado, Frio Acentuado), obtidos pelo método computacional e pelo método visual

| <b>Ambiente Térmico</b> | <b>Método computacional</b> | <b>Método visual</b> |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Conforto Térmico        | 71,380 a                    | 79,180 a             |
| Frio Moderado           | 77,425 a                    | 80,715 a             |
| Frio Acentuado          | 74,790 a                    | 76,765 a             |

Medianas seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelo Teste de Mann-Whitney ao nível de 5 % de significância.

Verifica-se pelos dados de medida de tendência central (medianas) apresentados na Tabela 2.9, que não há diferença estatística significativa entre os dados obtidos através do método computacional e do método visual, demonstrando que o método computacional pode ser utilizado como uma importante ferramenta para a avaliação da frequência de uso do comedouro pelos animais.

Outros parâmetros que podem ser utilizados para avaliar a confiabilidade do método computacional em relação ao método manual correspondem à análise do erro percentual e da correlação verificada entre os dados obtidos pelos dois métodos.

Na Tabela 2.10 encontram-se apresentados os dados de frequência de uso do comedouro, obtidos pelo método manual (visual), e pelo método computacional e o erro percentual obtido pela comparação entre os dois métodos.

Tabela 2.10 – Frequência média de tempo despendido pelas aves no comedouro (%) em cada um dos ambientes térmicos estudados, obtidos pelo método computacional e pelo método manual

| <b>Ambiente Térmico</b> | <b>Método<br/>computacional</b> | <b>Método<br/>visual</b> | <b>Erro<br/>percentual</b> |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Conforto Térmico        | 72,76 ± 21,21                   | 75,30 ± 18,75            | 3,49                       |
| Frio Moderado           | 77,66 ± 16,75                   | 78,98 ± 16,89            | 1,70                       |
| Frio Acentuado          | 73,10 ± 16,95                   | 74,51 ± 16,60            | 1,92                       |

A partir da comparação entre os dados apresentados na Tabela 2.10 de frequência média de tempo despendido pelas aves no comedouro nas diferentes condições térmicas estudadas, obtidos através do método computacional e pelo método manual, observa-se que o método computacional mostrou-se confiável, apresentando baixo erro percentual, de aproximadamente 3,5%, entre os dados obtidos pelo método manual (visual) e o método computacional (algoritmo). O algoritmo apresentou desempenho similar ao verificado por Amaral (2012), que adotou metodologia semelhante, para avaliação do comportamento alimentar de codornas de corte, e observou um erro percentual entre a análise visual e a computacional de 6,03%.

Os dados de frequência de uso do comedouro obtidos pelo algoritmo além de baixo erro percentual, também apresentaram uma forte correlação com os dados obtidos pelo método visual, com Coeficiente de Correlação de Pearson ( $R = 0,9212$ ), como pode ser visto na Figura 2.24, demonstrando a confiabilidade dos dados obtidos através do algoritmo.

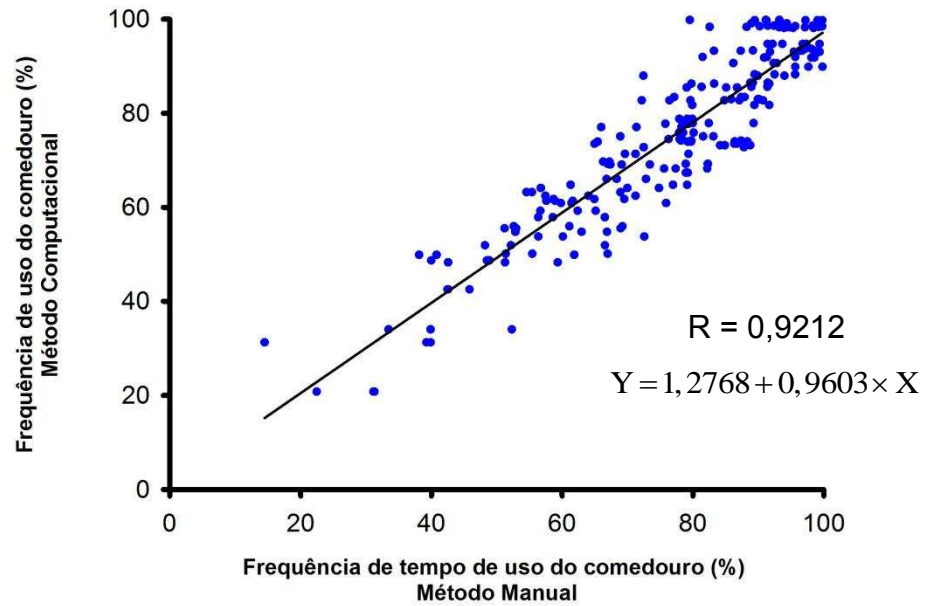


Figura 2.24 – Correlação entre os dados de frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro, observados pelo algoritmo e os dados observados pelo método visual

A outra variável utilizada para a avaliação do comportamento alimentar dos frangos foi o nível de utilização do comedouro.

O primeiro passo para a validação do algoritmo consistiu na comparação entre os resultados obtidos através do método visual, realizada pelos três observadores treinados, buscando verificar se não houve uma discrepância muito grande entre os resultados obtidos por cada avaliador. Os dados referentes ao grau de competição das aves por alimentos, verificados por cada observador em cada um dos tratamentos térmicos estudados foram comparados estatisticamente através do Teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 2.11 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados referentes aos níveis de utilização do comedouro pelas aves em cada tratamento térmico avaliado, obtidos por cada observador (O1 – Observador 1; O2 – Observador 2 e O3 – Observador 3) e resultado do teste estatístico de Kruskal-Wallis

| <b>Nível de utilização do comedouro: baixa utilização (1 – 4 animais)</b>     |           |           |           |                                     |
|---|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| <b>Tratamento</b>   | <b>O1</b> | <b>O2</b> | <b>O3</b> | <b>Teste Kruskal-Wallis</b>         |
| Conforto Térmico  | 59,835    | 61,960    | 61,345    | H = 5,964 (p=0,051) <sup>n.s</sup>  |
| Frio Moderado   | 56,640    | 58,300    | 58,265    | H = 2,578 (p=0,276) <sup>n.s</sup>  |
| Frio Acentuado  | 72,683    | 73,860    | 74,010    | H = 5,044 (p=0,080) <sup>n.s</sup>  |
| <b>Nível de utilização do comedouro: média utilização (5 – 8 animais)</b>     |           |           |           |                                     |
| <b>Tratamento</b>   | <b>O1</b> | <b>O2</b> | <b>O3</b> | <b>Teste Kruskal-Wallis</b>         |
| Conforto Térmico  | 15,295    | 14,355    | 13,820    | H = 0,0634 (p=0,969) <sup>n.s</sup> |
| Frio Moderado   | 20,855    | 22,820    | 22,400    | H = 4,727 (p=0,094) <sup>n.s</sup>  |
| Frio Acentuado  | 2,800     | 2,830     | 2,880     | H = 0,585 (p=0,746) <sup>n.s</sup>  |
| <b>Nível de utilização do comedouro: alta utilização (acima de 8 animais)</b> |           |           |           |                                     |
| <b>Tratamento</b>   | <b>O1</b> | <b>O2</b> | <b>O3</b> | <b>Teste Kruskal-Wallis</b>         |
| Conforto Térmico  | 0,530     | 0,290     | 0,285     | H = 3,327 (p=0,189) <sup>n.s</sup>  |
| Frio Moderado   | 0,885     | 0,910     | 0,935     | H = 0,392 (p=0,822) <sup>n.s</sup>  |
| Frio Acentuado  | 0,035     | 0,053     | 0,035     | H = 0,326 (p=0,850) <sup>n.s</sup>  |

<sup>n.s</sup>Diferença estatística não significativa ao nível de significância  $\alpha = 5\%$

Analisando a Tabela 2.11, verifica-se que não houve diferença estatística significativa entre os resultados da avaliação do nível de utilização do comedouro pelas aves, determinados por cada observador nos diferentes tratamentos térmicos estudados.

Os dados referentes à avaliação do nível de utilização do comedouro pelas aves obtidos por meio do método computacional foram comparados estatisticamente com os dados médios obtidos através do método visual, por meio do Teste de Mann-Whitney. O resultado da comparação estatística entre os dados determinados por ambos os métodos está descrito na Tabela 2.12.

Tabela 2.12 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados obtidos através do método computacional e do método visual, referentes à frequência de tempo onde verificou-se cada um dos níveis de utilização do comedouro pelas aves, nas diferentes condições térmicas estudadas

| <b>Ambiente<br/>Térmico</b> | <b>Nível de utilização do<br/>comedouro</b> | <b>Método<br/>Computacional</b> | <b>Método<br/>Visual</b> |
|-----------------------------|---|---------------------------------|--------------------------|
| <b>Conforto<br/>Térmico</b> | Baixa utilização                            | 58,435 a                        | 59,835 a                 |
|                             | Média utilização                            | 11,300 a                        | 15,295 a                 |
|                             | Alta utilização                             | 0,255 a                         | 0,530 a                  |
| <b>Frio<br/>Moderado</b>    | Baixa utilização                            | 55,220 a                        | 56,240 a                 |
|                             | Média utilização                            | 21,490 a                        | 20,315 a                 |
|                             | Alta utilização                             | 0,845 a                         | 0,885 a                  |
| <b>Frio<br/>Acentuado</b>   | Baixa utilização                            | 70,665 a                        | 70,500 a                 |
|                             | Média utilização                            | 2,220 a                         | 2,800 a                  |
|                             | Alta utilização                             | 0,01 a                          | 0,035 a                  |

Medianas seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelo Teste de Mann-Whitney ao nível de 5 % de significância.

Através dos dados de medida de tendência central (medianas) apresentados na Tabela 2.12, verifica-se que não houve diferença estatística significativa entre os dados obtidos através do método computacional e do método manual.

Outro parâmetro utilizado para a avaliação do método computacional, utilizado para a análise do grau de competição das aves por alimentos, foi o erro percentual, determinado através da comparação entre os dados obtidos pelo método computacional e pelo visual. Na Tabela 2.13 encontram-se apresentados os dados de frequência de tempo onde se verificou cada um dos níveis de utilização do comedouro pelas aves, obtidos pelo método manual (visual), e pelo método computacional e o erro percentual obtido pela comparação entre os dois métodos.

Tabela 2.13 - Comparação entre os dados médios de frequência de tempo onde foi verificado cada um dos níveis de competição das aves por alimentos, obtidos através do método computacional (algoritmo) e do método manual (visual)

| <b>Ambiente<br/>Térmico</b> | <b>Nível de competição<br/>das aves por alimentos</b> | <b>Método<br/>Computacional</b> | <b>Método<br/>Manual</b> | <b>Erro<br/>Percentual</b> |
|-----------------------------|---|---------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <b>Conforto<br/>Térmico</b> | Baixa utilização                                      | 59,19 ± 6,11                    | 59,21 ± 3,59             | 0,03                       |
|                             | Média utilização                                      | 13,12 ± 4,96                    | 15,96 ± 4,78             | 21,65                      |
|                             | Alta utilização                                       | 0,44 ± 0,55                     | 0,59 ± 0,42              | 34,10                      |
| <b>Frio<br/>Moderado</b>    | Baixa utilização                                      | 55,03 ± 6,12                    | 55,94 ± 3,76             | 1,65                       |
|                             | Média utilização                                      | 21,80 ± 4,06                    | 20,66 ± 2,07             | 5,23                       |
|                             | Alta utilização                                       | 0,82 ± 0,39                     | 0,89 ± 0,28              | 8,53                       |
| <b>Frio<br/>Acentuado</b>   | Baixa utilização                                      | 70,54 ± 3,83                    | 70,46 ± 3,37             | 0,11                       |
|                             | Média utilização                                      | 2,50 ± 1,37                     | 2,58 ± 0,54              | 3,20                       |
|                             | Alta utilização                                       | 0,068 ± 0,19                    | 0,078 ± 0,11             | 14,71                      |
|                             |   |                                 | <b>Média</b>             | <b>9,91</b>                |

Observa-se por meio da análise da Tabela 2.13, que o algoritmo implementado para avaliar o grau de utilização do comedouro pelas aves mostrou-se confiável, apresentando um baixo erro percentual (9,91%), entre os dados obtidos através do algoritmo e através do método manual (visual).

O algoritmo demonstrou desempenho semelhante ao verificado por Mogami (2009), que utilizou metodologia semelhante para avaliar a competição entre frangos de corte no comedouro, através da análise de imagens digitais e observou um erro percentual médio de 11,6%, entre a classificação visual e os resultados obtidos através do algoritmo implementado.

Na Figura 2.25 encontram-se apresentadas graficamente, a correlação entre os dados de frequência de tempo onde foi verificado cada um dos níveis de utilização do comedouro obtidos por meio dos dois métodos de análise.

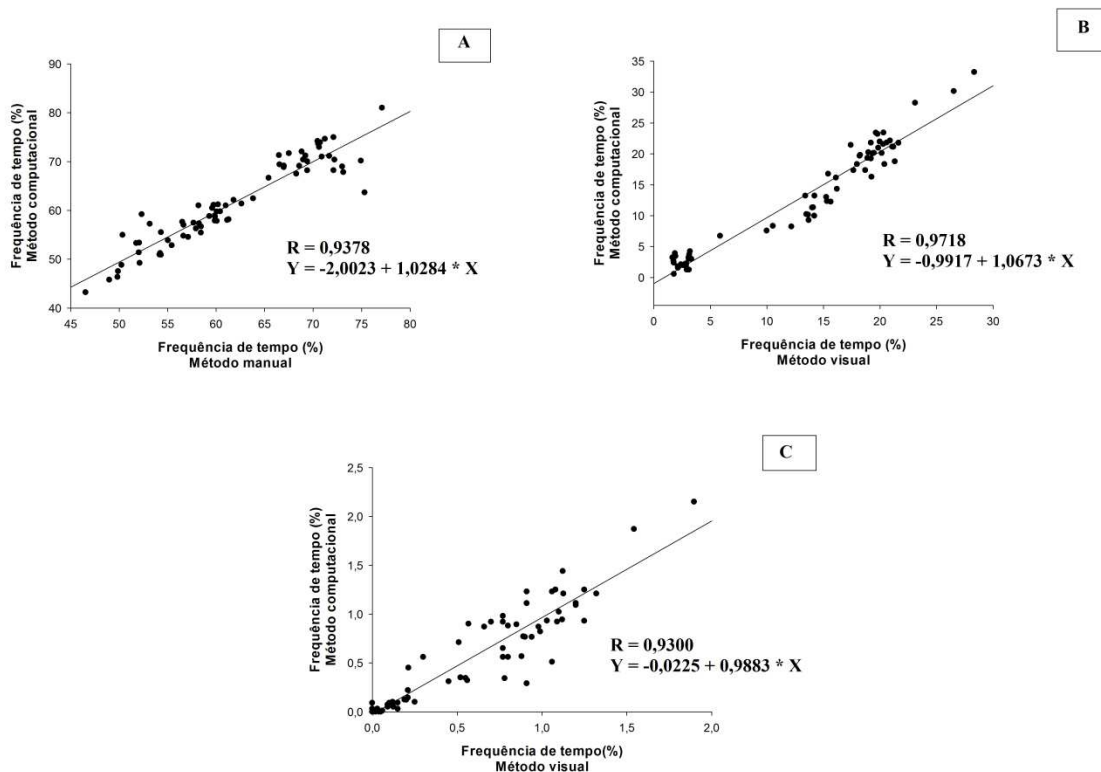


Figura 2.25 – Correlação entre os dados referentes ao nível de utilização do comedouro estimados pelo algoritmo e os dados observados pelo método visual. A: Baixa utilização do comedouro (1 - 4 animais); B: Média utilização do comedouro (5 – 8 animais); C: Alta utilização do comedouro (acima de 8 animais).

Verifica-se, pela análise da Figura 2.25, que independente do nível de utilização do comedouro avaliado, há sempre uma forte correlação entre os dados obtidos pelo algoritmo e os dados obtidos pelo método visual, com coeficiente de correlação de Pearson sempre acima de 0,90.

## 2.4 Conclusões

Da forma como foi conduzida esta pesquisa e pelos resultados obtidos pode-se concluir que:

- Estatisticamente as condições térmicas impostas (conforto térmico, frio moderado e frio acentuado), não apresentaram influência sobre a frequência de tempo despendido pelas aves no comedouro.
- O ambiente térmico influenciou no nível de utilização do comedouro, sendo verificada na condição de frio acentuado as menores taxas de utilização do comedouro.

- Em relação aos dados referentes à análise comportamental das aves, obtidos através do método computacional e do visual, observa-se que não houve diferença estatística significativa entre os dois métodos.
- O método computacional implementado para a avaliação do comportamento alimentar das aves, mostrou-se uma metodologia confiável, com um baixo erro percentual (para a avaliação do tempo despendido pelas aves no comedouro; e em relação a análise do nível de utilização do comedouro) além de uma forte correlação com os dados obtidos através da análise pelo método visual.

## 2.5 Referências Bibliográficas

ABREU, P. G DE.; ABREU, V. M. N. Conforto Térmico para aves. **Comunicado Técnico – 365 Embrapa Aves e Suínos**, 2004. Concórdia - SC.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G de. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1-14, 2011.

AMARAL, A. G. DO. **Processamento de imagens digitais para avaliação do comportamento e determinação do conforto térmico de codornas de corte**. Viçosa: UFV, 2012. 82p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2012.

BELUSSO, D.; HESPANHOL, A. N. A evolução da avicultura industrial brasileira e seus efeitos territoriais. **Revista Percurso**, v.2, n.1, p. 25 – 51. Maringá – PR. 2010.

BUFFINGTON, D.E.; COLLIER, R.J.; CANTON, G.H. Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1982. 16 p.(Paper 82-4061).

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: Princípios e aplicações**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2003. 251p.

CASSUCE, D. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; VIEIRA, M. F. F. A. Thermal comfort temperature up date for broiler chicken up to 21 days of age. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.1, p. 28 – 36, 2013.

CORDEIRO, M. B. **Análise de imagens na avaliação do comportamento, do bem-estar e do desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento**. Viçosa: UFV, 2007. 111p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2007.

CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; MESQUITA FILHO, R. M. de; SOUSA,

F. C. de. Análise de imagens digitais para avaliação do comportamento de pintos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.3, p. 418 – 426, maio/jun. 2011

FURLAN, R. L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: **VII Simpósio Brasil Sul de Avicultura**, Chapecó – SC, 2006.

GOMES, J. S.; MATONO, D.; SMANIOTTO, B. D.; VALEZE, L. D.; BAZZO, I. C.; RODOVALHO, M. V. T. SGARBORA, S. H. P. V. Estresse térmico na avicultura. In: X Congresso de Iniciação Científica da Faculdades Integradas de Ourinhos, 2011, Ourinhos. **Anais...** Ourinhos: X CIC – FIO, 2011.

LIMA, F. P.; JUEEN, L.; MARCO JUNIOR, P. de. **Material de apoio para análises estatísticas**. Goiânia, 2009. 51p.

MENEGALI, I.; TINOCO, I. F. F.; CARVALHO, C. DA C. S.; SOUZA, C. de F.; MARTINS, J. H. Comportamento de variáveis climáticas em sistemas de ventilação mínima para produção de pintos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 106–113, 2013.

MOGAMI, C. A. **Desenvolvimento de metodologia para a determinação do bem-estar e massa corporal de frangos de corte por meio de análise digital de imagens**. Viçosa: UFV, 2009. 101p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2009.

NAVAS, T. DE. O. **Estresse por calor na produção de frangos de corte**, 2014. Goiânia: UFG, 2014. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Zootecnia). Universidade Federal de Goiás, 2014.

POCINHO, M.; FIGUEIREDO, J. P. **Estatística e Bioestatística**. Brasil, 2004. 139p. Disponível em: <<http://docslide.com.br/documents/bioestatistica-e-estatistica-margarida-pocinho-e-joao-paulo-figueiredo.html>> . .

SALTORATTO, A. Y. K.; SILVA, F. A da.; CAMARGO, A. C. A. C.; SILVA, P. C. G da.; SOUZA, L. F. A. de. Monitoramento da avicultura a partir de técnicas de visão computacional. **Colloquium Exactarum**, v.5, n.2, p. 47 – 66, jul/dez. 2013.

SANTANA, M. C. A.; CAVALI, J.; MODESTO, V. C. Influência do clima em animais de interesse zootécnico. **Revista Científica**, n.1, p.86 – 98, 2014.

SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T.; FERRAZ, P. F. P.; CAMPOS, A. T.; SILVA, G. R. E.; ABREU, L. H. P. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.390 – 396. Maio/jun. 2015 SCURI, A. E. Fundamentos da Imagem Digital Tecgraf/PUC-Rio. , 1999.

SEVEGNANI, K. B.; CAROR, I. W.; PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O. DA; MOURA, D. J. DE. Zootecnia de precisão: análise de imagens no estudo do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 115–119, . Campina Grande – PB. 2005

SILVA, I. J. O. DA. **Contribuições à Zootecnia de Precisão na produção industrial de aves e suínos no Brasil.** . ESALQ – USP. Piracicaba – SP, 2007. 140p.

SOLOMON, C.; BRECKON, T.; SOUZA, J. R. **Fundamentos de processamento digital de imagens: uma abordagem prática com exemplos em Matlab.** Rio de Janeiro: LTC editora, 2013.

THOM, E. C. The discomfort index. **Wheaterewise**, Boston, v.12, n.1, p. 57-60, 1959.

TINÔCO, I. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas – SP, v.3, n.1, p. 1 – 26, 2001.

VIALI, L. **Testes de hipóteses não paramétricos.** Apostila. Departamento de Estatística – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008. 43p.

## CAPÍTULO III

### **Estimativa do ganho de massa corporal de frangos de corte na fase inicial de criação, submetidos a diferentes condições de temperatura, através de análise de imagens digitais**

**Resumo:** O ganho de peso dos animais é uma das variáveis que pode ser utilizada como indicativo do desempenho produtivo de um lote de frangos de corte, servindo também como um parâmetro para avaliar os efeitos do ambiente térmico sobre o desempenho dos mesmos. O ganho de peso é convencionalmente verificado pela diferença entre o peso médio final e inicial das aves em um determinado período de tempo. O procedimento de pesagem das aves em um aviário é uma operação considerada geralmente exaustiva e demorada, e sempre provoca estresse aos animais e aos trabalhadores envolvidos, dificultando com que o processo ocorra com a melhor frequência demandada por uma atividade de período tão curto de criação, como a avicultura de corte. Para evitar o estresse provocado aos animais durante o processo de pesagem para avaliação do ganho de peso corporal, podem-se propor modelos para a estimativa do ganho de massa corporal das aves, através da análise de imagens, esses modelos apresentam algumas vantagens em relação ao método tradicional, por meio da pesagem manual dos animais, dentre as quais podemos destacar a determinação automática da massa corporal dos animais, possibilidade de monitoramento on-line, além de reduzir o estresse provocado aos animais e aos trabalhadores envolvidos no procedimento. O objetivo deste trabalho consistiu em desenvolver um algoritmo para determinar o aumento da área de superfície corporal de frangos de corte, através de análise de imagens digitais e estimar o seu ganho de massa corporal, com base no aumento de sua área de superfície corporal e de sua idade. As imagens referentes ao monitoramento das atividades dos animais foram processadas e analisadas com auxílio do programa computacional MATLAB 7.9<sup>®</sup>, de onde foram extraídas informações referentes à área de superfície corporal dos frangos, que foram utilizadas para a estimativa o ganho de massa corporal dos mesmos. O modelo escolhido para representar a variação do ganho de

massa corporal das aves, em função da sua idade e do aumento de sua área de superfície corporal, foi o Lorentziano. Verificou-se que o ganho de peso e o aumento da área de superfície corporal das aves apresentaram um comportamento crescente ao longo das semanas de criação independente do ambiente térmico aos quais os animais se encontravam. O modelo para a estimativa do ganho de massa corporal das aves com base na sua idade e no aumento de sua área de superfície corporal mostrou-se adequado, apresentando um coeficiente de determinação significativo, com  $R^2$  igual a 0,9995, além disso, a análise de variância da regressão e a avaliação dos parâmetros da regressão foram significativas com ( $p < 0,05$ ). Observou-se a confiabilidade do modelo proposto pelo seu baixo erro percentual, em média 0,7%, e alta correlação  $R = 0,9998$  entre os dados obtidos pelo modelo e pela pesagem manual. Verificou-se que o modelo proposto para a estimativa do ganho de massa corporal de frangos de corte pode ser utilizado como uma importante ferramenta no gerenciamento da produção avícola.

**Palavras chaves:** Ambiente térmico; Desempenho produtivo; Zootecnia de precisão.

**Abstract:** The animal weight gain is one of the variables that can be used as an indicator of productive performance of a batch of broiler chickens, also serving as a parameter to evaluate the effects of the thermal environment on the performance thereof. Weight gain is conventionally verified by the difference between the initial and final average weight of the birds in a certain period of time. The weighing procedure of the birds in an aviary is a transaction considered generally thorough and time-consuming, and always causes stress to animals and workers involved, hindering the process to take place with the best frequency demanded by such a short breeding period of activity, such as poultry production. To prevent the stress caused to the animals during the weighing process to evaluate the weight gain, it can be proposed models to estimate the body mass gain of the birds through image analysis, these designs have some advantages over traditional method, by means of manual weighing of animals, among which we can highlight the automatic determination of animal body weight, possibility of online

monitoring and reduce the stress to animals and workers involved in the procedure. The aim of this study was to develop an algorithm to determine the increase of surface body area of broilers through digital image analysis and estimate their body mass gain, based on the increase of your body surface area and your age. The images relating to the monitoring of the activities of the animals were processed and analyzed using the computer program MATLAB 7.9<sup>®</sup>, from which they were extracted information regarding the body surface area of the chickens, which were used to estimate the body mass gain thereof. The model chosen to represent the variation in body weight gain of birds, due on their age and of the increase your body surface area, was the Lorentzian. It was found that weight gain and increased body surface area of the birds showed an increasing trend over the weeks of independent creation of the thermal environment to which the animals were created. The model for the estimate of body weight gain of the birds on the basis of his age and the increase of its body surface area was adequate, with a mean coefficient of determination, with  $R^2$  equal to 0.9995, in addition, regression analysis of variance and evaluation of the regression parameters were significant with ( $p < 0.05$ ). Note the reliability of the proposed model through your low error percentage, on average 0.7%, and high correlation  $R = 0.9998$  between the data obtained by the model and the manual weighing. The proposed model for estimating the body weight gain of broilers can be used as an important tool in the management of broilers production.

**Key words:** Precision animal; Productive performance; Thermal environment

### **3.1 Introdução**

O Brasil vem se consolidando, nas últimas décadas, como um dos líderes mundiais no setor de produção animal. Segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA (2015), o Brasil figura entre os maiores produtores/exportadores mundiais de carne de frango.

De acordo com Belusso e Hespanhol (2010), a evolução da avicultura industrial brasileira, principalmente na primeira década do século XXI, foi

influenciada principalmente por demandas comerciais e produtivas, que impulsionaram a expansão do setor avícola para diversas áreas do Brasil.

O sucesso produtivo de um sistema de criação de frangos de corte, depende de uma gama de fatores, dentre os quais pode-se destacar, as condições sanitárias e instalações adequadas, além de questões relacionadas a nutrição e manejo (FLEMMING et al., 2002).

Pereira (2007), descreve que o desempenho de frangos de corte é influenciado significativamente pela temperatura ambiente, onde em condições desfavoráveis tem o seu consumo de ração afetado, prejudicando o seu ganho de peso e sua conversão alimentar.

Carvalho et al. (2009), afirmam que o desempenho produtivo das aves está relacionado as condições ambientais oferecidas, e pode ser avaliado através da análise de determinados índices zootécnicos, como o ganho de peso, o consumo de ração, a conversão alimentar e a taxa de mortalidade.

Segundo Amaral (2012), o ganho de peso dos animais além de ser uma variável que serve de indicativo sobre o desempenho do lote de criação, também serve como parâmetro para a análise do efeito do ambiente térmico sobre o desempenho produtivo das aves.

De forma geral o ganho de peso das aves é aferido semanalmente através da pesagem manual dos animais, utilizando uma amostra representativa do total de animais alojados no galpão para a análise. Porém esse é um procedimento que provoca estresse aos animais e aos trabalhadores envolvidos, o que reduz a eficiência do processo.

Mogami (2009), sugere que para evitar o estresse provocado aos animais durante o processo de pesagem para avaliação do ganho de peso corporal, pode-se propor modelos para a estimativa do ganho de massa corporal das aves, através da análise de imagens coletadas no interior das instalações de criação. Esses modelos para a estimativa do ganho de peso dos animais através de técnicas de análise de imagens apresentam algumas vantagens em relação ao método tradicional, por meio da pesagem manual dos animais. Dentre essas vantagens podemos destacar a determinação automática da massa corporal dos animais, possibilidade de monitoramento on-line, além de reduzir o estresse provocado aos animais e aos trabalhadores envolvidos no procedimento.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho consiste em desenvolver um algoritmo para determinar o aumento da área de superfície corporal de frangos de corte, através de análise de imagens digitais e estimar a massa corporal das aves baseado no aumento de sua área de superfície corporal e de sua idade.

## **3.2 Metodologia**

### **3.2.1 Considerações gerais**

Para a estimativa do ganho de massa corporal das aves, com base no aumento de sua área de superfície corporal, verificada pela contagem semanal de pixels nas imagens, foi coletado um banco de dados, contendo as variáveis térmicas do ambiente (temperatura e umidade relativa do ar), variáveis de desempenho produtivo dos animais (ganho de peso, peso corporal) e as imagens digitais referentes ao monitoramento das atividades dos animais. Esse banco de dados foi obtido ao longo de um experimento realizado em câmaras climáticas, pertencentes ao Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agrícolas (AMBIAGRO), do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, localizado no município de Viçosa – Minas Gerais, sob as seguintes coordenadas: latitude 20° 45' Sul e longitude 45°52' Oeste, com altitude média de 712 metros e condição climática caracterizada por inverno frio e seco e verão quente e úmido.

As câmaras climáticas do Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agrícolas (AMBIAGRO) apresentam as seguintes características dimensionais: 3,2 m de comprimento por 2,44 metros de largura, e pé direito de 2,38 metros. Cada uma das câmaras climáticas é equipada com um aquecedor de ar de resistência elétrica (2000 W de potência), um condicionador de ar tipo Split quente/frio de 12000 BTU/h e um umidificador de ar com capacidade de 4,5 L e débito de névoa de 300 ml/hora, e dois exaustores axiais AMB (modelo FD08025S1M; DC 12v; 0,15A), que são responsáveis pela renovação do ar no interior das câmaras climáticas durante o período experimental, como pode ser visto na Figura

3.1. O aquecedor e o umidificador são operados por meio de um controlador eletrônico MT – 531 Rplus, de temperatura e umidade que apresenta as seguintes especificações: temperatura de controle variando de -10°C à 70°C com resolução de 0,1°C e umidade de controle variando de 20% à 85% com resolução de 0,1%.



Figura 3.1 – Vista interna das câmaras climáticas com destaque para os equipamentos utilizados para o acondicionamento térmico do ambiente: 1 – Aquecedor; 2 – Umidificador; 3 ar condicionado; 4 – Controlador eletrônico; 5 - Exaustores.

Cada câmara climática conta ainda com quatro câmeras de vídeo (com resolução mínima de 420 linhas, lente com distância focal de 3,6mm, que são conectadas a um microcomputador por meio de duas placas de captura de imagem de 16 canais), instaladas no teto da câmara climática, acima da parte central de cada gaiola, como pode ser visto na Figura 3.2.

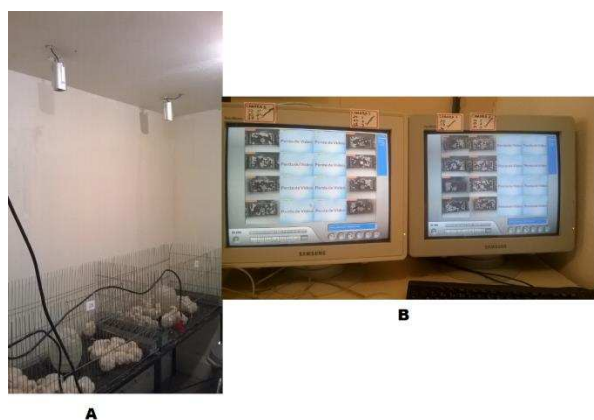


Figura 3.2 – A: Posição das câmeras de vídeo no interior das câmaras climáticas; B: Software para aquisição das imagens.

### 3.2.2 Descrição do experimento

O presente experimento foi conduzido seguindo as diretrizes estabelecidas pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Viçosa, com o protocolo de registro número 74/2014.

Foi utilizado no presente experimento, um total de 360 pintinhos de corte, machos da linhagem Cobb, com idade inicial de 1 dia, oriundos de um mesmo lote de matrizes e apresentando peso uniforme.

Foram alojados 30 animais por gaiola (dimensões da gaiola: 50,5 cm de largura por 98 cm de comprimento), respeitando uma densidade de 60 aves por metro quadrado.

Foram alojadas 120 aves divididas em 4 gaiolas em cada uma das câmaras climáticas, conforme indicado na Figura 3.3. Os animais receberam água e ração à vontade ao longo de todo o período experimental.



Figura 3.3 – Disposição das gaiolas nas câmaras climáticas

Os animais foram submetidos a três condições térmicas, constituídas de três diferentes temperaturas que variavam em função de sua idade (semanas), de acordo com o apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Tratamentos (Temperaturas testadas em função da idade das aves)

| Tratamentos                   | Temperatura (°C) |           |           |
|-------------------------------|------------------|-----------|-----------|
|                               | 1ª Semana        | 2ª Semana | 3ª Semana |
| <b>T1 – Conforto Térmico*</b> | 30               | 27        | 24        |
| <b>T2 – Frio Moderado</b>     | 24               | 21        | 18        |
| <b>T3 – Frio Acentuado</b>    | 22               | 19        | 16        |

\*Conforto Térmico estabelecido com base nos resultados verificados por Cassuce et al. (2013)

### 3.2.3 Dados históricos

A estimativa do ganho de massa corporal das aves foi realizada com base nos dados contidos no banco de dados coletados ao longo do experimento supracitado, contendo informações sobre o ambiente térmico (temperatura do ar e umidade relativa do ar), sobre o desempenho produtivo dos animais (ganho de peso e peso corporal) e sobre o monitoramento das atividades dos animais (vídeos).

#### 3.2.3.1 Ambiente térmico

Para a caracterização do ambiente térmico de criação, levou-se em consideração o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), o qual pode ser calculado através da Equação 3.1 proposta por Thom (1959):

$$ITU = T_{ar} + 0,36 \times T_{po} + 41,5 \quad \text{[Equação 3.1]}$$

Onde:

ITU – Índice de Temperatura e Umidade;

$T_{ar}$  – Temperatura do ar (°C);

$T_{po}$  – Temperatura de ponto de orvalho (°C).

Para o cálculo do ITU, foram coletados com auxílio de dataloggers HOBO® modelo U14-002, dados diários de temperatura e umidade relativa do ar, ao longo de todo o período experimental.

#### 3.2.3.2 Desempenho produtivo das aves

O desempenho produtivo das aves (ganho de peso) foi verificado semanalmente. Para isso os animais foram pesados no início do experimento, ou seja, com idade de 1 dia, para a determinação do peso inicial das amostras, e foram pesados novamente a cada intervalo de 7 dias, para a verificação do ganho de peso semanal dos animais. O ganho de peso foi determinado então pela diferença entre o peso médio dos animais na semana anterior e o peso médio dos animais na semana atual, conforme indicado na Equação 3.2.

$$GP = P_{sem.atual} - P_{sem.anterior} \quad \text{[Equação 3.2]}$$

Onde:

GP – Ganho de peso médio dos animais (g);

$P_{\text{sem.ant.}}$  – Peso médio dos animais na semana anterior (g);

$P_{\text{sem.atual}}$  – Peso médio dos animais na semana atual (g)

### 3.2.3.3 Imagens coletada

Os animais tiveram suas atividades monitoradas ao longo de todo o período experimental, por meio de filmagens. Os vídeos gerados apresentavam uma taxa de 30 frames por segundo, e as imagens extraídas dos vídeos foram posteriormente analisadas para a determinação do ganho de massa corporal dos animais.

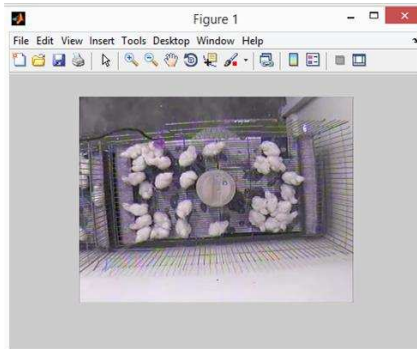


Figura 3.4 – Imagens extraídas dos vídeos e utilizadas para a determinação do ganho de massa corporal de frangos de corte

### 3.2.4 Estimativa do ganho de peso corporal dos frangos

O ganho de peso corporal das aves foi determinado com base na análise do aumento de sua área de superfície corporal, verificada através da análise das imagens digitais coletadas durante o período experimental. As imagens foram analisadas com o auxílio do programa computacional MATLAB 7.9®.

Para verificar a área superficial de cada animal, foi realizada a contagem de pixels de uma ave em cada imagem analisada, onde o valor médio dos pixels da ave correspondeu à área ocupada por ela na imagem.

O aumento da área de superfície corporal das aves foi verificado pela diferença entre o número médio de pixels, referente a uma ave na imagem,

na semana atual e na semana anterior, conforme descrito na Equação 3.3. Para verificar esse aumento semanal da área de superfície corporal dos frangos, foram analisadas imagens correspondentes ao primeiro, sétimo, décimo quarto e vigésimo primeiro dias de criação dos animais.

$$\text{AASC} = \text{Pixels}_{\text{atual}} - \text{Pixels}_{\text{anterior}} \quad \text{[Equação 3.3]}$$

Onde:

AASC – Aumento da área de superfície corporal das aves;

$\text{Pixels}_{\text{atual}}$  – Número médio de pixels referentes a uma ave nas imagens analisadas na semana atual;

$\text{Pixels}_{\text{anterior}}$  – Número médio de pixels referentes a uma ave nas imagens analisadas na semana anterior.

Para o processamento, foram utilizadas 45 imagens por dia, selecionadas aleatoriamente, referentes aos três tratamentos estudados, correspondendo a 15 imagens por tratamento. Foram coletadas imagens referentes a 4 dias de observação, resultando em um total de 180 imagens.

As imagens foram coletadas entre as 10:00 e às 12:00. Esse horário foi estabelecido em função do manejo adotado, que impedia a avaliação dos vídeos gerados fora desse período, uma vez que era frequente a presença dos pesquisadores nas câmaras climáticas, em função do trato dos animais, fornecendo água e ração, além da coleta de dados referentes às pesquisas desenvolvidas, o que vinha a influenciar na qualidade dos vídeos gravados.

Foram selecionadas, aleatoriamente, 2 imagens individuais dos frangos a partir de cada imagem original (Figura 3.2), totalizando 30 imagens individuais por tratamento e 90 por dia analisado.

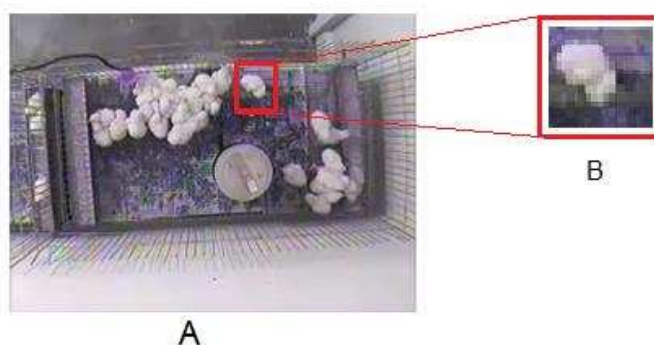


Figura 3.5 – A: Imagem original; B: Imagem individual do frango obtida a partir da imagem original

Essas imagens individuais dos frangos, extraídas das imagens originais, foram utilizadas no algoritmo para verificar o aumento médio semanal de área de superfície corporal dos animais, com base no aumento médio de pixels referentes ao frango na imagem ao longo da semana.

Os dados de aumento de área de superfície corporal das aves obtidos a partir da análise das imagens foram posteriormente comparados através de análise de correlação com os dados semanais de desempenho zootécnico dos animais (ganho de peso).

### 3.2.5 Processamento das imagens

A primeira etapa do processamento das imagens constituiu na edição dos vídeos gerados ao longo do período experimental, onde foram eliminados aqueles obtidos nos períodos onde foi verificada a presença dos pesquisadores no interior das câmaras climáticas. Esse processo foi realizado com auxílio do programa computacional Windows Movie Maker 2012<sup>®</sup>, como pode ser visto na Figura 3.6.

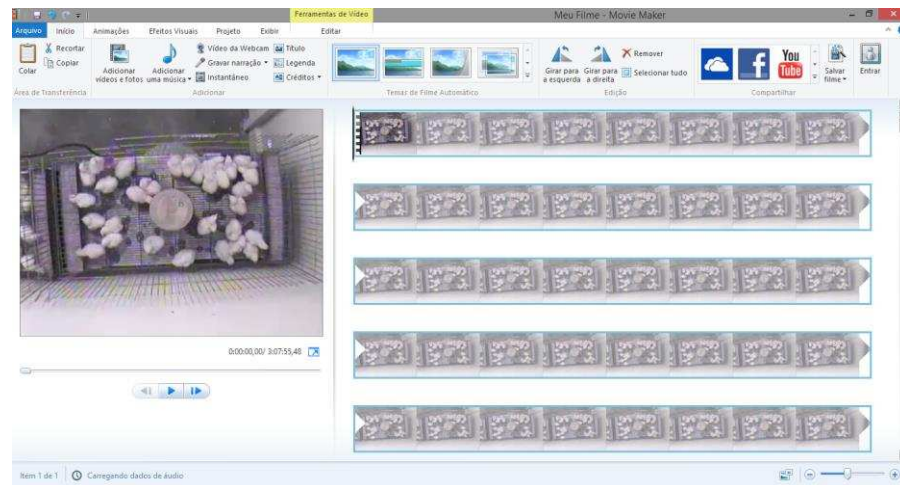


Figura 3.6 – Edição dos vídeos gerados ao longo do período experimental utilizando o Windows Movie Maker

Em seguida foi realizada a transformação dos vídeos em frames, onde cada vídeo apresentava uma taxa de 30 frames por segundo. Esse processo se deu com auxílio do software Free Vídeo to JPG Converter 6.5<sup>®</sup>.

Após a extração dos frames dos vídeos, foram selecionadas aleatoriamente 15 imagens de cada tratamento estudado, resultando em um total de 45 imagens por dia de análise.

De cada uma dessas imagens selecionadas, foram extraídas duas imagens individuais das aves, o que resulta em um total de 90 imagens individuais das aves por dia de análise. Sendo um total de 4 dias de análise foram então utilizadas para a determinação do aumento de área superficial dos frangos um total de 360 imagens.

As imagens individuais dos frangos foram extraídas e tratadas, visando homogeneizar a imagem deixando apenas uma ave na imagem padrão, no Software GIPM 2.8<sup>®</sup> (Figura 3.8), preparando as imagens para o processamento e para a determinação da área de superfície corporal dos frangos em função do seu número de pixels.

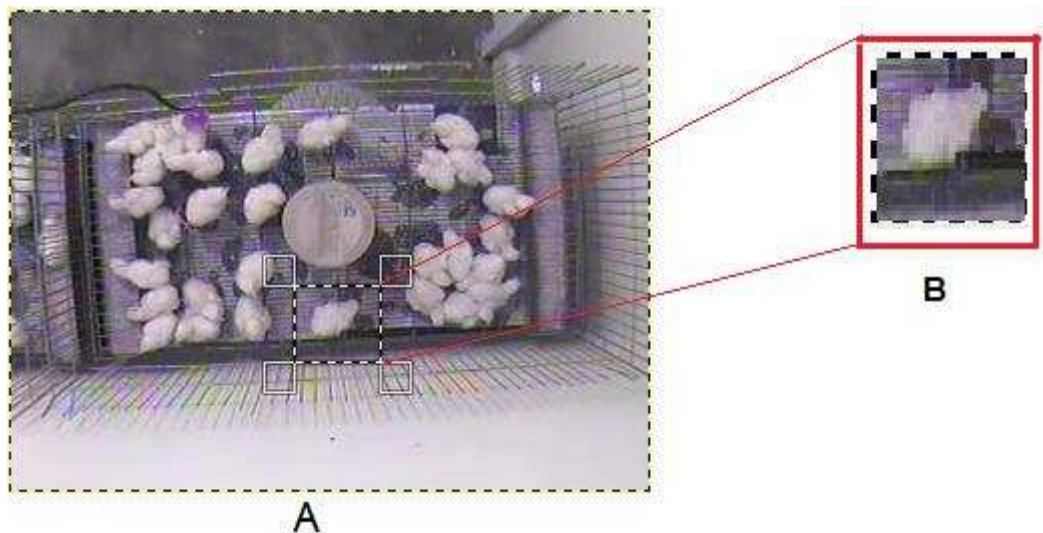


Figura 3.8 – A: seleção da imagem individual da ave para ser extraída a partir da imagem original; B: imagem individual da ave extraída a partir da imagem original

Após a extração das imagens individuais dos frangos, foi implementado um algoritmo no Programa Computacional MATLAB 7.9<sup>®</sup> para o processamento dessas imagens e a determinação da área de superfície corporal das aves, baseado no seu número de pixels.

A Figura 3.9 representa de forma esquemática as etapas seguidas no processamento das imagens.

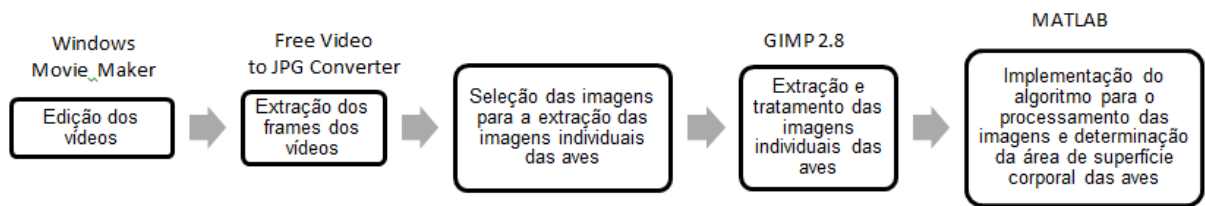


Figura 3.9 – Fluxograma das etapas do processamento das imagens e programas computacionais utilizados para execução de cada etapa

### 3.2.6 Descrição do algoritmo

O algoritmo para o processamento das imagens e determinação da área de superfície corporal das aves foi implementado no MATLAB 7.9<sup>®</sup>, e consiste nas etapas descritas na Figura 3.10.

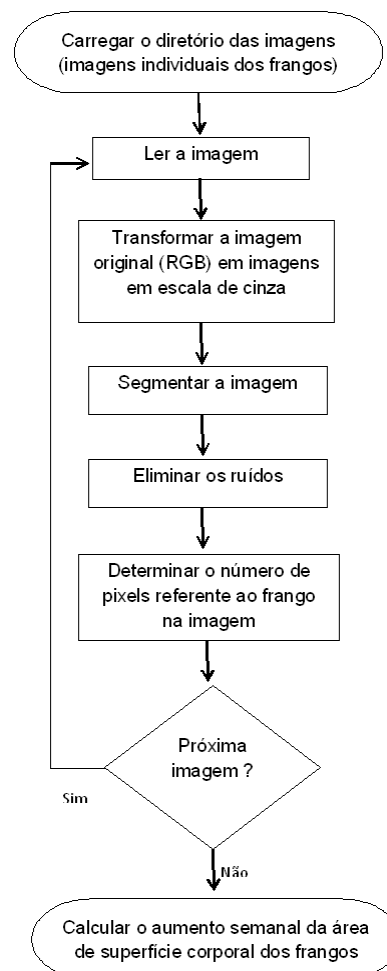


Figura 3.10 – Fluxograma de implementação do algoritmo para o processamento das imagens e determinação da área de superfície corporal das aves

O primeiro passo da implementação do algoritmo consistiu em carregar o diretório das imagens no programa. Em seguida as imagens

originais (RGB) foram convertidas em imagens em escala de cinza como pode ser observado na Figura 3.11. Nesta etapa do algoritmo utilizou-se o comando “rgb2gray” do MATLAB®, que converte as imagens (RGB) em tons de cinza, eliminando as informações de matriz e saturação, porém mantendo a luminância. O comando “rgb2gray” converte os valores de RGB para tons de cinza, com base na soma ponderada dos componentes RGB, conforme indicado na Equação 3.4 (SOLOMON et al., 2013).

$$I_{ec}(n, m) = aI_{RGB}(n, m, r) + bI_{RGB}(n, m, g) + cI_{RGB}(n, m, b) \quad \text{[Equação 3.4]}$$

Onde:

$I_{escala\ de\ cinza}$  – Imagem em escala de cinza;

$I_{RGB}$  – Imagem em cores;

$(n, m)$  – Designa a posição de um pixel na imagem em escala de cinza;

$(n, m, r)$  – Canal de cor vermelho na posição do pixel;

$(n, m, g)$  – Canal de cor verde na posição do pixel;

$(n, m, b)$  – Canal de cor azul na posição do pixel;

$(a, b, c)$  – Coeficientes de ponderação  $a = 0,2989$ ,  $b = 0,5870$ ,  $c = 0,1140$ .



Figura 3.11 – A: Imagem original (RGB); B: Imagem transformada para tons de cinza

Na etapa seguinte do algoritmo foi determinado o valor do limiar ideal para o processo de segmentação da imagem. Para a determinação do limiar ideal, foi realizada a análise do histograma dos tons de cinza da imagem, onde verificou-se a região de maior frequência no histograma, e a partir desse valor, aplicado à Equação 3.5, foi definido o valor do limiar utilizado no processo de segmentação das imagens.

$$L = \frac{h}{255} \quad \text{[Equação 3.5]}$$

Onde:

L – Valor do limiar ideal;

h – Valor verificado na análise do histograma;

255 – Constante (níveis de tons de cinza);

Após determinado o valor do limiar ideal, foi realizado o processo de segmentação das imagens, onde as imagens foram binarizadas com base no limiar ótimo estabelecido (Figura 3.12). Essa etapa foi executada utilizando-se o comando “im2bw” do MATLAB®, através do qual a imagem em tons de cinza é convertida para uma imagem binária. O objetivo do processo de segmentação consistiu em separar o fundo, do objeto, ou seja, separar o frango, que passa a ser representado por pixels no valor unitário (branco), dos outros elementos da imagem, que após a segmentação passaram a ser representado por pixels de valor zero (preto), conforme mostrado na Equação 3.6.

$$g(x, y) \begin{cases} = 1 \text{ se } f(x, y) \geq L \\ = 0 \text{ se } f(x, y) < L \end{cases} \quad \text{[Equação 3.6]}$$

Onde:

$g(x, y)$  – Imagem de saída (binarizada);

$f(x, y)$  – Imagem de entrada em níveis de cinza;

L – Limiar utilizado para o processo de binarização da imagem.

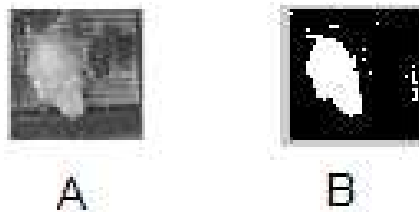


Figura 3.12 – A: Imagem original em escala de cinza; B: Imagem binarizada após o processo de segmentação

Pode-se observar na Figura 3.12B, que após o processo de segmentação, é comum a presença de alguns ruídos nas imagens. Esses ruídos devem ser eliminados para evitar problemas nas etapas posteriores do processamento. Os ruídos foram eliminados (Figura 3.13) através da aplicação de um processo de abertura, que corresponde a uma operação

morfológica de erosão seguida de dilatação com o mesmo elemento estrutural, conforme indicado na Equação 3.7.

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad \text{[Equação 3.7]}$$

Onde:

A – Imagem;

B – Elemento estruturante;

$\circ$  - Operação de abertura;

$\ominus$  – Operação de erosão;

$\oplus$  - Operação de dilatação;

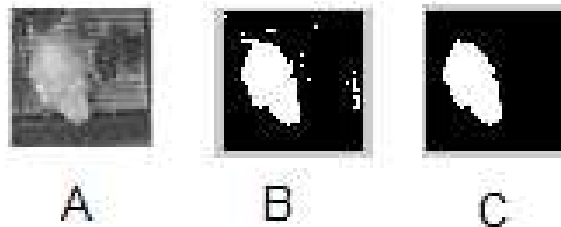


Figura 3.13 – A: Imagem original em escala de cinza; B: Imagem binarizada após o processo de segmentação; C: Imagem sem ruído

Após a eliminação dos ruídos, foi verificado o número de pixels referentes à ave na imagem, ou seja, o número de pixels de valor unitário (brancos) presentes na imagem, e verificado o aumento da área de superfície corporal dos animais ao longo da semana.

### 3.2.7 Análise estatística

Para a elaboração do modelo matemático, usado para estimativa do ganho de massa corporal das aves, em função de sua idade e do aumento de sua área de superfície corporal, foram coletados dados semanais de ganho de peso e de aumento da área de superfície corporal dos animais em cada um dos ambientes térmicos avaliados.

Esses dados foram submetidos à regressão não linear, utilizando o Software SigmaPlot 12<sup>®</sup>. O modelo escolhido para representar a variação do ganho de massa corporal das aves, em função da sua idade e do aumento de sua área de superfície corporal, foi o Lorentziano, representado pela seguinte expressão:

$$f = \frac{a}{\left\{ \left( 1 + \left( \frac{x - x_0}{b} \right)^2 \right) \times \left( 1 + \left( \frac{y - y_0}{c} \right)^2 \right) \right\}}$$

[Equação 3.8]

Onde:

f – Variável de resposta;

x e y – Variáveis preditoras;

a, b, c,  $x_0$  e  $y_0$  – parâmetros do modelo.

O modelo foi avaliado, com base na significância da regressão e dos parâmetros da regressão e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Os dados obtidos por meio do modelo proposto foram posteriormente comparados com os dados obtidos pela pesagem manual dos animais, através de análise de correlação.

### **3.3 Resultados e discussões**

#### **3.3.1 Caracterização do ambiente térmico**

O ambiente térmico foi caracterizado semanalmente, baseado no valor do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) que foi calculado a partir dos dados de temperatura e temperatura de ponto de orvalho, obtidos com o auxílio de dataloggers instalados no interior de cada câmara climática.

Na Tabela 3.2 encontram-se apresentados os dados médios de temperatura do ar, umidade relativa e do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) em função da idade dos animais (semanas).

Tabela 3.2 – Médias e desvio padrão da temperatura do ar (°C), Umidade relativa (%) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para cada uma das condições estudadas em função da idade (semanas) dos animais

| <b>Ambiente Térmico</b> | <b>Idade das aves<br/>(semanas)</b> | <b>T. ar (°C)</b> | <b>UR (%)</b> | <b>ITU</b> |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------|------------|
| Conforto Térmico        | 1                                   | 30,1 ± 0,5        | 62,9 ± 4,0    | 79,6 ± 0,9 |
| Frio Moderado           | 1                                   | 23,7 ± 1,2        | 61,8 ± 4,6    | 71,8 ± 1,9 |
| Frio Acentuado          | 1                                   | 21,9 ± 0,4        | 63,0 ± 6,0    | 69,4 ± 0,9 |
| Conforto Térmico        | 2                                   | 27,0 ± 0,3        | 63,6 ± 2,0    | 75,8 ± 0,4 |
| Frio Moderado           | 2                                   | 21,3 ± 0,6        | 62,1 ± 2,8    | 67,8 ± 0,7 |
| Frio Acentuado          | 2                                   | 19,5 ± 0,4        | 68,2 ± 3,5    | 66,7 ± 0,4 |
| Conforto Térmico        | 3                                   | 24,3 ± 1,3        | 61,4 ± 5,5    | 72,1 ± 1,8 |
| Frio Moderado           | 3                                   | 19,7 ± 0,7        | 66,3 ± 7,0    | 64,3 ± 1,1 |
| Frio Acentuado          | 3                                   | 16,4 ± 0,7        | 69,8 ± 6,0    | 63,8 ± 0,7 |

Comparando os valores do ITU calculados no interior das câmaras climáticas durante o período experimental com os valores recomendados por Abreu e Abreu (2011), que recomendam ITU na faixa de 72,4 a 80, de 68,4 a 76 e de 64,8 a 72, nas primeiras, segunda e terceiras semanas de vida dos animais respectivamente, verifica-se que os ambientes descritos como frios realmente apresentam valores de ITU abaixo do recomendado para o conforto térmico de frangos de corte.

### **3.3.2 Determinação do ganho de massa corporal dos animais**

Os resultados do ganho de peso médio corporal dos frangos e do aumento da contagem média de pixels de uma ave nas imagens, referentes à primeira, segunda e terceira semanas de criação em função do ambiente térmico estudado estão apresentados na Figura 3.14. O ganho médio de peso corporal das aves representa a média de ganho de peso de 120 frangos enquanto que o aumento médio da contagem de pixels dos frangos corresponde à média de 30 imagens analisadas.

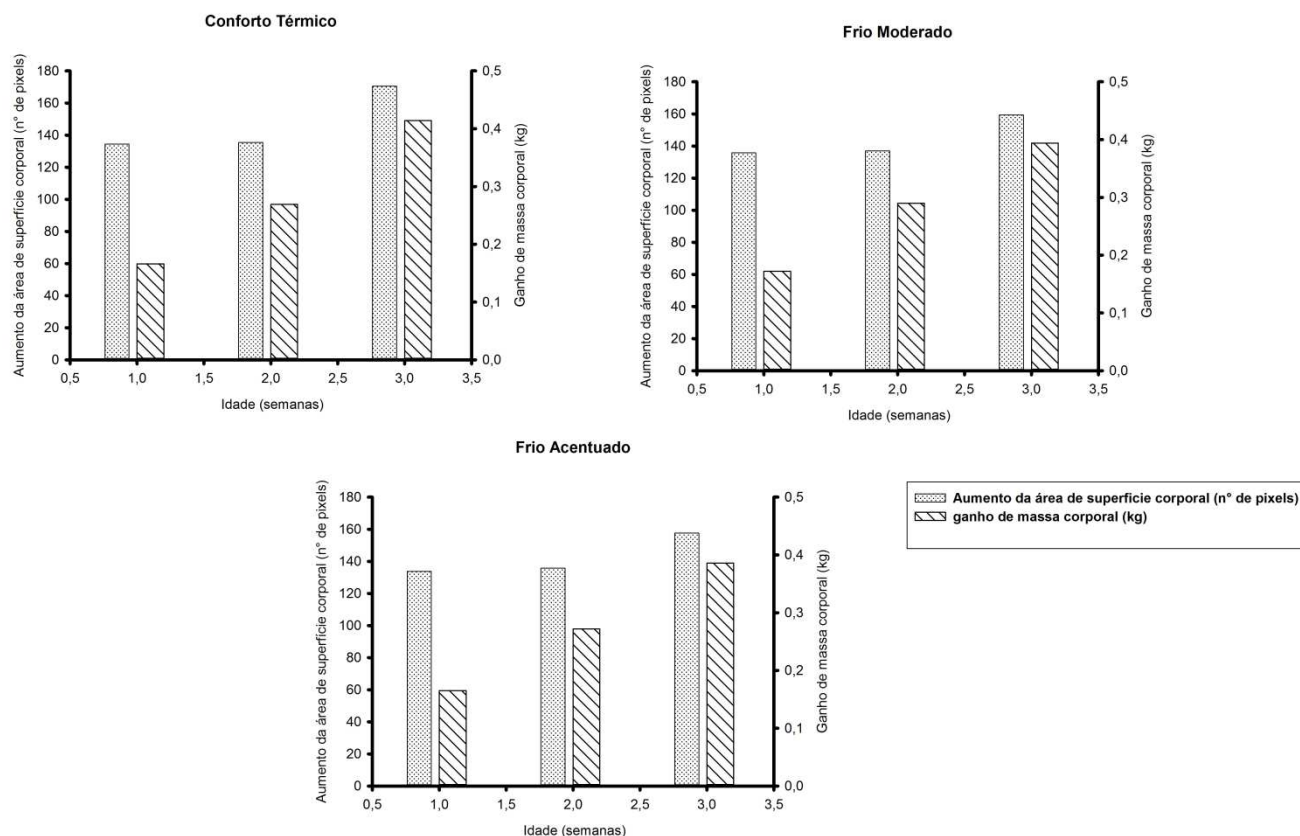


Figura 3.14 – Comparação entre o ganho de peso médio corporal (kg) dos frangos e o aumento da área de superfície corporal, baseada no aumento no número de pixels de um frango nas imagens, na primeira, segunda e terceira semana de vida das aves nas condições de Conforto Térmico, Frio Moderado e Frio Acentuado.

Observa-se, pela análise da Figura 3.14, que tanto o ganho de peso corporal quanto a variação na área de superfície corporal dos animais, apresentaram um comportamento crescente ao longo das semanas em todos os ambientes térmicos estudados. Esses resultados encontram-se dentro do esperado, uma vez que, segundo Abreu et al. (2012), há uma relação positiva crescente entre o aumento de massa e a área de superfície corporal das aves.

Com base na relação entre o aumento da área de superfície corporal dos animais e de sua idade, foi proposto o seguinte modelo não linear, para estimar o ganho de peso das aves nas três primeiras semanas de vida, apresentado na Figura 3.15.

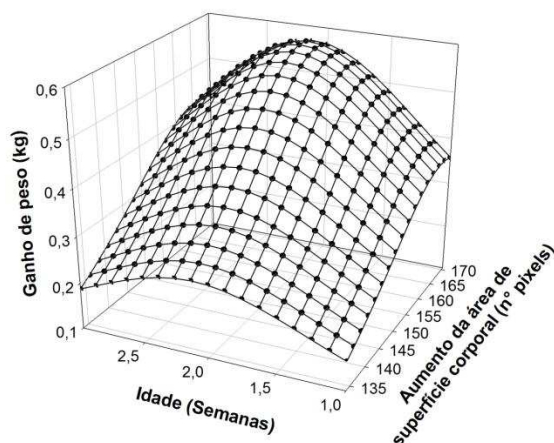


Figura 3.15 – Modelo ajustado para a estimativa do ganho de massa corporal das aves em função de sua idade e do seu aumento de área de superfície corporal.

A equação, o coeficiente de determinação e os parâmetros obtidos pelo modelo ajustado apresentado na Figura 3.15 estão descritos na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Equação, coeficiente de determinação e parâmetros obtidos para o modelo de estimativa do ganho de peso dos animais.

| Variável estimada | Equação  | R <sup>2</sup> | Parâmetros         | CV (%) |
|-------------------|--|----------------|--------------------|--------|
| Ganho de peso     | $GP_{est} = \frac{0,5794}{\left\{ \left[ 1 + \left( \frac{n^\circ \text{ pixels} - 166,7248}{29,5388} \right)^2 \right] \times \left[ 1 + \left( \frac{\text{idade} - 2,1117}{1,4476} \right)^2 \right] \right\}}$ | 0,9995         | $x_0 = 166,7248^*$ | 0,51   |
|                   |  |                | $y_0 = 2,1117^*$   | 6,25   |
|                   |  |                | $a = 0,5794^*$     | 14,37  |
|                   |  |                | $b = 29,5388^*$    | 17,55  |
|                   |  |                | $c = 1,4476^*$     | 9,22   |

[\*] – Regressão significativa ao nível de 5% de significância; \* - Parâmetros da regressão significativos ao nível de 5% de significância

Observa-se que o modelo para a estimativa do ganho de massa corporal das aves com base na sua idade e no aumento de sua área de superfície corporal, mostrou-se confiável, apresentando um coeficiente de determinação significativo, com R<sup>2</sup> igual a 0,9995, além disso, a análise de variância da regressão e a avaliação dos parâmetros da regressão foram significativas com (p<0,05).

Pode-se verificar a eficiência do modelo de estimativa do ganho de massa corporal das aves em função do aumento de sua área de superfície

corporal, por meio da comparação entre os obtidos através da pesagem manual dos animais e os dados estimados pelo modelo (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 – Relação entre o ganho de peso corporal médio mensurado (kg) e o ganho de peso corporal médio estimado (kg), de frangos de corte nos diferentes ambientes térmicos estudados

| <b>Idade<br/>(semanas)</b> | <b>Tratamento</b>   | <b>Ganho de peso<br/>corporal médio<br/>mensurado (kg)</b> | <b>Ganho de peso<br/>corporal médio<br/>estimado (kg)</b> | <b>Erro<br/>percentual</b> |
|----------------------------|---------------------|--|---|----------------------------|
| <b>1</b>                   | Conforto<br>Térmico | 0,166  | 0,166   | 0                          |
|                            | Frio<br>Moderado    | 0,172  | 0,174   | 1,16                       |
|                            | Frio<br>Acentuado   | 0,165  | 0,163   | 1,21                       |
| <b>2</b>                   | Conforto<br>Térmico | 0,269  | 0,271   | 0,74                       |
|                            | Frio<br>Moderado    | 0,290  | 0,286   | 1,38                       |
|                            | Frio<br>Acentuado   | 0,272  | 0,274   | 0,74                       |
| <b>3</b>                   | Conforto<br>Térmico | 0,414  | 0,414   | 0                          |
|                            | Frio<br>Moderado    | 0,394  | 0,396   | 0,51                       |
|                            | Frio<br>Acentuado   | 0,386  | 0,384   | 0,52                       |
| <b>Média</b>               |                     |  |   | <b>0,70</b>                |

O modelo proposto mostra-se confiável apresentando um baixo erro percentual, em média 0,7%, entre os dados obtidos pelo modelo e pela pesagem manual. Além desse baixo erro percentual verifica-se também uma fortíssima correlação entre os dados estimados pelo modelo e os dados mensurados pela pesagem manual das aves, com um coeficiente de correlação de Pearson de 0,9998, como pode ser visto na Figura 3.16.

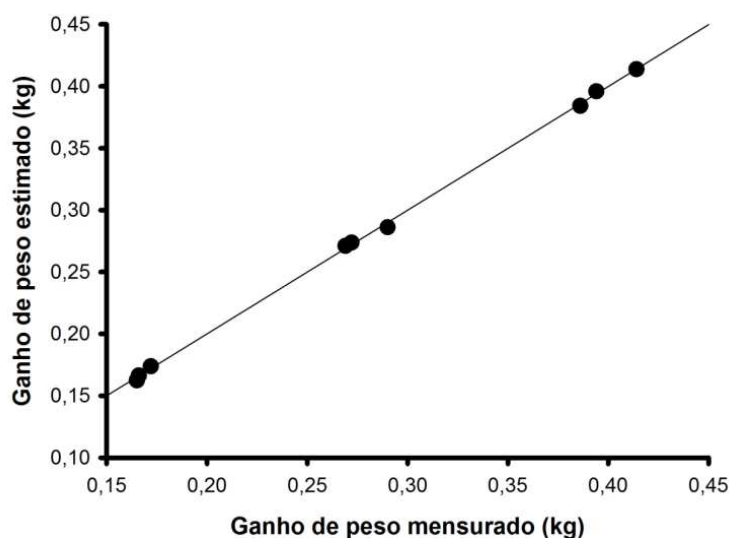


Figura 3.16 – Correlação entre os dados mensurados pela pesagem manual das aves e estimados pelo modelo proposto.

### 3.4 Conclusões

A partir dos resultados obtidos na presente pesquisa, pode-se concluir que:

- O modelo proposto para a estimativa do ganho de massa corporal de frangos de corte pode ser utilizado como uma importante ferramenta no gerenciamento da produção avícola, ajudando a verificar desenvolvimento dos animais, expresse em termos de ganho de peso corporal, evitando procedimentos de manejo estressante aos animais, como o processo de pesagem para verificar o ganho de peso corporal médio do lote.

- A área de superfície corporal e o ganho de peso médio dos frangos apresentaram um comportamento crescente ao longo das semanas de criação independente do ambiente térmico de criação;
- O modelo de estimativa do ganho de massa corporal de frangos de corte em função do aumento de sua área de superfície corporal e de sua idade mostrou-se adequado, apresentando um coeficiente de determinação significativo, com R<sup>2</sup> igual a 0,9995.
- O ganho de peso médio corporal das aves mensurado por meio de pesagem variou entre 0,165 kg à 0,414 kg, enquanto que o ganho de peso médio estimado através do modelo proposto variou entre 0,163 kg e 0,414 kg, verificando um erro médio percentual entre os dados mensurados e estimados de 0,7% e uma forte correlação com coeficiente de correlação de Pearson de 0,9998.

### 3.5 Referências Bibliográficas

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G de. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.1-14, 2011.

ABREU, P. G DE.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; HASSEMER, M. J.; TOMAZELLI, I. L. Medidas Morfológicas em função do peso e da idade da ave, por meio de imagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 795 – 801, 2012. Campina Grande - PB.

AMARAL, A. G. DO. **Processamento de imagens digitais para avaliação do comportamento e determinação do conforto térmico de codornas de corte**. Viçosa: UFV, 2012. 82p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). Cenário Carnes (2014/2015). Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/camaras\\_setorias/Aves\\_e\\_suin os/25RO/Cenario Carnes 2014 2015.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setorias/Aves_e_suin os/25RO/Cenario Carnes 2014 2015.pdf)>. .

BELUSSO, D.; HESPANHOL, A. N. A evolução da avicultura industrial brasileira e seus efeitos territoriais. **Revista Percurso**, v.2, n.1, p. 25 – 51. Maringá – PR. 2010.

CARVALHO, J. C. C.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; RODRIGUES, P. B.; PEREIRA, R. A. N. Desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com complexos enzimáticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2, p. 292-298, 2009.

CASSUCE, D. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; VIEIRA, M. F. F. A. Thermal comfort temperature up date for broiler chicken up to 21 days of age. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.1, p. 28 – 36, 2013.

FLEMMING, J. S.; MONTANHINI NETO, R.; ARRUDA, J. S.; FRANCO, J. G.; FLEMMING, R.; SOUZA, G. A.; FLEMMING, D. F. Ração farelada com diferentes granulometrias em frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v. 7, n.1, p. 1-9, 2002.

MOGAMI, C. A. **Desenvolvimento de metodologia para a determinação do bem-estar e massa corporal de frangos de corte por meio de análise digital de imagens**. Viçosa: UFV, 2009. 101p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2009.

PEREIRA, C. L. **Avaliação do conforto térmico e do desempenho de frangos de corte confinados em galpões avícolas com diferentes tipos de coberturas**. Pirassununga: USP, 2007. 91p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – USP, 2007.

SOLOMON, C.; BRECKON, T.; SOUZA, J. R. **Fundamentos de processamento digital de imagens: uma abordagem prática com exemplos em Matlab**. Rio de Janeiro: LTC editora, 2013.

THOM, E. C. The discomfort index. **Wheaterewise**, Boston, v.12, n.1, p. 57-60, 1959.