

**ADRIANA GARCIA DO AMARAL**

**PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS PARA AVALIAÇÃO DO  
COMPORTAMENTO E DETERMINAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE  
CODORNAS DE CORTE**

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

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2012**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A445p  
2012

Amaral, Adriana Garcia do, 1982-

Processamento de imagens digitais para avaliação do comportamento e determinação do conforto térmico de codornas de corte / Adriana Garcia do Amaral. – Viçosa, MG, 2012.

xi, 69f. : il. (algumas color.) ; 29cm.

Orientador: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Construções rurais. 2. Processamento de imagens.  
3. Comportamento animal. 4. Codorna - Estresse térmico.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola. II. Título.

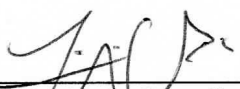
CDD 22. ed. 631.21

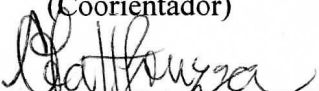
ADRIANA GARCIA DO AMARAL

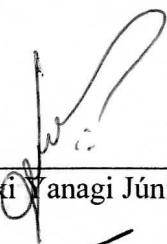
PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS PARA AVALIAÇÃO DO  
COMPORTAMENTO E DETERMINAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE  
CODORNAS DE CORTE

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


APROVADA: 26 de novembro de 2012

  
\_\_\_\_\_  
Prof.º Francisco de Assis Carvalho Pinto  
(Coorientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª Cecília de Fátima Souza

  
\_\_\_\_\_  
Prof.º Tadayuki Yanagi Júnior

  
\_\_\_\_\_  
Prof.º Rolf Jentzsch

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª Ilda de Fátima Ferreira Tinôco  
(Orientadora)

*Dedico:*  
*Aos meus pais, Ademar e Lourdes, irmãos, Fabiana e Leandro e sobrinhos, Felipe e Pedro, pelo amor, incentivo, amizade, carinho e todo o apoio dado em toda a minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de aprendizado, aos bons espíritos pelo exemplo e proteção.

Aos meus pais Ademar e Lourdes, meus irmãos Fabiana e Leandro, meus sobrinhos Felipe e Pedro, meus cunhados Rodolfo e Leandra, pelo carinho, amizade, confiança.

À Universidade Federal de Viçosa, UFV, por meio do Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental.

A minha orientadora, Professora Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, pela competência, amizade, dedicação e oportunidades de aprendizado.

Aos meus coorientadores Professor Francisco de Assis Carvalho Pinto e Professor Fernando da Costa Baêta, pelos ensinamentos, conselhos e pela imensa ajuda na condução deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pesquisa de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Mato Grosso, em especial ao Professor Frederico Terra, pelo apoio nos períodos que foi necessário estar ausente de minhas atividades docentes.

Aos queridos amigos de Sinop - MT, minha família Mato-Grossense, Rodrigo Zandonadi, Solenir Ruffato e Sérgio Aissa, Roselene Schneider e Joldemar Moreira, Roberta Nogueira e Evaldo Martins, Solenio Schneider, Fernando Botelho e Silvia Campos, Mariana Peres, Antonio Toledo e André, dentre tantos outros.

Em especial a Rodrigo Zandonadi por todo auxílio, ensinamentos e paciência, no desenvolvimento dos algoritmos; e a minha querida amiga Lene (Roselene Schneider) por toda a assistência na revisão dos artigos, mesmo não sendo de sua área.

As meninas que me acolheram quando cheguei em Viçosa, Camila Zimmer de Assis, Carolina Celso Melo Pinheiro de Vasconcelos, Karina Ellen Matias de Oliveira e Joashlenny Alves de Oliveira.

Aos amigos do Departamento de Engenharia Agrícola e do Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO):

Akemi, Alexander, Olga, Marilú, Keles, Luciano, Maria Clara, Déborah, Maria de Fátima, Flávio, Alexandre, Rui, Múcio, Keller.

Em especial a Marilú Santos, pela condução conjunta do experimento e pelo apoio total antes, durante e depois dessas horas difíceis; ao Luciano, pela presteza em nos socorrer sempre que foi preciso. A todos que nos ajudaram nesta etapa, Patrícia, Keles, Alexandre, Seu Pedro, Maria de Fátima e Múcio.

As amigas que sempre estarão presentes, mesmo a distância, por todos os momentos vividos, Raphaela, Gracielly, Hellen e Paula.

A todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, prestaram auxílio e não foram citados neste trabalho. Sem vocês nada teria sido possível.

*Muito obrigada!*

## BIOGRAFIA

ADRIANA GARCIA DO AMARAL, filha de Ademar Dias do Amaral e Lourdes Garcia do Amaral, nasceu em Concórdia, Santa Catarina, em 30 de junho de 1982.

Em março de 2002, iniciou o Curso de Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Goiás (UEG), em Anápolis, GO, diplomando-se em dezembro de 2006.

Em março de 2008, ingressou no Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de Construções e Ambiente, da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, concluindo-o em julho de 2009.

Em agosto de 2009, ingressou no programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em nível de doutorado com concentração na área de Construções Rurais e Ambiente.

Atualmente é Professora Efetiva da Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, em Sinop - MT, atuando na área de Construções Rurais e Ambiente.

## SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
3. ARTIGO I: Determinação de condições de conforto térmico e avaliação do comportamento alimentar de codornas europeias de corte com utilização de análise digital de imagens	11
3.1. RESUMO	11
3.2. ABSTRACT	12
3.3. INTRODUÇÃO	12
3.4. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.4.1. Instrumentos e medições	18
3.4.2. Sistema de aquisição de imagens	19
3.4.2.1. Períodos de análise de frequência no comedouro	20
3.4.3. Descrição do algoritmo	20
3.4.3.1. Processamento dos vídeos	22
3.4.3.2. Frequência de uso do comedouro	23
3.4.4. Avaliação da metodologia	25
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.5.1. Avaliação térmico-ambiental	25
3.5.2. Avaliação de desempenho do algoritmo	26
3.5.3. Determinação da frequência de codornas no comedouro	27
3.6. CONCLUSÕES	29
3.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
4. ARTIGO II: Análise da variação da massa corporal de codornas europeias de corte por meio de análise de imagens digitais	32
4.1. RESUMO	32
4.2. ABSTRACT	32
4.3. INTRODUÇÃO	33
4.4. MATERIAL E MÉTODOS	35
4.4.1. Sistema de aquisição de imagens	38

4.4.2.	Estimativa da massa corporal de codornas de corte por meio da contagem de pixels, em função da área superficial e do comprimento de eixos	39
4.5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.5.1.	Estimativa da massa corporal de codornas de corte por meio da contagem de pixels, em função da área superficial e do comprimento de eixos	45
4.6.	CONCLUSÕES	48
4.7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
5.	ARTIGO III: Metodologia para determinação da conversão alimentar, baseada na frequência ao comedouro e na massa corporal estimada de codornas europeias de corte, usando análise de imagens digitais	51
5.1.	RESUMO	51
5.2.	ABSTRACT	51
5.3.	INTRODUÇÃO	52
5.4.	MATERIAL E MÉTODOS	55
5.4.1.	Conversão alimentar, baseada na frequência ao comedouro e na massa corporal estimada, para codornas de corte de diferentes idades	59
5.5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
5.5.1.	Conversão alimentar estimada, baseada na frequência ao comedouro e na massa corporal estimada, para codornas de corte de diferentes idades	64
5.6.	CONCLUSÕES	66
5.7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69

## RESUMO

AMARAL, Adriana Garcia do, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2012. **Processamento de imagens digitais para avaliação do comportamento e determinação do conforto térmico de codornas de corte.** Orientadora: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Coorientadores: Francisco de Assis de Carvalho Pinto e Fernando da Costa Baêta.

O estabelecimento de condições ambientais adequadas para avicultura requer estudos de conforto térmico, os estudos a serem realizados precisam avaliar o desempenho e bem estar das aves frente às condições climáticas impostas, avaliando, por exemplo, o seu desempenho produtivo e suas respostas fisiológicas. Paralelamente à caracterização destes parâmetros, pode-se utilizar informações visuais, as quais podem facilitar o diagnóstico de problemas decorrentes de condições ambientais desfavoráveis aos animais. Assim, o uso de imagens digitais vem se destacado na avaliação do comportamento animal, já que o sistema de visão artificial apresenta como possibilidade a efetuação de medições exatas, baseadas na contagem dos *pixels* da imagem. Neste sentido, este trabalho teve por objetivo geral desenvolver metodologias que identificassem o comportamento geral das aves, utilizando análise digital de imagens, da mesma forma, avaliar quais seriam as faixas de temperatura que representariam as condições reais de conforto para as codornas de corte, segundo suas diferentes idades. O trabalho foi conduzido em cinco câmeras climáticas localizadas na área experimental do 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, Viçosa – MG. Os resultados obtidos foram apresentados em três artigos: Artigo I – Determinação de condições de conforto térmico e avaliação do comportamento alimentar de codornas europeias de corte com utilização de análise digital de imagens; Artigo II - Metodologia para determinação da massa corporal de codornas europeias de corte por meio de análise de imagens digitais; Artigo III - Metodologia para determinação da conversão alimentar, baseada na frequência ao comedouro e na massa corporal estimada de codornas europeias de corte, usando análise de imagens digital. Com base nos resultados encontrados por meio da pesquisa realizada, observou-se que o aumento da temperatura do ar e do índice de temperatura de globo e umidade provocou redução no consumo de ração, observado

tanto pela menor frequência ao comedouro, decréscimo médio de 19,8% no tempo de uso do comedouro, quanto pelos dados obtidos na mensuração do consumo de ração, redução de 23,8 g de ração consumida. As faixas de temperatura do ar e do índice de temperatura de globo e umidade que representam situação de conforto térmico para codornas de corte, com idade de 21 a 35 dias, situam-se entre 25,7 °C e 30,9 °C e 74,6 e 80,4, respectivamente. O modelo empírico para determinação da massa corporal de codornas em função do número de *pixels* nas imagens e, o modelo empírico para estimar a conversão alimentar, em função da frequência de uso do comedouro e da massa corporal estimada, via análise de imagens digitais mostraram-se adequados para as finalidades propostas. Os valores de massa corporal estimada variaram entre 119,4 a 237,6 g.

## ABSTRACT

AMARAL, Adriana Garcia do, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2012. **Image processing for evaluation of behavior and determination of thermal comfort for meat quail.** Adviser: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Co-advisers: Francisco de Assis de Carvalho Pinto and Fernando da Costa Baêta.

The establishment of adequate environmental conditions for poultry and other bird growing activity requires the study of thermal comfort levels. These studies need to consider the birds performance and welfare before the thermal conditions imposed by the growth environment, by means of evaluating the productive performance as well as their physiologic response. Besides the characterization of the above parameters, visual information can be used in order to facilitate the diagnoses of problems caused by inadequate condition of the growth environment. Therefore, artificial vision system have been taking place in the realm of animal behavior, since that by means of image processing techniques one can identify an object and extract measurements as well as monitor its positioning within an image. Thus, the general objective of this research was to develop methods to characterize the general behavior of the birds based on image processing techniques, as well as evaluate the temperature range that would represent the most comfortable environment for meat quails according to different ages. This research was accomplished in the facility of the Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO), under the constructions and environmental research field of the Department of Agricultural Engineering at the Federal University of Viçosa, Viçosa-MG. The findings were presented, throughout this dissertation, in three distinct articles: Article I - Determination of thermal comfort condition and feeding behavior evaluation of European meat quail based on digital image analyses; Article II - Method for meat quail body mass determination based on digital image analysis; Article III - Development of a feed conversion index based on the presence frequency at the feeder and body mass of European meat quail using digital image analysis. Based on the results obtained through the survey, it was observed that the increase of the air temperature and the rate of globe temperature and humidity caused a reduction in feed intake observed much less frequently by the feeder, mean decrease of 19, 8% of

usage time of the feeder, as the data obtained in the measurement of food intake, reduction of 23.8 g feed consumed. The ranges of air temperature and globe temperature index and humidity that represent state of thermal comfort for meat quails, aged 21 to 35 days, range between 25.7 ° C and 30.9 ° C and 74.6 and 80.4, respectively. The empirical model for determining the body weight of quail according to the number of pixels in the images and to estimate the empirical model feed as a function of frequency of use of the feeder body mass and estimated via digital image analysis showed are adequate for the purposes proposed. The estimated body mass values ranged from 119.4 to 237.6 g.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor de produção animal para corte constitui, no Brasil, uma cadeia produtiva competitiva crescendo a cada ano, tanto em qualidade quanto em números de animais abatidos e comercializados no país e no exterior. Neste sentido, todas as ações relacionadas à agroindústria de produção de alimentos de origem animal, tanto a nível de governo, centros de pesquisa, associações comerciais, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e outros, tem se movimentado para o atendimento às atuais demandas dos consumidores e da sociedade em geral, visando qualidade do produto, segurança alimentar, sustentabilidade da atividade e, especialmente, oferecimento de condições de bem estar para os animais durante seu período de criação, transporte e abate.

Além de oferecer produtos que atendam às exigências do consumidor nos termos citados, o setor busca também a diversificação, oferecendo ao mercado produtos diferenciados como a carne de codorna.

A coturnicultura constitui uma alternativa de grande interesse ao setor de produção animal e contribui no oferecimento de produtos diferenciados pela atividade agropecuária. Dados demonstram que o efetivo de codornas cresceu consideravelmente em 2010, aumentando 13,1%, relativamente a 2009, perfazendo o total de 13,0 milhões de cabeças (IBGE, 2012).

Para SILVA et al. (2009) a codorna é uma excelente alternativa para alimentação humana, pois pode ser utilizada tanto para a produção de ovos como para a produção de carne, que é aceita universalmente por ser um produto de excelente qualidade e rico em aminoácidos essenciais. Possuindo ainda como características uma carne mais escura, macia, saborosa e que pode ser preparada da mesma maneira que a carne de frangos de corte. O mercado de codornas para carne disponibiliza carcaças inteiras congeladas e, em casos raros oferta também codornas desossadas e defumadas.

A produção de carne de codornas inicialmente advinha do descarte de matrizes de postura em final de produção ou de machos classificados erroneamente no processo de sexagem, ou seja, de animais não especializados para tal produção (ALMEIDA, 2001). Pensando em tornar mais competitiva a produção, no ano de

1996 foi realizada a primeira importação oficial de matrizes de codornas europeias destinadas à produção de carne.

As codornas europeias, *Coturnix coturnix coturnix*, são mais indicadas à produção de carne por apresentarem maior porte e obterem maior peso à idade de abate, quando comparadas à codorna japonesa (CORRÊA et al., 2006). Segundo ALMEIDA et al. (2002) os machos da linhagem italiana apresentam peso 70% superior aos da linhagem japonesa.

Uma das vantagens da criação de codornas está na pequena exigência de espaço. A criação de codornas pode ser praticada de três formas, sobre o solo, com o uso de “cama” feita com material absorvente (sabugo de milho picado, casca de arroz ou maravalha) sendo esta criação a que exige menor tecnologia. O segundo tipo de criação é o alojamento em gaiolas no sistema baterias, mais utilizado na fase de postura. Por último a criação pode ser feita em gaiolas (de arame galvanizada idênticas as utilizadas no sistema de baterias no sistema escada) sendo este sistema o mais moderno da criação e de maior alto custo. A criação sobre o solo, além de mais econômica, permite o alojamento de um grande número de animais, cerca de 100 aves por m<sup>2</sup>. No entanto, há um maior risco de doenças e, além disso, as codornas, por possuírem maior espaço para os movimentos, gastam mais energia inutilmente e ingerem três a cinco por cento a mais de ração, em relação à criação em baterias. Na criação em gaiolas, recomenda-se uma densidade de 25 aves/m<sup>2</sup>, para codornas de corte, por apresentarem tamanho maior (ALMEIDA, 2001).

Outras características importantes que tornam a coturnicultura vantajosa relacionam-se ao rápido crescimento dos animais, precocidade na produção, maturidade sexual e alta produtividade.

Para MÓRI et al. (2005), em contrapartida às vantagens com relação a produção de codornas de corte, encontra-se o pouco conhecimento sobre o seu potencial produtivo e custos de produção, tornando o seu preço elevado e pouco competitivo no mercado varejista em relação a outras aves.

Pode-se acrescentar que a escassez de trabalhos que considerem o ambiente térmico na produção de codornas também tem contribuído para a reduzida oferta de produtos, pois na maioria dos sistemas de produção de codornas no Brasil, os fatores climáticos são pouco gerenciados e o ambiente produtivo nem sempre é compatível com as necessidades fisiológicas destas aves.

Segundo TINÓCO (2001), os fatores térmicos, temperatura do ar, umidade relativa, radiação térmica e movimentação do ar, são os que afetam mais diretamente a ave, pois compromete sua função vital mais importante, a manutenção da própria homeotermia.

Assim, o fato de precisarem manter sua homeotermia, ou seja, manter sua temperatura corporal aproximadamente constante torna o ambiente térmico de extrema importância. Na fase inicial de vida as aves, necessitam de temperaturas mais elevadas para manter sua homeotermia, e, à medida que crescem, tornam-se mais sensíveis às altas temperaturas, necessitando então de temperaturas mais amenas.

Dependente da fase de criação, que resultam em maior ou menor sensibilidade ao frio ou ao calor, os elementos ambientais (temperatura, umidade, velocidade do ar etc) podem prejudicar o organismo das codornas, na extensão em que excedam a capacidade de defesa e compensação das mesmas, afetando negativamente o seu desempenho, imunidade e bem-estar.

A exposição de frangos de corte a altas temperaturas, por exemplo, provoca redução na ingestão de alimentos, resultando em efeitos negativos na taxa de crescimento, rendimento do peito e de carcaça, em razão do necessário desvio de energia da produção para promover a perda de calor pela ave (DOZIER III et al., 2006 e LU et al., 2007).

De acordo com BAÊTA e SOUZA (2010) sob o aspecto fisiológico as altas temperaturas e baixas umidades relativas têm efeito direto sobre os mecanismos não específicos de defesa do aparelho respiratório e gastrointestinal predispondo as aves ao aparecimento de doenças.

Aves submetidas a condições ambientais desfavoráveis respondem com comportamentos alimentares e comportamentos físicos característicos. Durante o estresse térmico, as aves também podem alterar seus comportamentos no sentido de tentar manter sua temperatura corporal dentro dos limites normais. Ajustes de comportamento, como por exemplo, as reduções das atividades físicas podem ocorrer rapidamente e com menor dispêndio de energia para a ave do que muitas respostas fisiológicas. Assim, sob condições de temperaturas elevadas severas, as aves tendem a permanecer deitadas e com as asas abertas, o que proporciona o aumento da dissipação de calor pela maximização da sua área de superfície corporal. Este

comportamento pode vir acompanhado da piloereção e aumento do fluxo sanguíneo para os tecidos periféricos não cobertos com penas, como pés, crista e barbela, incrementando a perda de calor via núcleo central para a superfície do corpo (FURLAN, 2006; OLIVERIA et al., 2006; BAÊTA e SOUZA, 2010).

O estabelecimento das condições ambientais adequadas para uma categoria animal requer estudos de conforto térmico, estes estudos visam estabelecer um ambiente térmico, com base nos elementos ambientais, adequado às atividades destes animais.

A zona de conforto térmico ou de termoneutralidade varia de acordo com a espécie, idade, sexo, tamanho corporal, peso, estado fisiológico, estado produtivo, dieta nutricional, amplitude de temperatura ambiente, radiação, umidade e velocidade do ar. Com relação a codornas de corte, os estudos desenvolvidos são escassos, tomando-se normalmente como referência valores utilizados na criação de frangos de corte ou de codornas de postura (codornas japonesas). Com relação a codornas japonesas existem diferenças quanto à faixa de temperatura ideal, para MAS et al. (2004) varia de 18 a 22°C, para SINGH e NARAYAM (2002) varia de 21 a 25°C.

Dessa forma, considerando a perspectiva de crescimento na produção de codornas de corte no Brasil e visando garantir condições adequadas de alojamento às aves, torna-se imperativo investigar faixas de temperatura que realmente sejam representativas de conforto térmico para criação de codornas de corte nas condições de clima tropical.

Para determinação destas faixas, os estudos a serem realizados precisam avaliar o desempenho e bem estar dos animais frente às condições térmicas impostas, avaliando, por exemplo, o desempenho produtivo destes animais (ganho de peso, conversão alimentar, consumo de ração e mortalidade) e suas respostas fisiológicas (frequência respiratória e temperatura retal).

Paralelamente à caracterização destes parâmetros, pode-se utilizar informações visuais, as quais podem facilitar o diagnóstico de problemas decorrentes de condições ambientais desfavoráveis aos animais, visto que os mesmos respondem ao ambiente com comportamentos característicos. Segundo XIN e SHAO (2002), os próprios animais podem ser utilizados como biossensores em resposta aos reflexos do ambiente, por meio da análise de seu comportamento.

Segundo SILVA et al. (2008) investigações sobre o comportamento animal poderiam solucionar muitos dos atuais problemas na criação de animais que não podem ser solucionados por pesquisas em nutrição, fisiologia ou controle de doenças.

Nesse contexto, o estudo do comportamento reconhecidamente já assume papel importante na produção animal, sendo que, para racionalizar os métodos de criação, já se tem desenvolvido técnicas de manejo, alimentação e instalações que consideram o comportamento animal.

Tradicionalmente, o estudo do comportamento é realizado por meio de observações visuais dos animais, consumindo tempo e gerando decisões subjetivas e susceptíveis ao erro humano. Além do mais, as respostas obtidas não são confiáveis, uma vez que a presença humana pode inibir ou modificar o comportamento natural das aves. Os etogramas de comportamentos utilizados, representando as respostas obtidas a partir das observações visuais, são sujeitos a erros devido à subjetividade do método, além de ser cansativo para o observador e variar de observador para observador.

A coleta de dados por meio da observação visual traz outras limitações como, por exemplo, a dificuldade da observação de qualquer movimento em condições de pouca luminosidade e o tempo consumido pela coleta de grande quantidade de dados.

De acordo com GONZALEZ e WOODS (1992) o sistema de visão artificial, em relação ao sistema visual humano, apresenta como vantagem a possibilidade de efetuar medições exatas, baseadas na contagem dos *pixels* da imagem.

O sistema de visão artificial é um sistema computadorizado que tem como fases o pré-processamento, segmentação, extração de características, reconhecimento e interpretação de padrões, visando assim interpretar imagens correspondentes às cenas reais (MARQUES FILHO e VIEIRA NETO, 1999).

A tecnologia de análise de imagens consiste no uso de câmeras conectadas a um computador e um programa que execute a aquisição, processamento e a classificação das imagens dos animais, tornando o processo automatizado, sem a interferência direta do homem (SHAO et al., 1998).

Segundo BOARETTO et al. (2005) a técnica de visão artificial é uma ferramenta de grande aplicação no processamento industrial, principalmente por permitir uma alta velocidade de processamento, livrando totalmente a ação humana

direta, por funcionar continuamente e por poder ser implementada com relativa simplicidade, se comparada às técnicas convencionais que, normalmente, exigem complexos mecanismos para instalação de sensores.

A alternativa de substituir os sensores convencionais por tecnologia de visão artificial permite, através de câmeras, sistemas ópticos, hardwares de baixo custo e softwares de processamento de imagens e reconhecimento de padrões, a inspeção ou automação de processos de qualquer natureza (VXIA, 2004).

Diante do exposto, utilizar visão artificial para avaliar o comportamento animal, baseia-se na busca por métodos de investigação mais eficientes e confiáveis. Assim sendo, diversos autores tem procurado utilizar a visão artificial como ferramenta para auxiliar na determinação das inter-relações do animal com seu ambiente de criação.

FIGUEIREDO et al. (2003) desenvolveram metodologia para avaliar comportamento das aves utilizando um sistema de visão artificial para extrair informações do comportamento alimentar de frangos de corte, em instalações comerciais, em função da temperatura.

SEVEGNANI et al. (2005) avaliaram o comportamento alimentar de frangos de corte em relação à procura pelo bebedouro e comedouro, quando submetidos a situações de estresse em câmara climática, utilizando a identificação eletrônica e a análise visual. Os resultados deste trabalho mostraram que, quanto maior a temperatura, maior foi a ingestão de água e menor a ingestão de ração. Entretanto, a identificação via transponders e por meio da observação visual apresentaram-se, ainda, muito dependentes da atuação humana na avaliação do comportamento.

RODRIGUES et al. (2007) desenvolveram metodologia para avaliar comportamento de aves poedeiras em diferentes condições de estresse, observando perfis comportamentais e dinâmica das aves numa relação espaço-temporal com a aplicação de visão computacional e uso de cores na avaliação do comportamento dos animais em grandes aviários.

MOGAMI (2009) utilizou-se da visão artificial para desenvolver uma metodologia para avaliar o bem estar de frangos de corte; para tanto, criou dois índices de frequência ao comedouro, o ICRC (índice de competição relativa ao comedouro), com o objetivo de mensurar a quantidade de frangos presentes na região

do comedouro, e o ICEC (índice de competição efetiva ao comedouro) para determinar o número de cabeças no interior do comedouro.

CORDEIRO et al. (2011) analisaram e quantificaram o comportamento de pintainhos de frangos de corte mantidos sob sistema de aquecimento, utilizando técnicas de processamento de imagens, para tanto, foram utilizados descritores de características de agrupamento e dispersão.

Com base no exposto, objetivou-se, com o presente trabalho, desenvolver metodologias que identifiquem o comportamento geral de codornas de corte, utilizando análise de imagens digitais e, avaliar quais faixas de temperatura representariam as condições reais de conforto para as estas aves, segundo suas diferentes idades.

Buscando reportar os resultados da presente pesquisa, de acordo com os objetivos previamente delineados, a tese foi organizada em artigos, da seguinte maneira:

- Artigo I: Determinação de condições de conforto térmico e avaliação do comportamento alimentar de codornas europeias de corte com utilização de análise digital de imagens.

- Artigo II: Análise da variação da massa corporal de codornas europeias de corte por meio de análise de imagens digitais.

- Artigo III: Metodologia para determinação de conversão alimentar, baseado na frequência ao comedouro e na massa corporal de codornas europeias de corte, usando análise de imagens digitais.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. I. M. **Efeito de linhagem e de nível protéico sobre o desempenho e características de carcaça de codornas (*Coturnix sp*) criadas para corte.** Tese (Doutorado em Melhoramento Genético) - Instituto de Biociências – IB, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

ALMEIDA, M. I. M. DE; OLIVEIRA, E. G. DE; RAMOS, P. R. R.; Desempenho produtivo para corte de machos de codornas (*Coturnix Sp.*) de duas linhagens, submetidos a dois ambientes nutricionais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 6, 2002, Campo Grande, **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2002.

CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; MESQUITA FILHO, R. M.; SOUSA, F. C. Análise de imagens digitais para a avaliação do comportamento de pintainhos de corte. **Engenharia Agrícola** (Impresso), v. 31, p. 418-426, 2011.

CORRÊA, G. S. S.; SILVA, M. A.; CORRÊA, A. B.; Almeida, V.; FONTES, D. O.; TORRES, R. A.; DIONELLO, N. J. L.; FREITAS, L. S.; VENTURA, R. V.; PAULO, A. A.; SILVA, J. V.; SANTOS, G. G. Exigências de metionina + cistina total para codornas de corte em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.3, p.414-420, 2006.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal.** Viçosa: UFV, 269 p. 2010

BOARETTO, N.; BERNARDO, J. I.; REIS, D. R.; SCANDELARI, L. Inovação em processo e produto: Um estudo de caso no controle da produção em aviários de postura. In: XXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Resumos...** Porto Alegre, 2005.

DOZIER III, W. A.; PURSWELL, J. L.; BRANTON, S. L. Growth Responses of Male Broilers Subjected to High Air Velocity for either Twelve or Twenty-Four Hours from Thirty-Seven to Fifty-One Days of Age. **Journal Applied Poultry Research**, Stanford, v.15, n. 3, p.362–366, 2006.

FIGUEIREDO, G. F.; DICKERSON, T. W. BENSON, E. R.; VAN WICKLEN, G. L.; GEDAMU, N. Development of machine vision based poultry behavior analysis system. (ASAE Paper, 033083) In: **ASAE Metting**, Las Vegas, USA. 2003.

FURLAN, R. L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 7., 2006, Chapecó. **Anais...** Chapecó: EMBRAPA SUÍNOS E AVES, 2006. p. 104-135.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing.** Addison Wesley, 1992. New York. 716p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Produção da pecuária municipal. Disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=2002&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2002&id_pagina=1). Acesso em abril de 2012.

LU, Q.; WEN, J.; ZHANG, H. Effect of chronic heat exposure on fat deposition and meat quality in two genetic types of chicken. **Poultry Science**, Champaign, v.86, n.1, p.1059–1064, 2007.

MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

MAS, H.A.R. et al. Energia metabolizável de alimentos protéicos para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, 2.; CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, 2004, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. p. 204

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

MÓRI, C.; GARCIA, E. A.; PAVAN, A. C.; PICCININ, A.; PIZZOLANTE, C. C. Desempenho e Rendimento de Carcaça de Quatro Grupos Genéticos de Codornas para Produção de Carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.870-876, 2005.

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M. V.; CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.797-803, 2006.

RODRIGUES, V. C.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O. Visão Computacional: Distribuição espacial de aves poedeiras em condições de conforto e estresse. **Engenharia Rural**, v. 18, p. 09-16, 2007.

SEVEGNANI, KELLY B.; CARO, I. W.; PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; MOURA, D. J. Zootecnia de precisão: análise de imagens do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1. Campina Grande, p.115-119, 2005.

SHAO, J.; XIN, H.; Harmon J. D. Comparison of image feature extraction for classification of swine thermal comfort behavior. **Computer and Electronics in Agriculture**, v.21, p.1-18, 1998.

SILVA, I. J. O.; PANDORFI, H.; PIEDADE, S. M. S. Influência do sistema de alojamento no comportamento e bem-estar de matrizes suínas em gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1319-1329, 2008.

SILVA, R. M.; FURLAN, A. C.; TON, A. P. S.; MARTINS, E. N.; SCHERER, C.; MURAKAMI, A. E. Exigências nutricionais de cálcio e fósforo de codornas de corte em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1509-1517, 2009.

SINGH, R.V.; NARAYAN, R. Produção de codornas nos trópicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 2002, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. p.27-36.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.3, n.1, p.1-26, 2001.

VXIA - **Sistemas de Visão Artificial**. (2004). Disponível em: <http://www.vxia.com.br/>. Acesso em agosto de 2012.

XIN, H.; SHAO, J. Real-time assessment of swine thermal comfort by computer vision. In World Congress of computers in agriculture and natural resources, 2., Foz do Iguaçu, 2002. **Proceedings**. Foz do Iguaçu: ASAE, 2002. p. 362-369.

### **3. ARTIGO I: Determinação de condições de conforto térmico e avaliação do comportamento alimentar de codornas europeias de corte com utilização de análise digital de imagens**

#### **3.1. RESUMO**

Este trabalho foi realizado com o objetivo de desenvolver uma metodologia baseada na análise de imagens digitais para verificar o comportamento alimentar de codornas europeias de corte em diferentes condições ambientais, por meio do tempo de permanência destas aves no comedouro. Da mesma forma, avaliar quais seriam as faixas de temperatura que representariam as condições reais de conforto para as codornas de corte, segundo suas diferentes idades. Um algoritmo foi desenvolvido para analisar vídeos gravados em câmaras climáticas onde foram alojadas trezentas codornas de corte submetidas a três diferentes condições térmicas (conforto térmico, calor moderado e calor severo), dos 21 aos 35 dias de idade. O algoritmo implementado mensurou a frequência de uso do comedouro para verificar a influência do ambiente térmico sobre o comportamento alimentar das aves. Observou-se que as aves alojadas na condição térmica conforto térmico apresentaram maior frequência de uso do comedouro, seguidas pelas aves submetidas à condição calor moderado e, pelas aves da condição calor severo. Os resultados encontrados demonstram a susceptibilidade das codornas ao ambiente térmico, pois, o aumento do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), provocou redução no consumo de ração, observado tanto pela menor frequência ao comedouro, em média houve um decréscimo de 19,8% no tempo de uso do comedouro, quanto pelos dados obtidos no experimento, redução de 23,8 g de ração consumida. As faixas de valores de Tar e ITGU que garantiram maior frequência de uso do comedouro e maior consumo de ração situaram-se entre, 25,7 °C e 30,9 °C e 74,6 e 80,4, respectivamente. A metodologia empregada, determinação da frequência de uso do comedouro, mostrou-se eficaz, livre de subjetividade e da influência de observações humanas na classificação do ambiente térmico de codornas de corte.

**Palavras chave:** processamento de imagens, avicultura de corte, consumo de ração

### **3.2. ABSTRACT**

The objective of this work was to develop a method for evaluation of the feeding behavior of European quail based on digital image processing techniques considering the birds' presence frequency in the feeder. An algorithm was developed in order to conduct the analyses of the recorded videos taking with cameras installed in environmental chambers with distinct environment conditions (comfort temperature, moderate hit and severe hit). The birds were evaluated from the 21<sup>st</sup> to the 35<sup>th</sup> days of age. The implemented algorithm was capable of determine the frequency that the feeder was being visited by birds in order to verify the environment influence upon the feeding behavior of the tested birds. According to the results, it was found that the birds under comfort temperature presented a higher presence frequency in the feeder, followed by the condition of moderate hit and severe hit. The results indicated the birds susceptibility to the thermal environment, since, the increase of Globe Temperature and Humidity Index (THI) resulted on a decrease on the feed consumption. The decrease on feed consumption was observed by the lower frequency of presence at the feeder (decrease of 19.8 %) and also, the amount of feed measured in the experiment indicate a reduction of 28g in the feed consumption. The ranges of air temperature and THI that ensured higher frequency of presence at the feeder were between 25.7 C and 30.9 C for temperature and 74.6 and 80.4 for THI. The proposed method presented satisfactory performance when classifying thermo environmental conditions for European quail, being such an approach independent of the subjectivity and influence of a human observer.

**Key words:** image processing, poultry, feed consumption

### **3.3. INTRODUÇÃO**

As codornas são animais homeotérmicos e, por isso, têm sua capacidade produtiva, reprodutiva e de sobrevivência influenciada pelas condições térmico-ambientais (incluindo temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação) do meio onde estão inseridas. Assim sendo, quando expostas a condições ambientais desfavoráveis, fora dos limites da termoneutralidade, responderão com comportamentos alimentares e físicos característicos.

A exposição a altas temperaturas, por exemplo, faz com que as aves alterem seu comportamento para proporcionar a máxima perda de calor para o ambiente e minimizar a sua produção de calor. Segundo OLIVEIRA et al. (2006), na tentativa de manter a temperatura corporal dentro dos limites fisiológicos (quando há aumento da temperatura corporal em função de aumento na temperatura ambiental), as aves aumentam a frequência respiratória e reduzem o consumo de ração.

Baseando-se nesta relação da ave com o ambiente de criação, o comportamento animal passou a ser estudado como forma de avaliar o ambiente produtivo. Os estudos de análise comportamental principiaram com observações visuais efetuadas por um observador humano; o sistema consiste na entrada de um observador no ambiente de criação para que, por um determinado tempo, este observe os animais e classifique o comportamento destes sob determinadas condições.

Com o avanço da tecnologia, o surgimento da análise de imagens digitais proporcionou uma alternativa à avaliação humana do comportamento animal. Nesse sistema, o monitoramento dos animais é realizado por meio da utilização de câmeras conectadas a computadores para permitir a aquisição e armazenamento das imagens e, posteriormente, processamento e interpretação das mesmas via algoritmos especialmente desenvolvidos para este fim.

O sistema baseado na interpretação de imagens digitais apresenta vantagens, como, permitir medições exatas baseadas na contagem dos *pixels* da imagem, retirar o observador do ambiente de criação dos animais, reduzindo drasticamente a susceptibilidade aos recorrentes erros em avaliações presenciais, e, extrair informações de um banco de dados monitorado por um longo período de tempo.

Os primeiros trabalhos de comportamento animal a utilizar imagens digitais propunham a captura e armazenamento das imagens para posterior avaliação humana; a vantagem deste método em relação às observações visuais tradicionais estava em retirar o observador da cena, o que deixava de inibir o comportamento natural dos animais.

São exemplos de utilização de imagens digitais os trabalhos desenvolvidos por SEVEGNANI et al. (2005), quando o comportamento de frangos de corte foi avaliado por meio da visualização de imagens gravadas, para permitir a contagem de tempo de uso de bebedouros e de comedouros e, por SILVA et al. (2008), que

utilizaram registro semanal de imagem para, posterior avaliação visual do comportamento de matrizes suínas em gestação.

Em segunda instância, os trabalhos objetivavam buscar formas de avaliar o comportamento animal por meio da utilização de técnicas de análise digital de imagens com processos de medição quantitativa de um determinado aspecto da imagem. Segundo GONZALEZ e WOODS (1992), neste processo é gerada uma descrição da imagem por meio de um gráfico ou valor referente à propriedade da mesma, sendo necessária a utilização de um conjunto de algoritmos específicos para interpretá-la. Sendo assim, a sequência destes algoritmos gera resultados para um conjunto específico de imagens, não podendo ser generalizados para demais estudos.

Neste sentido, buscar aspectos da imagem que possibilitem a sua mensuração norteou diversos trabalhos, com destaque para os que buscaram relacionar o comportamento apresentado com as condições térmicas do ambiente produtivo. Entre estes aspectos estudados, encontram-se a quantificação da presença e frequência das aves no comedouro, a distribuição espaço-temporal, os padrões de postura corpórea, a resposta termal de agrupamento e o estudo da locomoção das aves dentro das instalações.

SERGEANT et al. (1998) propuseram o estudo da locomoção como um indicador do estado total de bem-estar. A interação de frangos de corte com comedouros e bebedouros por meio de trilhas detectadas por sequências de imagens foi avaliada usando procedimentos de segmentação e produção de centroides de cada frango por meio de uma análise de correspondência quadro a quadro.

FIGUEIREDO et al. (2003) desenvolveram um sistema utilizando algoritmos para determinação da resposta termal por agrupamento e atividades de comer e beber, com objetivo de estudar e analisar o comportamento alimentar de frangos de corte em granjas comerciais.

RODRIGUES et al. (2007) desenvolveram metodologia para avaliar o comportamento de aves poedeiras em diferentes condições térmico-ambientais. Os autores partiram da hipótese de que existe uma distribuição espacial padrão das aves em condições de estresse e de conforto, e certo padrão de postura para certos comportamentos como comer, beber, estar parada, sentada, ciscando e investigando penas. Na pesquisa, o comportamento comer indicava que a ave estava se alimentando e era caracterizado pela presença da cabeça da ave no comedouro.

Em seu experimento, MOGAMI (2009) desenvolveu uma metodologia para avaliar o bem estar de frangos de corte; para tanto, criou dois índices de frequência ao comedouro, o ICRC (índice de competição relativa ao comedouro), com o objetivo de mensurar a quantidade de frangos presentes na região do comedouro, e o ICEC (índice de competição efetiva ao comedouro) para determinar o número de cabeças no interior do comedouro.

Os trabalhos que objetivaram mensurar a presença e frequência das aves no comedouro se basearam na relação existente entre o consumo de ração e o conforto térmico. Sabe-se que a digestão dos alimentos pelo animal resulta em produção de calor, dessa forma, uma codorna, assim como os frangos de corte, quando mantida em temperaturas altas evitará a ingestão voluntária de ração, a fim de impedir que sua temperatura corporal aumente ainda mais.

Os resultados do estudo desenvolvido por SEVEGNANI et al. (2005) em câmara climática com frangos de corte para verificar o tempo despendido no comedouro e no bebedouro, em quatro condições de estresse (1 -  $T = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $\text{UR} = 60\%$ ; 2-  $T = 31\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $\text{UR} = 65\%$ ; 3 -  $T = 34\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $\text{UR} = 70\%$  e 4 -  $T = 37\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $\text{UR} = 75\%$  ), provaram que quanto maior a temperatura ambiente, maior a ingestão de água e menor a ingestão de ração, resultando, conseqüentemente, em menor frequência ao comedouro.

Diante do exposto, percebe-se que avaliar a frequência de codornas no comedouro pode indicar a condição térmico-ambiental do ambiente de criação destas aves. Assim sendo, objetivou-se com esta pesquisa, desenvolver uma metodologia baseada na análise de imagens digitais para verificar o comportamento de codornas europeias de corte em diferentes condições ambientais, por meio do tempo de permanência destas aves no comedouro. Da mesma forma, avaliar quais seriam as faixas de temperatura que representariam as condições reais de conforto para as codornas de corte, segundo suas diferentes idades.

### **3.4. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido em cinco câmaras climáticas localizadas na área experimental do 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, Viçosa – MG

Um sistema de aquisição de imagens foi instalado nestas câmaras climáticas, visando avaliar a frequência de codornas no comedouro, como indicativo das condições térmico-ambientais do ambiente de criação destas aves, bem como avaliar quais seriam as faixas de temperatura que representariam as condições reais de conforto para as codornas de corte, segundo suas diferentes idades.

Para isto, as codornas europeias foram alojadas nas cinco câmaras climáticas, tendo o experimento sido conduzido em duas fases: fase inicial de criação, do 1º ao 21º dia de vida das aves, e fase de crescimento final, do 21º dia ao abate, ocorrido aos 35 dias de idade dos animais. Foram utilizadas apenas imagens da segunda fase experimental, quando as aves estavam com idade entre 21 e 35 dias, sendo que a impossibilidade de avaliação do comportamento durante a primeira fase de crescimento das codornas deveu-se ao minúsculo tamanho destas em relação ao comedouro tipo bandeja usualmente empregado na fase inicial, visando garantir o acesso das mesmas à ração. Este fato acarretou a permanência das codornas dentro do comedouro, mesmo quando não estavam se alimentando, conforme pode ser observado na Figura 1.1. Sendo assim, descartou-se desta avaliação, a fase compreendida entre o 1º e 21º dia de vida das aves.

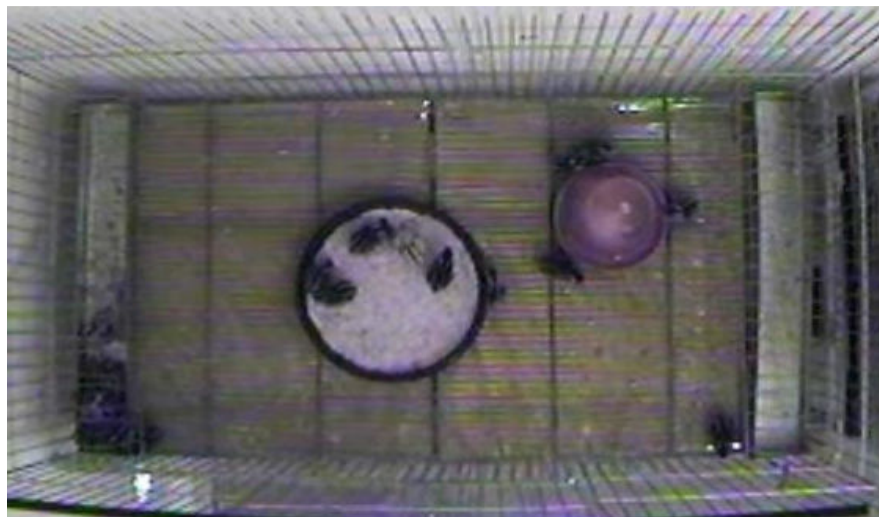


Figura 1.1. Exemplo de um quadro capturado na primeira fase experimental, no qual se observa a permanência das codornas dentro do comedouro, possivelmente mesmo nos períodos em que as mesmas não estão se alimentando.

Foram utilizadas 300 codornas europeias de corte, provenientes da primeira fase experimental. Foram alojadas 10 aves por gaiola, com uma área disponível de 500 cm<sup>2</sup> / ave, sendo que cada gaiola possuía área de 0,5 m<sup>2</sup> (0,5m de largura x 1,0m de comprimento x 0,5 m de altura).

Trinta gaiolas foram utilizadas, sendo distribuídas nas câmaras climáticas da seguinte forma, 5 gaiolas nas câmaras 2, 3, 4 e 5, e 10 gaiolas na câmara 1. Este arranjo foi necessário em virtude do número de câmaras climáticas disponíveis e do número de tratamentos aplicados.

As câmaras climáticas eram mantidas em temperatura constante ao longo do dia, em função da fase experimental, da semana de criação e dos tratamentos aplicados, conforme Tabela 1.1. Ressalta-se que na câmara 1 a condição era de conforto térmico (CT), nas câmaras 2 e 4, condição calor moderado (CM) e nas câmaras 3 e 5, condição calor severo (CS), assim estabelecidos segundo os padrões preconizados pela literatura (SINGH e NARAYAM, 2002).

Tabela 1.1. Tratamentos utilizados na segunda fase de experimento

Condição	Temperaturas (°C)	
	4º semana (21 a 28 d)	5º semana (28 a 35 d)
*Conforto térmico (CT)	26	25
Calor moderado (CM)	30	30
Calor severo (CS)	33	33

\*Condição preconizada como de conforto térmico para codornas (SINGH e NARAYAM, 2002).

Com auxílio de um sistema automatizado de monitoramento, a umidade relativa do ar era mantida em 55% ± 5% em todas as câmaras climáticas. Também era utilizado um sistema de ventilação mínima, com renovação de ar a cada 15 minutos, visando manter a qualidade do ar em boas condições, de tal maneira que somente a temperatura fosse o agente desencadeador de eventuais diferenças de comportamento das codornas.

As aves receberam ração e água *ad libitum*. Para tanto, foram instalados dentro de cada gaiola um bebedouro tipo copo de pressão e um comedouro, na 1ª fase experimental visando possibilitar acesso facilitado da ave ao alimento o

comedouro utilizado era tipo bandeja, na segunda fase experimento, com o crescimento das aves e visando reduzir desperdício de ração o comedouro utilizado foi o tipo calha.

### 3.4.1. Instrumentos e medições

Os valores das variáveis que compuseram o ambiente térmico: temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR) e temperatura de globo negro (Tgn), foram obtidos por meio de sistemas automatizados de aquisição de dados, com medições realizadas a cada 5 min, 24 h por dia, durante todo o período experimental.

Para a mensuração de Tar e UR, foram utilizados os sensores/registadores Hobo H08 Pro (-30°C a +50°C, 0 - 100%), com precisão de  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  e  $\pm 3\%$ . Para a obtenção dos valores de Tgn, foi colocado um globo negro no centro de cada câmara climática, tendo sido alocado, internamente, em cada globo um sensor Hobo H08 (-20°C a +70°C). Todos os sensores, assim como o globo negro, foram instalados à altura das aves, na parte exterior das gaiolas e em ponto representativo da temperatura da câmara climática.

Os valores do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) foram calculados em função dos dados de Tgn e Tpo, por meio da Equação 1 (BUFFINGTON et al., 1981). O ITGU considera, em um único valor, os efeitos da temperatura de bulbo seco, umidade do ar, radiação solar emitida pelas superfícies da instalação e velocidade do ar.

$$\text{ITGU} = \text{Tgn} + 0,36\text{Tpo} - 41,5 \quad (1)$$

em que,

Tgn é a temperatura de globo negro, °C;

Tpo é a temperatura do ponto de orvalho, °C.

Foram coletados e registrados aos 21, 28 e 35 dias (momento do abate), os dados referentes ao desempenho zootécnico das codornas: peso (g); ganho de peso (g); consumo de ração (g) e conversão alimentar. As aves e as eventuais sobras de ração foram pesadas com auxílio de uma balança digital, com sensibilidade de  $\pm 0,001$  kg, para determinar ganho de peso e consumo de ração real, descontando-se o desperdício.

A fim de verificar o efeito das condições térmicas avaliadas sobre o desempenho zootécnico das aves utilizou-se a análise de variância e, em função dos resultados dos testes F, foi aplicado o teste de Scott-Knott, quando necessário. O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso e os tratamentos se apresentaram em um arranjo fatorial 3x3, sendo três condições térmico-ambientais (conforto térmico, calor moderado e calor severo) e três idades (21, 28 e 35 dias), com 10 repetições, sendo cada repetição composta por uma unidade experimental (gaiola) com 10 aves. Em todas as análises efetuadas, assim como os testes aplicados, utilizou-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2000).

### 3.4.2. Sistema de aquisição de imagens

Um total de 18 câmeras com resolução mínima de 420 linhas, lente com distância focal de 3,6 mm, foram instaladas no interior das câmaras climáticas e, estavam conectadas a dois microcomputadores por meio de duas placas de captura de imagens de 16 canais, sendo estas instaladas no teto da câmara à altura fixa. A instalação foi feita de forma que a câmera ficasse localizada no centro da gaiola, conforme pode ser observado pela Figura 1.2.

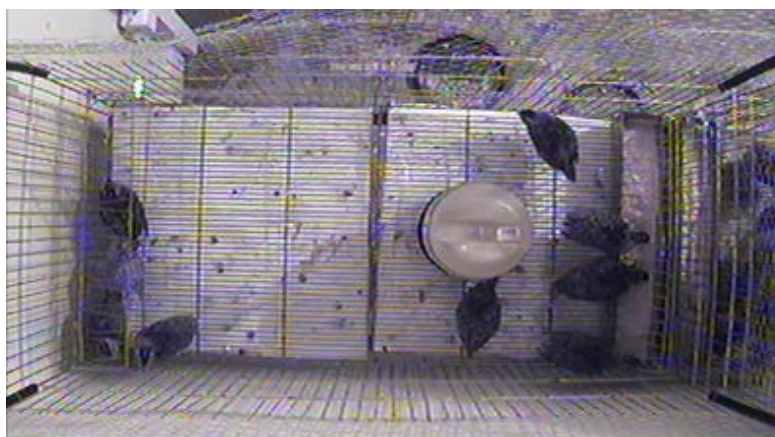


Figura 1.2 Exemplo de um quadro representando a área total capturada de 704x480 *pixels*.

Os vídeos gerados possuíam cerca de 30 quadros por segundo, com duração média de 1 min, sendo armazenados a cada 5 min por programa próprio da placa de captura, durante todo o período experimental, 24 h por dia.

Os quadros, imagens coloridas, de cada vídeo apresentavam-se com uma resolução de imagem de 704 x 480 *pixels*.

### **3.4.2.1. Períodos de análise de frequência no comedouro**

Os horários e o tempo de avaliação da frequência de utilização do comedouro pelas aves foram definidos em função da rotina de manejo das aves e da capacidade de processamento do computador, levando em consideração, ainda, o trabalho desenvolvido por RUDKIN e STEWART (2003).

O trabalho desenvolvido por RUDKIN e STEWART (2003), adotado por RODRIGUES et al. (2007) e BARBOSA FILHO et al. (2007), mostrou que o tempo necessário para uma boa avaliação dos comportamentos das aves seria de 1 a 2 h no período da manhã e de 1 a 2 h no período da tarde, com intervalo de análise a cada 30 s, uma vez que, os comportamentos tendem a se repetir ao longo do dia.

Assim, para determinação da frequência das codornas nos comedouros foram analisados 1296 vídeos, 12 vídeos por hora, em três períodos do dia, num total de 2 dias, para 18 câmeras de vídeo, durante a segunda fase experimental. Os horários selecionados foram:

Período 1 – 06:00 às 07:00 h

Período 2 – 10:00 às 11:00 h

Período 3 – 16:00 às 17:00 h

A rotina de manejo impossibilitou a utilização dos vídeos gerados no intervalo de 8:00 às 10:00 h e de 14:00 às 16:00 h, uma vez que nestes horários era comum a presença dos pesquisadores dentro das câmaras para fornecimento de ração, troca de água, verificação dos sistemas e coleta de dados inerentes as pesquisas desenvolvidas.

O horário de 13:00 às 14:00 h era destinado a cumprir o foto-período adotado dentro da câmara climática, 23 h de luz e 1 h de escuro (23L:1E).

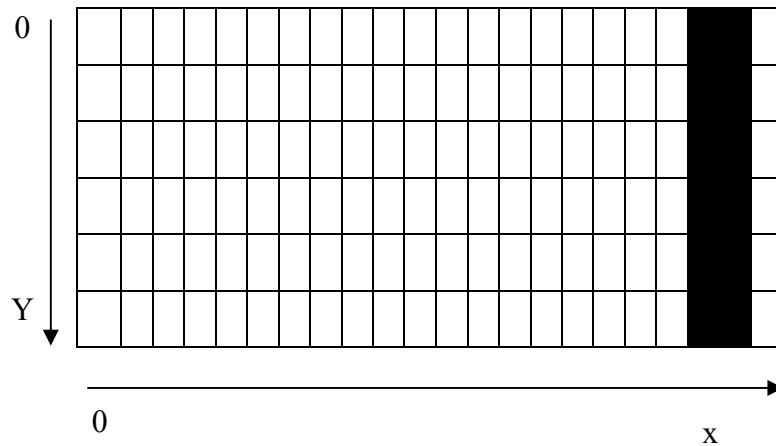
### **3.4.3. Descrição do algoritmo**

Como meio de preparar as imagens para posterior processamento, um algoritmo foi implementado. Este algoritmo teve como finalidade isolar a área do comedouro para permitir a contagem de codornas presentes neste. De forma simplificada, a Figura 1.3 apresenta o esquema de isolamento da área do comedouro.

a)



b)



c)



Figura 1.3. Exemplo de imagem utilizada para isolar o comedouro (a) Sistema de coordenadas (x, y) para localização do comedouro na imagem (b) comedouro isolado após ter sido obtida as suas coordenadas de localização (c).

O processamento dos vídeos foi realizado utilizando o programa computacional MATLAB 6.5<sup>®</sup>.

O algoritmo desenvolvido varria todos os quadros do vídeo, isolava a área de comedouro, segmentava os objetos presentes na imagem, retirava ruídos, verificava se havia codornas no comedouro, contava o número de objetos presentes

(cabeças no comedouro) em cada quadro e, ao final do processo, calculava a distribuição de frequência do número de codornas presentes no comedouro no decorrer dos vídeos para possibilitar a verificação do tempo de permanência das aves neste.

Para isolar a região de interesse na imagem, o comedouro, foi necessário obter previamente as coordenadas de cada comedouro em função da câmera que capturou os vídeos, já que, para cada câmera, os comedouros se localizavam em uma posição diferente dentro da gaiola, não sendo possível generalizar esta etapa do processo.

Depois de estabelecidas as coordenadas de localização do comedouro para uma determinada câmera, por meio do algoritmo o comedouro foi isolado em todos os quadros, de todos os vídeos gerados pela câmera em questão e seguiu-se com o processamento dos vídeos.

#### 3.4.3.1. Processamento dos vídeos

O processamento, aplicado após o comedouro ter sido isolado, visava condicionar o conjunto de vídeos para contagem da frequência de utilização do comedouro pelas codornas, em porcentagem de tempo, conforme representado na Figura 1.4.

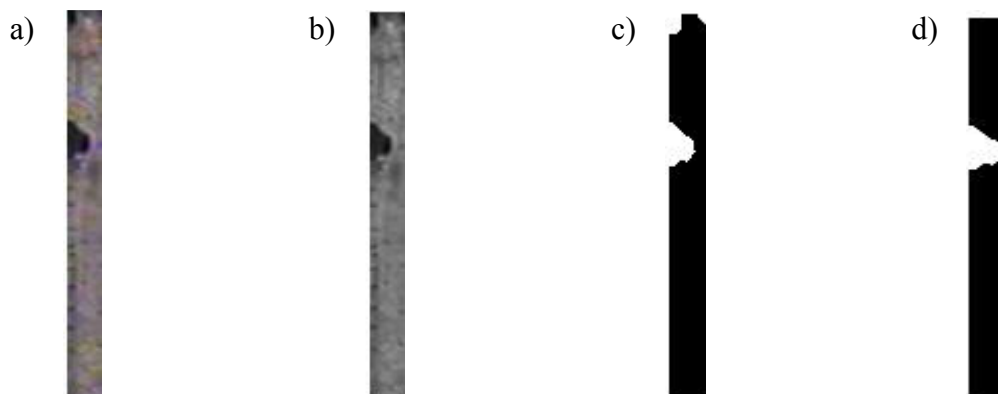


Figura 1.4. Imagem de um comedouro isolado (a), representada em escala de cinza (b), em imagem binária com presença de ruído (c) e, imagem pronta para contagem de objetos (d).

Dessa forma, com o comedouro isolado, a imagem gerada era transformada em escala de cinza, depois segmentada. O processo de segmentação visava separar as regiões da imagem em duas classes (o fundo e o objeto) a fim de produzir uma

imagem binária, tendo sido utilizado para tanto o método automático de definição do limiar proposto por OTSU (1979). Esse método de limiarização baseia-se na análise discriminante, buscando determinar um limiar ótimo  $k^*$  que maximiza a variância entre as classes, conforme Equação 2.

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{0 \leq x \leq \text{imax}} \sigma_B^2(k) \quad (2)$$

onde,

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_T(\omega_k - \mu_k)]^2}{\omega_k[1 - \omega_k]}$$

e  $k$ : representa os possíveis tons de cinza;

$\mu_T$ : média de todo histograma;

$\omega_k$ : probabilidade de ocorrência da classe  $k$ ;

$\mu_k$ : média da classe adotando o limiar  $k$ .

Com a utilização do método de OTSU (1979), apresentado acima, ocorreu a partição do histograma, os *pixels* que possuíam valores maior ou igual ao limiar foram convertidos em branco e os demais em preto. Nas imagens binárias, as codornas foram representadas com *pixels* de valor unitário, e todo o comedouro foi representado com *pixels* de valor zero.

Após a segmentação, foi necessário retirar ruídos que poderiam confundir o algoritmo na contagem das codornas, tendo sido necessário aplicar o processo de abertura para remoção de pequenos objetos. O processo consistiu na aplicação de um elemento morfológico circular que realizou a erosão binária dos objetos presentes na imagem, apagando os objetos menores que o elemento estruturante e, dilatando, com o mesmo elemento estruturante, os objetos restantes na imagem. Foram considerados objetos pequenos aqueles cuja área era inferior ao tamanho da área superficial da cabeça de uma codorna, sendo este valor determinado por visualizações prévias de alguns vídeos.

### 3.4.3.2. Frequência de uso do comedouro

Com objetivo de determinar com que frequência de tempo as codornas utilizavam o comedouro, foi desenvolvido um algoritmo para contar

automaticamente o número de objetos (cabeças) no interior do comedouro. Por meio da utilização do algoritmo mensurava-se quantos objetos (0, 1, 2, 3 ..., n,) existiam no comedouro, armazenava estes dados e calculava a distribuição de frequência de forma a apresentar a percentagem de dados classificados como presença de codornas no comedouro e, assim possibilitar que o tempo de uso do comedouro fosse estimado. O algoritmo foi implementado de acordo com o esquema mostrado na Figura 1.5.

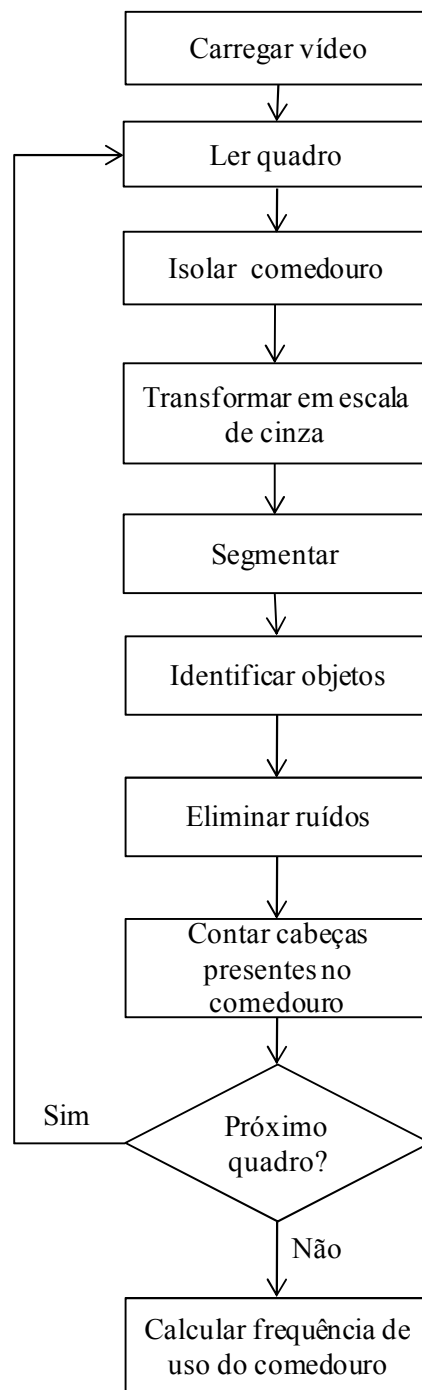


Figura 1.5. Fluxograma do processamento para determinação da frequência de utilização do comedouro pelas codornas.

Os vídeos utilizados foram selecionados em função da câmera de vídeo, câmara climática e condição térmica imposta.

#### 3.4.4. Avaliação da metodologia

Para verificar a eficácia da metodologia proposta, os dados da frequência no comedouro provenientes da contagem feita pelo algoritmo foram comparados com a contagem realizada pela visualização de uma amostra de 200 vídeos, por observador treinado.

### 3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.5.1. Avaliação térmico-ambiental

A fim de verificar as condições do ambiente térmico no interior das câmaras climáticas, as variáveis temperatura, umidade relativa e Índice de Temperatura de Globo e Umidade foram avaliadas.

Na Tabela 1.2 estão apresentadas as médias de Tar, UR e ITGU para cada condição térmica estudada ao longo da 2ª fase experimental. Observa-se que os valores de temperatura do ar e umidade relativa mantiveram-se próximos aos valores propostos para cada condição térmico-ambiental.

Tabela 1.2. Médias e desvios padrões da temperatura do ar, umidade relativa e índice temperatura de globo e umidade para cada condição térmica avaliada

Condição	Tar (°C)	UR (%)	ITGU
Conforto térmico	26,3 ± 0,6	60,7 ± 4,5	75,3 ± 0,7
Calor moderado	30,5 ± 0,4	61,1 ± 3,5	79,9 ± 0,5
Calor severo	33,2 ± 0,2	61,0 ± 6,4	82,2 ± 0,4

Na literatura ainda não existem valores específicos de ITGU para codornas de corte. Entretanto, se os valores obtidos forem comparados com as faixas de valores de frangos de corte, os valores encontrados para as condições de calor moderado e severo estariam realmente acima do limite de conforto; segundo

MEDEIROS et al. (2005), ITGU de 78 a 88 caracteriza ambiente quente para frangos de corte. Para MORAES et al. (1999), o limite máximo de ITGU tolerado por frangos de corte com mais de três semanas de idade seria o valor de 76.

### 3.5.2. Avaliação de desempenho do algoritmo

A fim de verificar o desempenho do algoritmo em contabilizar a frequência das aves no comedouro, os resultados gerados foram comparados à contagem manual do número de aves presentes no comedouro (Tabela 1.4).

Tabela 1.4. Erros e valores percentuais médios de frequência de tempo ao comedouro para as condições térmicas estudadas pelo método de análise visual e pelo método computacional nos períodos avaliados, P1 (06 às 07 h), P2 (10 às 11 h) e P3 (16 às 17 h)

Condição térmica	Método Visual			Método computacional			Erro percentual		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Conforto térmico	53,40	75,20	63,02	51,67	70,20	66,02	3,34	7,12	4,54
Calor moderado	47,00	54,35	53,63	46,77	53,35	50,79	0,49	1,87	5,59
Calor severo	44,50	44,85	44,11	38,94	45,76	43,74	14,27	1,99	0,84
						Média	6,03	3,66	3,66

Os valores encontrados no método computacional são condizentes com os valores do método visual. Uma vez mais as aves alojadas em conforto apresentaram maior frequência de uso do comedouro, seguidas pelas aves submetidas ao calor moderado e pelas as aves em situação de estresse por calor severo.

Os dois métodos apresentam resultados condizentes com as condições térmicas impostas, o aumento da temperatura no interior das câmaras climáticas em função das condições testadas provocou redução no consumo de ração estando de acordo com FARIA FILHO et al. (2006), o qual relatou que o aumento da temperatura ambiente provocou diminuição no consumo de ração por frangos de

corte com idade de 42 a 49 dias; os frangos ao serem submetidos a temperatura de 20 °C apresentaram consumo de ração de 1.444 g; com aumento da temperatura do ar para 25°C o consumo diminuiu para 1.266 g, e aos 32 °C o consumo caiu para 1.036 g.

Houve um erro percentual médio de classificação de até 6,03% entre o método visual e o computacional, mostrando que a avaliação do tempo despendido ao comedouro pelas aves, por meio da utilização da análise de imagens, poderia atuar como suporte a tomada de decisão para o acionamento dos sistemas de climatização da instalação avícola, já que estes até então se baseiam apenas na mensuração da temperatura do ar e, em alguns casos, da umidade relativa.

### 3.5.3. Determinação da frequência de codornas no comedouro

Os resultados das análises de porcentagem de tempo despendido no comedouro pelas codornas de corte, mensurados pela contagem de cabeças no comedouro, por meio do algoritmo desenvolvido, estão apresentados na Figura 1.6. Nesta figura observam-se também as médias de ITGU para as condições térmicas estudadas em todos os períodos avaliados.

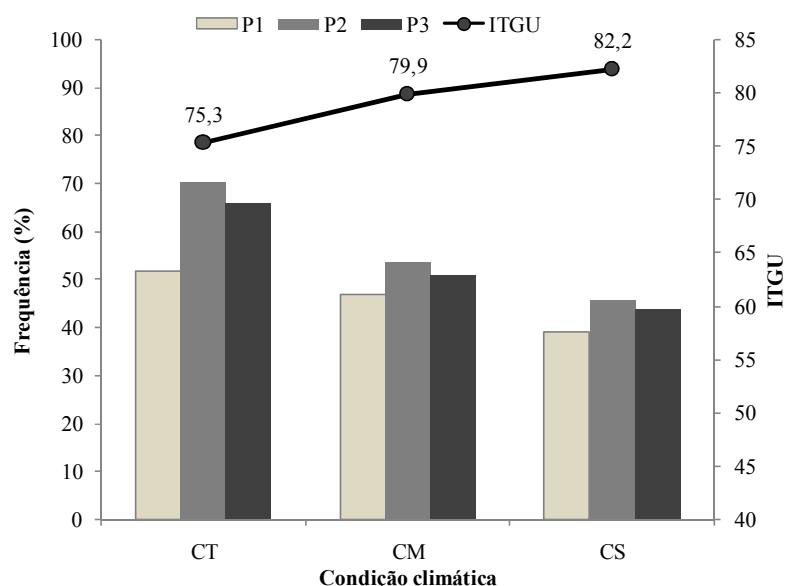


Figura 1.6. Frequência média de uso do comedouro e Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) para as condições térmicas estudadas, CT (Conforto térmico), CM (Calor moderado) e CS (Calor severo), nos diferentes períodos avaliados, P1 (06 às 07 h), P2 (10 às 11 h) e P3 (16 às 17 h).

As aves alojadas na condição térmica CT apresentaram maior frequência de uso do comedouro. As aves permaneceram no comedouro por aproximadamente 51 a 70% do tempo nos períodos avaliados, seguidas pelas aves submetidas à condição de CM, 47 a 50 % do tempo despendido no comedouro, e pelas aves da condição CS, 38 a 45% do tempo.

Foi notória a existência de relação inversa do ITGU com a frequência de uso do comedouro. Com o aumento do ITGU, provocado pelas condições térmicas impostas, houve decréscimo do tempo despendido pelas aves no comedouro, fato atribuído a tentativa involuntária das aves em reduzir o incremento calórico, gerado pelas condições ambientais, por meio da ingestão de menor quantidade de ração.

Por observação visual do comportamento de frangos de corte criados em diferentes condições térmicas, CASSUCE (2011) observou que em condições de estresse por calor as aves diminuíram a frequência de ida ao comedouro e permaneceram mais tempo próximas ao bebedouro.

Os resultados encontrados estão de acordo com outras pesquisas, como as conduzidas por MEDEIROS et al. (2005), que constatou redução de 43% na ingestão de alimentos por frangos de corte, quando alojados em ambientes considerados quentes, como valores de ITGU de 78 a 88. Nos trabalhos realizados por SEVEGNANI et al. (2005) e RODRIGUES et al. (2007), avaliando frangos de corte e poedeiras, respectivamente, verificou-se que o aumento de temperatura, acima da faixa considerada confortável para as aves, provocou aumento de frequência das mesmas nas regiões de bebedouro e reduziu na região de comedouro.

Com relação aos períodos avaliados, observa-se que, independente da condição térmica imposta, houve uma maior frequência de utilização do comedouro no Período 2 (de 10 às 11 h). Este comportamento pode ser atribuído ao manejo diário (troca de água e fornecimento de ração) ter sido normalmente realizado às 8 h da manhã, próximo ao horário avaliado, estimulando a ingestão alimentar neste período.

Por meio dos dados de desempenho produtivo apresentados na Tabela 1.3, é possível verificar que o algoritmo implementado foi capaz de detectar variação na frequência de uso do comedouro em função das condições térmicas impostas. Pelos dados médios, observa-se um maior consumo de ração pelas aves mantidas em

conforto térmico e calor moderado em relação àquelas mantidas em condições de calor severo ( $p < 0,05$ ).

Os dados obtidos estão de acordo com os obtidos por CASSUCE (2011) para frangos de corte, que observou que em condições de estresse por calor houve menor peso corporal das aves devido à diminuição no consumo de ração em função da redução no metabolismo da ave.

Observa-se ainda, que as aves não apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) quanto ao ganho de peso e conversão alimentar para todas as condições térmicas estudadas.

Tabela 1.3. Desempenho produtivo de codornas de corte de 21 a 35 dias de idade em função da condição térmica de alojamento

Condição térmica	Consumo de ração (g/semana)	Ganho de peso (g/ave)	Conversão alimentar
Conforto térmico (CT)	172,36 a	60,60 a	3,40 a
Calor moderado (CM)	186,88 a	55,39 a	3,69 a
Calor severo (CS)	192,17 b	53,02 a	3,86 a

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

### 3.6. CONCLUSÕES

Com base na pesquisa realizada e pelos resultados encontrados, pode-se concluir que:

A metodologia proposta, frequência de uso do comedouro, apresentou-se como uma ferramenta eficiente na identificação do comportamento de codornas frente às diferentes condições térmico-ambientais avaliadas.

Os resultados encontrados demonstram a susceptibilidade das codornas ao ambiente térmico, pois, com o aumento do ITGU, houve redução no consumo de ração, observado tanto pela menor frequência ao comedouro, em média houve um decréscimo de 19,8% no tempo de uso do comedouro, quanto pelos dados obtidos no experimento, redução de 23,8 g de ração consumida. As faixas de valores de Tar e

ITGU que garantiram maior frequência de uso do comedouros e maior consumo de ração situaram-se entre, 25,7 °C e 30,9 °C e 74,6 e 80,4, respectivamente.

Dessa forma, é de fundamental importância que o ambiente de produção de codornas seja mantido o mais próximo possível da temperatura de conforto considerado para as aves, como garantia de maior produção de carne e, portanto, de maior lucratividade na atividade, levando à condição de sustentabilidade na produção.

### 3.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O.; SILVA, M. A. N.; SILVA, C. J. M. Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando seqüência de imagens. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n.1, p.93-99, 2007.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PIT, D. Black globe-humidity index (ITGU) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p. 711-714, 1981.

CASSUCE, D. C. **Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Viçosa: UFV, 2011.

FARIA FILHO, D. E.; ROSA, P. S.; FIGUEIREDO, D. F.; DAHLKE, F.; MACARI, M.; FURLAN, R. L. Dietas de baixa proteína no desempenho de frangos criados em diferentes temperaturas. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.41, n.1, p.101-106, jan. 2006.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - Sistema de análise estatística para dados balanceados. Lavras: UFLA/DEX, 2000.

FIGUEIREDO, G. F.; DICKERSON, T. W. BENSON, E. R.; VAN WICKLEN, G. L.; GEDAMU, N. Development of machine vision based poultry behavior analysis system. (ASAE Paper, 033083) In: **ASAE Metting**, Las Vegas, USA. 2003.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing**. Addison Wesley, 1992. New York. 716p.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T. A.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v.1, p.277-286, 2005.

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

MORAES, S. R. P.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; CECON, P. R. Conforto térmico em galpões avícolas, sob coberturas de cimento-amianto e suas diferentes associações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.89-92, 1999.

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M. V.; CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.797-803, 2006.

OTSU, N. A threshold selection method from gray-level histograms, **IEEE Transactions on Systems**, vol. 9, pp. 62-66, 1979.

RODRIGUES, V. C.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O. Visão Computacional: Distribuição espacial de aves poedeiras em condições de conforto e estresse. **Engenharia Rural**, v. 18, p. 09-16, 2007.

RUDKIN, C.; STEWART, G.D. Behaviour of hens in cages – A pilot study using video tapes. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC), v.40, n.477, p.102, 2003.

SEVEGNANI, KELLY B.; CARO, I. W.; PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; MOURA, D. J. Zootecnia de precisão: análise de imagens do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1. Campina Grande, p.115-119, 2005.

SILVA, I. J. O.; PANDORFI, H.; PIEDADE, S. M. S. Influência do sistema de alojamento no comportamento e bem-estar de matrizes suínas em gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1319-1329, 2008.

SINGH, R.V.; NARAYAN, R. Produção de codornas nos trópicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 2002, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. p.27-36.

## **4. ARTIGO II: Metodologia para determinação da massa corporal de codornas europeias de corte por meio de análise de imagens digitais**

### **4.1. RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia de determinação de massa corporal de codornas de corte em diferentes idades por meio da implementação de um algoritmo usando a análise de imagens digitais, tendo como referência a área superficial das aves. Além disso, objetivou-se avaliar quais faixas de temperatura testadas representariam as condições reais de conforto para codornas de corte, segundo suas diferentes idades. Um sistema de aquisição de imagens foi instalado em cinco câmaras climáticas onde foram alojadas trezentas codornas europeias, do 21º dia ao abate, ocorrido aos 35 dias de idade, submetidas a três diferentes condições térmicas (conforto térmico, calor moderado e calor severo). A fim de estimar a massa corporal das codornas foi desenvolvido um algoritmo para determinar a área superficial de codornas de corte nas imagens, por meio da contagem dos *pixels*. Com base nos resultados, pode-se concluir que, o modelo empírico para determinação da massa corporal das aves em função do número de *pixels* nas imagens mostrou-se adequado para determinação da massa corporal de codornas de corte, com idade entre 21 e 35 dias, os valores da massa corporal estimada variaram entre 119,4 a 237,6 g. Os resultados encontrados demonstraram a tolerância das codornas de corte a temperaturas do ar de até 30,9 °C com ITGU de até 80,4.

**Palavras chaves:** ambiente térmico, massa corporal, processamento de imagens

### **4.2. ABSTRACT**

The objective of this work was to develop a methodology for determining body mass of meat quails at different ages using digital image processing techniques. The developed method was based on an algorithm that identified the bird as an image object and extracted the area and also major and minor axes in terms of number of pixels. The most comfortable temperature range regarding the growth environment according the different ages was also evaluated. An image acquisition system was installed in five environmental chambers in which 300 European quail were

monitored from their 21<sup>st</sup> day of age until 35<sup>th</sup>, when the birds were slaughtered. The birds were evaluated under three different hit conditions (comfort temperature, moderate hit and severe hit). The image processing algorithm was developed for computation of the area, minor and major axis of the segmented image objects (birds) in term of pixels. According to the results, the method presented satisfactory performance in determining body mass of the evaluated birds which presented values between 119.4 and 237.6 g. Furthermore, the results indicated that there was no difference in the body mass gain between conditions comfort temperature and moderate hit (temperature up to 30.9°C with Index Globe Temperature and Humidity up to 80.4).

**Key words:** thermo environment, body mass, image processing

### 4.3. INTRODUÇÃO

A introdução de matrizes de codornas selecionadas para corte e a comercialização de carcaças inteiras de codornas no Brasil ocorreu a partir de 1996. Desde então, a busca por maior peso ao abate e melhor conversão alimentar levou a utilização da codorna europeia, uma vez que estas codornas apresentam valores de taxa de crescimento e peso final superiores aos obtidos pelas de postura (japonesas), o que permite atingirem peso adequado ao abate em idade bastante precoce (MÓRI et al., 2005). De acordo com ALMEIDA et al. (2002), a linhagem europeia atinge peso 70% superior à linhagem japonesa na idade adulta, apresentando ainda qualidade de carne com características sensoriais de grande aceitabilidade pelo consumidor (OLIVEIRA et al., 2005).

Contudo, alcançar esse ganho de peso cada vez maior à custa do menor consumo de ração possível, demanda uma busca incessante em termos de desenvolvimento científico nas áreas de genética, manejo e controle ambiental dos sistemas de criação de codornas, visando à manutenção competitiva da atividade. O fato é que para as codornas, assim como para as demais aves de interesse zootécnico, a avaliação do desempenho produtivo norteia a estimativa de produtividade do lote. Dados como o ganho de peso, o consumo de ração, a conversão alimentar e a mortalidade são mensurados para diagnosticar o desenvolvimento dos animais e prever a lucratividade da produção.

Segundo MENDES e PATRÍCIO (2004), na produção de frangos de corte o peso médio é responsável pelo faturamento e, por conseguinte, pela diluição dos custos fixos da empresa avícola, representando aproximadamente 40% do custo total. Os outros 60% do custo total são oriundos da conversão alimentar, obtida com base no consumo de ração por unidade de peso produzido.

Além de servir para acompanhar o desenvolvimento do lote pelos produtores, o ganho de peso dos animais, obtido por meio do peso médio num dado período de avaliação, também é um parâmetro importante em pesquisas que avaliam o efeito do ambiente térmico. Sabe-se que a produtividade ideal do lote é alcançada quando as aves são mantidas em uma condição ambiental que favorece trocas mínimas de energia para manutenção do equilíbrio térmico.

Normalmente a verificação do ganho de peso é realizada semanalmente por meio de pesagem manual dos animais, quando uma amostra representativa do total de aves alojadas no galpão é capturada e pesada. Essa técnica geralmente provoca estresse para os animais, com risco de ferimentos para as aves e, para os trabalhadores envolvidos no processo.

Tomando como base a importância do comportamento alimentar dos animais de interesse produtivo e a tentativa de obter melhorias no processo de investigação de tal comportamento, evitando-se assim estresse desnecessário, tem-se utilizado a visão artificial como importante ferramenta de pesquisa. Como exemplo, trabalhos como os conduzidos por FIGUEIREDO et al. (2003), RODRIGUES et al. (2007), CORDEIRO et al. (2011), fizeram uso de imagens digitais para verificação do comportamento das aves, com base na frequência das mesmas no comedouros e bebedouros como indicativos das atividades de comer e beber.

MOGAMI (2009) desenvolveu um algoritmo para determinar o ganho de massa corporal diária de frangos de corte em aviários comerciais chegando à conclusão que o modelo empírico para determinação da massa corporal das aves em função do número de *pixels* nas imagens mostrou-se adequado.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia de determinação da massa corporal de codornas de corte, com diferentes idades, por meio da implementação de um algoritmo usando a análise de imagens digitais, tendo como referencia a área superficial das aves nas imagens. Além disso,

objetivou-se avaliar quais faixas de temperatura representariam as condições reais de conforto para codornas de corte, segundo suas diferentes idades.

#### 4.4. MATERIAL E MÉTODOS

Codornas europeias foram alojadas em cinco câmaras climáticas localizadas na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO), pertencente ao setor de Construções Rurais e Ambiente do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. Um sistema de aquisição de imagens foi instalado nestas câmaras climáticas, visando dar suporte para o desenvolvimento de uma metodologia de verificação da massa corporal das codornas de corte, com diferentes idades, por meio da implementação de um algoritmo usando a análise de imagens digitais, tendo como referência a área superficial das aves, contados em *pixels* nas imagens.

O experimento foi conduzido com codornas europeias em duas distintas fases de criação: fase inicial de criação, do 1º ao 21º dia de vida das aves, e fase de crescimento final, do 21º dia ao abate, ocorrido aos 35 dias de idade dos animais, contudo, para avaliação da massa corporal foram utilizados apenas vídeos da segunda fase experimental, quando as aves estavam com idade entre 21 e 35 dias, pois as aves maiores e com plumagem mais escura eram mais facilmente identificadas e o tipo de revestimento da bandeja da gaiola proporcionava maior contraste nas imagens, como pode ser observado na Figura 2.1.

Assim sendo, trezentas codornas europeias de corte, provenientes da primeira fase experimental foram alojadas numa densidade de 10 aves por gaiola, com uma área disponível de 500 cm<sup>2</sup> / ave, sendo 5 gaiolas nas câmaras 2, 3, 4 e 5 e 10 gaiolas na câmara 1.

As aves receberam ração e água *ad libitum*. Para tanto, foram instalados dentro de cada gaiola um bebedouro tipo copo de pressão e um comedouro, na 1ª fase experimental visando possibilitar acesso facilitado da ave ao alimento o comedouro utilizado era tipo bandeja, na segunda fase experimental, com o crescimento das aves e visando reduzir desperdício de ração o comedouro utilizado foi o tipo calha.

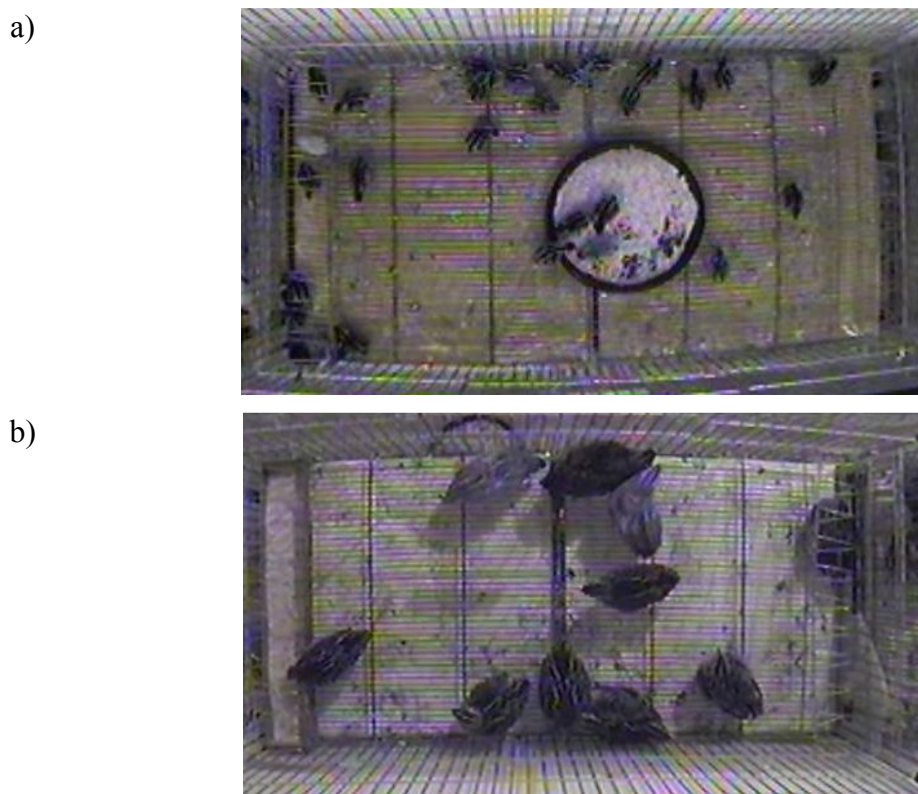


Figura 2.1. Exemplo de imagem capturada na primeira fase experimental (a) e na segunda fase experimental (b), ilustrando a maior dificuldade em identificação das aves na primeira fase, em razão do menor contraste nas imagens neste período.

As câmaras climáticas eram mantidas em temperatura constante ao longo de todo o experimento, em função da fase experimental, da semana de criação e dos tratamentos realizados, conforme Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Tratamentos utilizados na segunda fase de experimento

Condição	Temperaturas	
	4º semana (21 a 28 d)	5º semana (28 a 35 d)
*Conforto térmico (CT)	26	25
Calor moderado (CM)	30	30
Calor severo (CS)	33	33

\*Condição preconizada como de conforto térmico para codornas (SINGH e NARAYAM, 2002).

Ressalta-se que na câmara 1 a condição era de conforto térmico (CT), as câmaras 2 e 4, condição calor moderado (CM) e as câmaras 3 e 5, condição calor

severo (CS), assim estabelecidos segundo os padrões preconizados pela literatura (SINGH e NARAYAM, 2002).

Com auxílio de um sistema automatizado de monitoramento das condições ambientais, a umidade relativa do ar era mantida, via umidificadores e exaustores em  $55\% \pm 5\%$  no interior de todas as câmaras climáticas. Também era utilizado um sistema de ventilação mínima, com uma renovação de todo o ar do interior de cada câmara a cada 15 minutos, de maneira a se garantir a qualidade higiênica.

A caracterização das diferentes condições ambientais impostas foi feita com base no Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) proposto por BUFFINGTON et al. (1981), que considera, em um único valor, os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade do ar, da radiação e da velocidade do ar, calculado por meio da equação (1):

$$ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} - 41,5 \quad (1)$$

em que,

$T_{gn}$  é a temperatura de globo negro, em °C;

$T_{po}$  é a temperatura do ponto de orvalho, em °C.

Para a mensuração da temperatura do ar ( $T_{ar}$ ), temperatura de ponto de orvalho ( $T_{po}$ ) e umidade relativa (UR), foram utilizados sensores/registradores Hobo H08 Pro (-30°C a +50°C, 0 - 100%) com precisão de  $\pm 0,2^\circ\text{C}$  e  $\pm 3\%$ . Para obtenção da temperatura de globo negro ( $T_{gn}$ ), um termômetro de globo negro (contendo internamente um sensor Hobo H08 (-20°C a +70°C), foi alocado no interior de cada câmara climática. Todos os sensores, assim como o termômetro de globo negro foram instalados à altura das aves na parte externa das gaiolas e em posição o mais representativa possível, da temperatura ambiente.

Para determinar o peso das aves nas diferentes idades de vida e possibilitar a comparação da massa das aves estimada pelo algoritmo implementado com a mensurada no experimento, todas as aves de todas as condições térmicas testadas foram pesadas por meio de uma balança digital, com sensibilidade de  $\pm 0,001$  kg, aos 21, 28 e 35 dias de vida.

A fim de verificar o efeito das condições térmicas avaliadas sobre o peso das aves utilizou-se a análise de variância e, em função dos resultados dos testes F, foi aplicado o teste de Scott-Knott, quando necessário. O delineamento experimental

foi o inteiramente ao acaso e os tratamentos se apresentaram em um arranjo fatorial 3x3, sendo três condições térmico-ambientais (conforto térmico, calor moderado e calor severo) e três idades (21, 28 e 35 dias), com 10 repetições, sendo cada repetição composta por uma unidade experimental (uma gaiola com 10 aves). Em todas as análises efetuadas, assim como nos testes aplicados, utilizou-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2000).

#### 4.4.1. Sistema de aquisição de imagens

Um total de 18 câmeras com resolução mínima de 420 linhas, lente com distância focal de 3,6 mm, foram instaladas no interior das câmaras climáticas e, estavam conectadas a dois microcomputadores por meio de duas placas de captura de imagens de 16 canais, sendo estas instaladas no teto da câmara à altura fixa. A instalação foi feita de forma que a câmera ficasse localizada no centro da gaiola, conforme pode ser observado pela Figura 2.2.



Figura 2.2 Exemplo de um quadro representando a área total capturada de 704x480 *pixels*.

Os vídeos gerados possuíam cerca de 30 quadros por segundo, com duração média de 1 min, sendo armazenados a cada 5 min por programa próprio da placa de captura, durante todo o período experimental, 24 h por dia. Os quadros, imagens coloridas, de cada vídeo apresentavam-se com uma resolução de imagem de 704 x 480 *pixels*.

#### 4.4.2. Estimativa da massa corporal de codornas de corte por meio da contagem de *pixels*, em função da área superficial

A Figura 2.3 representa as etapas seguidas pelo algoritmo para estimar a massa corporal das aves.

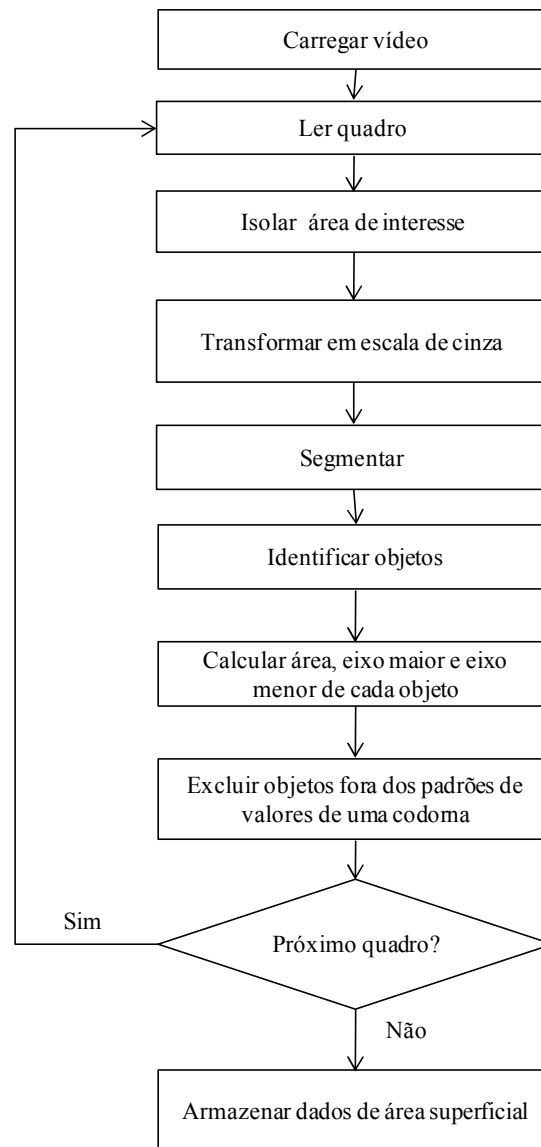


Figura 2.3. Fluxograma do processamento para determinação da massa corporal de codornas de corte.

Para desenvolvimento do algoritmo foi utilizado o programa computacional MATLAB 6.5<sup>®</sup>.

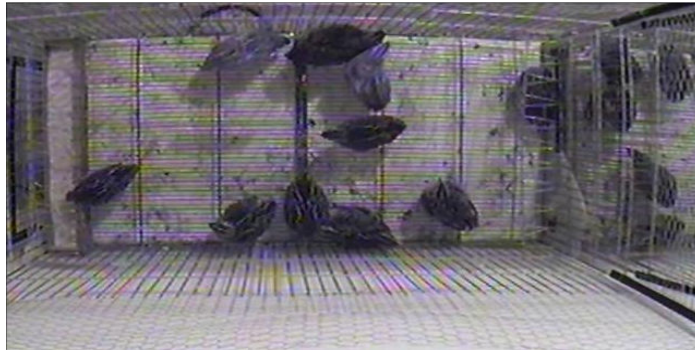
O algoritmo desenvolvido, ao varrer cada quadro do vídeo, isolava a área de interesse na imagem, segmentava, identificava os objetos (codornas), calculava

propriedades dos objetos como a área, os eixos maior e menor em cada imagem, retirava ruídos (objetos que não seriam codornas) e armazenava os dados de área de cada codorna presente na imagem.

Para implementar este algoritmo para determinação da massa corporal das codornas, foi necessário estabelecer alguns critérios que serão descritos a seguir.

Para garantir que o processo de busca por codornas nas imagens ocorresse de forma correta, evitando que houvesse objetos que pudessem erroneamente ser classificados como codorna, foi necessário excluir as extremidades das imagens e selecionar uma determinada área destas. Para tanto, utilizou-se da obtenção prévia das coordenadas da gaiola em função da câmera que capturou os vídeos. Na Figura 2.4 é possível observar o corte realizado na imagem antes de se aplicar o algoritmo.

a)



b)



Figura 2.4. Exemplo de imagem utilizada (a) e área da imagem selecionada para processamento (b).

Depois de estabelecidas as coordenadas de localização da área de interesse para uma determinada câmera, o algoritmo era capaz de isolar a área em todos os quadros, de todos os vídeos gerados pela câmera em questão e seguia-se com o processamento dos vídeos.

O processamento, aplicado após a área selecionada ter sido isolada, visava condicionar o conjunto de vídeos para permitir a contagem da área por meio dos *pixels* de cada codorna nas imagens.

Dessa forma, com a área isolada, a imagem gerada era transformada em escala de cinza, depois segmentada. O processo de segmentação visava separar as regiões da imagem em duas classes, o fundo e o objeto, para produzir uma imagem binária. A segmentação foi efetuada por meio do método automático de definição do limiar proposto por OTSU (1979). Esse método de limiarização baseia-se na análise discriminante, buscando determinar um limiar ótimo  $k^*$  que maximiza a variância entre as classes, conforme Equação 2.

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{0 \leq k \leq 255} \sigma_B^2(k) \quad (2)$$

onde,

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_T(\omega_k - \mu_k)]^2}{\omega_k[1 - \omega_k]}$$

e,  $k$ : representa os possíveis tons de cinza;

$\mu_T$ : média de todo histograma;

$\omega_k$ : probabilidade de ocorrência da classe  $k$ ;

$\mu_k$ : média da classe adotando o limiar  $k$ .

Com a utilização do método de OTSU (1979), apresentado acima, ocorreu a partição do histograma, os *pixels* que possuíam valores maior ou igual ao limiar foram convertidos em branco e os demais em preto. Nas imagens binárias, as codornas foram representadas com *pixels* de valor unitário, e todo o comedouro foi representado com *pixels* de valor zero.

Após a segmentação, o algoritmo identificava os objetos presentes na imagem, calculava suas áreas, seus eixos maiores e menores. A fim de permitir a exclusão de objetos que não fossem codornas e que poderiam confundir o algoritmo na estimativa de massa corporal das aves, previamente foram definidos valores padrões das propriedades área e eixos (limites máximos e mínimos). Todos os objetos que apresentavam valores de área e eixos fora dos limites padrões estabelecidos foram considerados como sendo ruído e foram excluídos das imagens.

Para calcular os valores padrões, o algoritmo desenvolvido foi utilizado previamente em uma amostra de imagens, nas quais, o algoritmo calculava a área e os eixos de todos os objetos presentes na imagem selecionada. De posse desses dados, com auxílio do próprio algoritmo e por visualização das imagens, avaliaram-se os objetos eram codornas e assim foram escolhidos os limites que definiram os valores padrões, conforme Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Valores padrões das propriedades área e eixos, maior e menor, em *pixels*

Idade (dias)	Área superficial		Eixo maior		Eixo menor	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
21	1600	1257	68	54	38	31
28	2200	1450	76	57	40	31
35	2414	1850	80	67	46	37

Ressalta-se que os valores dos eixos, maior e menor, foram utilizados apenas como forma de garantir uma melhor classificação dos objetos na imagem, visando posterior mensuração da característica de interesse, área superficial, para determinação da massa corporal das codornas. A representação de como foi mensurado o comprimento dos eixos, maior e menor, de codornas de corte em imagens digitais pode ser observada na Figura 2.5.



Figura 2.5. Representação do comprimento do eixo maior e eixo menor de codornas de corte em imagens digitais.

A exclusão de objetos que, apesar de serem codornas não representavam sua área superficial real, em função da postura adotada, de espreguiçar ou investigar penas, por exemplo, ou da influência do fundo na segmentação, foi necessária para garantir que a área superficial não sofresse distorções.

Todas as etapas, seleção de área na imagem, imagem transformada em escala de cinza, imagem binária e imagem sem ruído, podem ser observadas na Figura 2.6.

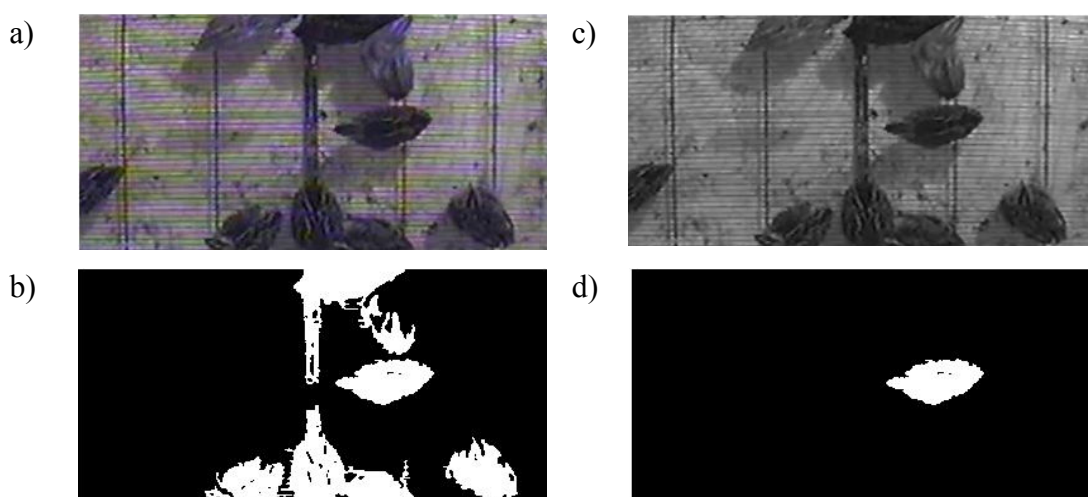


Figura 2.6. Área isolada (a) Imagem em escala de cinza (b) Imagem binária com presença de ruído (c) Imagem depois da retirada de ruído (d).

Os vídeos utilizados na análise de determinação de massa corporal das codornas de corte foram selecionados de acordo com o dia em que foi realizada a pesagem manual das aves, tendo sido utilizados vídeos da segunda fase experimental, nos dias em que as aves completaram 21, 28 e 35 dias de idade.

Para evitar a presença de ruído que pudesse interferir na identificação das aves pelo algoritmo, foram utilizados vídeos capturados entre 9:00 e 11:00 h da manhã, período em que as gaiolas estavam mais limpas.

Dessa forma, foram utilizados 12 vídeos por câmera, sendo 48 vídeos por câmara climática, 96 vídeos por condição térmica imposta, resultando num total de 288 vídeos analisados, por dia avaliado.

Os dados de área superficial provenientes do algoritmo implementado foram armazenados e posteriormente comparados com os dados de pesagem das aves, mensurados durante o período experimental, através da análise de correlação e de

gráficos de distribuição de frequência. A fim de verificar o efeito das condições térmicas avaliadas sobre peso corporal médio das aves a análise de variância e, em função dos resultados dos testes F, foram realizados testes de Scott-Knott. O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso e os tratamentos se apresentaram em um arranjo fatorial 3x3, sendo três condições térmicas (conforto térmico, calor moderado e calor severo) e três idades (21, 28 e 35), com 10 repetições.

#### 4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2.3 estão apresentadas às médias de Tar, UR e ITGU das variáveis ambientais para os dias considerados na determinação da massa corporal de codornas de corte. Observa-se que os valores de temperatura e umidade relativa do ar no interior das diferentes câmaras climáticas mantiveram-se próximos aos valores propostos para cada condição térmico-ambiental.

Tabela 2.3. Médias e desvios padrões da temperatura do ar Tar em °C, umidade relativa do ar, UR em % e índice temperatura de globo e umidade. ITGU, para cada condição térmico-ambiental avaliada

Condição	Tar (°C)	UR (%)	ITGU
Conforto térmico	26,3 ± 0,6	60,7 ± 4,5	75,3 ± 0,7
Calor moderado	30,5 ± 0,4	61,1 ± 3,5	79,9 ± 0,5
Calor severo	33,2 ± 0,2	61,0 ± 6,4	82,2 ± 0,4

Na literatura ainda não existem valores específicos de ITGU para codornas de corte. Entretanto, se os valores obtidos forem comparados com as faixas de valores de frangos de corte, os valores encontrados para as condições de calor moderado e severo estariam realmente acima do limite de conforto; segundo MEDEIROS et al. (2005), valores de ITGU de 78 a 88 caracterizam ambiente quente para frangos de corte.

Na Tabela 2.4 observa-se a influência da condição térmica avaliada na massa corporal das codornas, nas idades de 28 e 35 dias as aves alojadas na condição calor severo apresentaram peso inferior às aves mantidas em conforto térmico e calor

moderado ( $p < 0,05$ ). Pode-se observar a susceptibilidade das codornas ao acréscimo da temperatura do ar, o que acarreta em decréscimo no peso destas aves, assim como observado em frangos de corte por MEDEIROS et al. (2005) e CASSUCE (2011). Dessa forma, observa-se que estas aves atingem maior desenvolvimento quando criadas em temperaturas de até 30,9 °C e ITGU de até 80,4.

Tabela 2.4. Relação entre a massa corporal média, em g, e a massa corporal média, em *pixels*, de codornas de corte

<b>Idade (dias)</b>	<b>Condição térmica</b>	<b>Massa corporal média (g)</b>
21	CM	122,2 a
	CT	121,7 a
	CS	116,5 a
28	CM	188,4 a
	CT	192,4 a
	CS	179,1 b
35	CM	233,0 a
	CT	242,3 a
	CS	222,5 b

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

#### **4.5.1. Estimativa da massa corporal de codornas de corte por meio da contagem de *pixels*, em função da área superficial**

Na Figura 2.7 estão apresentados os resultados do peso corporal médio das codornas e da contagem da área das codornas, referentes a quarta e quinta semanas de vida em função da condição térmica avaliada. A massa corporal média das codornas representa a média do peso das codornas e cada valor da contagem dos *pixels* das codornas, nas imagens, representa a média de 288 vídeos avaliados.

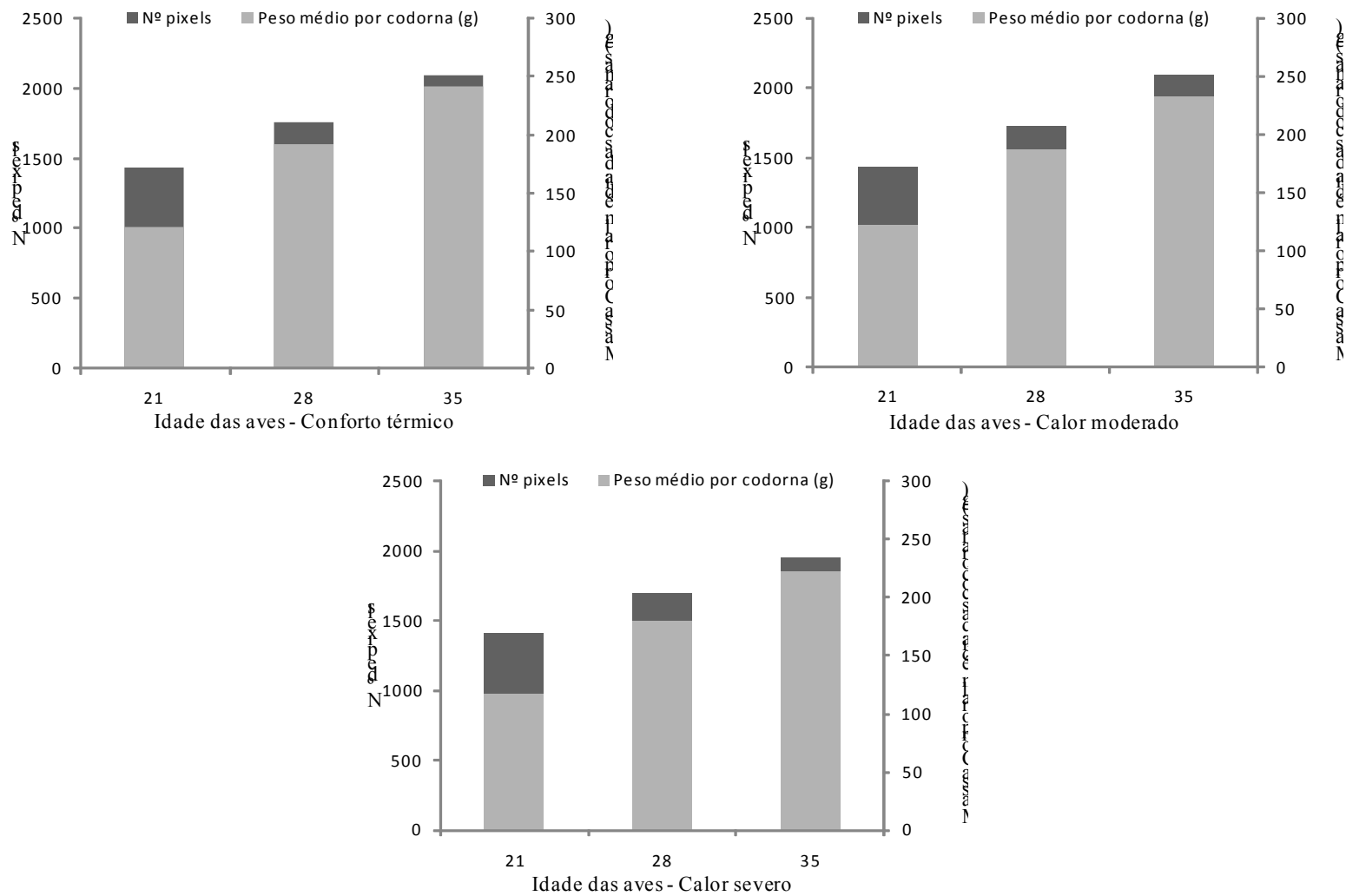


Figura 2.7. Comparação entre o peso corporal médio das codornas, em g, e a contagem da área das codornas, em *pixels*, na quarta e quinta semana de vida das aves em função da condição térmica.

Com base na figura observa-se que, com o aumento da idade houve aumento no número dos *pixels*, seguindo o mesmo comportamento do peso corporal médio das codornas para todas as condições térmicas estudadas. Os resultados encontram-se dentro do esperado, já que, com o aumento de peso corporal das aves o seu tamanho aumenta proporcionalmente e confirmam a capacidade de se estimar a massa corporal de codornas com o auxílio da análise de imagens digitais.

Os resultados encontrados corroboram com os dados de MOGAMI (2009), que chegou a conclusão que o crescimento de frangos de corte poderia ser estimado pela contagem dos *pixels* em imagens.

Pela Figura 2.8 observa-se correlação positiva significativa, entre as variáveis peso corporal médio e áreas superficiais das codornas nas imagens, dada pelo número de *pixels*, indicando um elevado grau de associação entre as variáveis quantitativas para todas as condições térmicas avaliadas. O coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,977$ ) demonstrou que o modelo para determinação da massa corporal das aves em função do número de *pixels* nas imagens é eficaz em relação ao objetivo proposto independente da condição térmica.

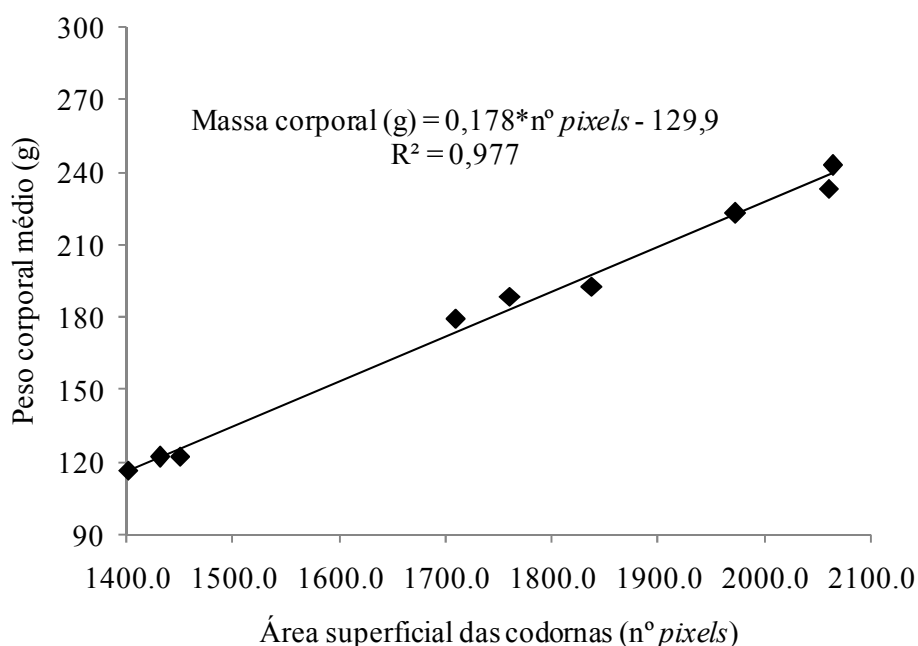


Figura 2.8. Equação de regressão do peso corporal médio em relação a área superficial (nº de *pixels*) de uma codorna.

Pela Tabela 2.5 observa-se a eficácia do modelo empírico em determinar a massa corporal média de codornas de corte, em função do número de *pixels*, nas imagens. Sendo possível verificar o potencial de utilização da ferramenta no gerenciamento da atividade avícola, o que pode vir a possibilitar a minimização de operações de manejo complexas e estressantes aos animais e, o acompanhamento do desenvolvimento animal dia a dia, que poderá resultar no desenvolvimento de cronogramas de abate mais efetivos.

Tabela 2.5. Relação entre o peso corporal médio, em g, e a massa corporal estimada média, em g, de codornas de corte

<b>Idade (dias)</b>	<b>Condição térmica</b>	<b>Peso corporal médio mensurado (g)</b>	<b>Massa corporal média estimada (g)</b>
21	CM	122,2	128,3
	CT	121,7	124,9
	CS	116,5	119,5
28	CM	188,4	183,4
	CT	192,4	197,2
	CS	179,1	174,4
35	CM	233,0	236,9
	CT	242,3	237,6
	CS	222,5	221,3

Os resultados encontrados neste trabalho demonstram a viabilidade de utilizar o próprio animal como biossensor, por meio da utilização de análise de imagens, para avaliação da massa corporal. Fato já evidenciado por MOGAMI (2009) ao avaliar a massa corporal de frangos de corte por meio de análise de imagens.

#### **4.6. CONCLUSÕES**

A área superficial das codornas nas imagens, com base na contagem dos *pixels*, apresentou o mesmo comportamento crescente da massa corporal das codornas de corte, demonstrando a existência de uma correlação positiva significativa.

O modelo empírico para determinação da massa corporal de codornas de corte, com idade entre 21 e 35 dias, em função do número de *pixels* nas imagens, por meio da mensuração de área superficial, mostrou-se adequado, com valores de massa corporal estimada variando entre 119,4 a 237,6 g.

Os resultados encontrados para massa corporal por meio da contagem de *pixels* e da mensuração tradicional de peso indicam a tolerância das codornas de corte a temperaturas do ar de até 30,9 °C, com ITGU de até 80,4, sendo que, no entanto, se faz necessário uma avaliação mais aprofundada de todos os índices zootécnicos pertinentes para validar este resultado.

#### 4.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. I. M.; OLIVEIRA, E. G.; RAMOS, P. R.; VEIGA, N.; DIAS, K. Growth performance of meat male quails (*Coturnix* sp.) of two lines under two nutritional environments. **Archives of Veterinary Science**, v.7, n.2, p.103-108, 2002.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PIT, D. Black globe-humidity index (ITGU) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p. 711-714, 1981.

CASSUCE, D. C. **Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Viçosa: UFV, 2011.

CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; MESQUITA FILHO, R. M.; SOUSA, F. C. Análise de imagens digitais para a avaliação do comportamento de pintainhos de corte. **Engenharia Agrícola** (Impresso), v. 31, p. 418-426, 2011.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - Sistema de análise estatística para dados balanceados. Lavras: UFLA/DEX, 2000.

FIGUEIREDO, G. F.; DICKERSON, T. W. BENSON, E. R.; VAN WICKLEN, G. L.; GEDAMU, N. Development of machine vision based poultry behavior analysis system. (ASAE Paper, 033083) In: **ASAE Meeting**, Las Vegas, USA. 2003.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T. A.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v.1, p.277-286, 2005.

MENDES, A. A.; PATRÍCIO, I. S. Controles, registros e avaliação do desempenho de frangos de corte. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004. 356 p.: Il; 30 cm

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

MÓRI, C.; GARCIA, E. A.; PAVAN, A. C.; PICCININ, A.; PIZZOLANTE, C. C. Desempenho e Rendimento de Carcaça de Quatro Grupos Genéticos de Codornas para Produção de Carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.870-876, 2005.

OLIVEIRA, E.G.; ALMEIDA, M. I. M.; MENDES, A. A. Avaliação sensorial de carne de codornas para corte, abatidas aos 35, 56 e 77 dias de idade. **Veterinária e Zootecnia**, v.12, n.1/2, p.61-68, 2005.

OTSU, N. A threshold selection method from gray-level histograms, **IEEE Transactions on Systems**, vol. 9, pp. 62-66, 1979.

RODRIGUES, V. C.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O. Visão Computacional: Distribuição espacial de aves poedeiras em condições de conforto e estresse. **Engenharia Rural**, v. 18, p. 09-16, 2007.

SINGH, R.V.; NARAYAN, R. Produção de codornas nos trópicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 2002, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. p.27-36.

## **5. ARTIGO III: Metodologia para determinação da conversão alimentar, baseada na frequência ao comedouro e na massa corporal estimada de codornas europeias de corte, usando análise de imagens digitais**

### **5.1. RESUMO**

Objetivou-se com o presente trabalho determinar a conversão alimentar, estimada com base nos descritores de comportamento, frequência ao comedouro e massa corporal, por meio da análise de imagens digitais, para verificar as condições térmico-ambientais do ambiente de criação de codornas de corte e avaliar se as faixas de temperatura testadas representam as condições reais de conforto para as codornas de corte, segundo suas diferentes idades. Um sistema de aquisição de imagens foi instalado em cinco câmaras climáticas onde foram alojadas trezentas codornas europeias de corte, que foram submetidas a três diferentes condições térmicas (conforto térmico, calor moderado e calor severo) dos 21 aos 35 dias de vida, quando foram abatidas. O modelo empírico para estimar a conversão alimentar, em função da frequência de uso do comedouro e da massa corporal estimada (por meio da área superficial), via análise de imagens digitais, mostrou-se adequado para determinação da conversão alimentar de codornas de corte com idade entre 21 e 35 dias. As faixas de valores de temperatura do ar e do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) que representam situação de conforto térmico para codornas de corte situam-se entre 25,7 a 30,9 e 74,6 a 80,4, respectivamente, sendo que valores de Tar e ITGU acima destas faixas provocam queda no desempenho destas aves, com redução de 14,8% na ingestão de alimentos.

**Palavras chaves:** análise de imagens, coturnicultura, conversão alimentar

### **5.2. ABSTRACT**

The objective of this work was to develop a feed conversion index based on behavior descriptors of meat quails using image processing techniques, with the intent of verifying if the tested environment temperature corresponded to an actual comfortable condition for bird development. The descriptors used in this study were the presence frequency at the feeder and the birds corporal mass. An image acquisition system was installed in five environmental chambers where 300

European meat quails were grown among three different environmental conditions (thermal comfort, moderate hit, and severe hit). The birds were submitted to evaluation from the 21<sup>st</sup> to 35<sup>th</sup> days of age and then slaughtered. The proposed method presented as efficient tool for determining the feed conversion index based on those behavior descriptors. It was found that the range of temperature and BGHI represented a comfortable environment for meat quails was 25,7 to 30,9 and 74.6 to 80.4 respectively. Air temperature and BGHI above these ranges caused problems to the bird's development reducing feed ingestion by 14.8 %.

**Keywords:** image analyses, coturnicultura, feed conversion index.

### 5.3. INTRODUÇÃO

Condições térmico-ambientais de criação fora da zona de conforto provocam uma série de alterações na homeostase das aves, manutenção do seu equilíbrio orgânico, o que resulta em mudanças fisiológicas e comportamentais. Para TINÔCO (2001), a radiação solar intensa e os elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar, especialmente no verão, nos países de climas tropicais e subtropicais como é o caso do Brasil, são responsáveis por condições de desconforto térmico quase permanente às aves em geral, prejudicando seu desempenho produtivo e tornando-se um dos principais problemas que afetam a exploração avícola.

Para DOZIER III et al. (2006) e LU et al. (2007), a exposição a altas temperaturas provoca, em frangos de corte, redução na ingestão de alimentos resultando em efeitos negativos na sua taxa de crescimento. ALVES et al. (2007) observou a mesma tendência para galinhas poedeiras, sendo que o estresse provocou quedas no consumo de ração. MASHALY et al. (2004) verificou que a redução no consumo foi proporcional à severidade e duração do estresse por calor.

Apesar da comprovada influência dos elementos ambientais (temperatura, radiação, umidade relativa e velocidade do ar) sobre as aves em geral, os estudos relacionados a codornas de corte ainda são escassos, não tendo ainda sido definida claramente a zona de conforto para estes animais, nas condições do Brasil.

Conhecer tal influência e definir os limites de temperatura tolerados por estes animais, que garantam desempenho produtivo satisfatório, pode levar a concepção de sistemas de criação que proporcionem maior conforto térmico às aves

alojadas e, conseqüentemente maior produtividade. Assim sendo, torna-se indispensável o desenvolvimento de pesquisas relacionadas às codornas criadas nas condições de clima tropical para suprir essa falta de informações.

Para facilitar a identificação dos problemas decorrentes de condições ambientais desfavoráveis, informações visuais têm sido utilizadas, pois sabe-se que os animais possuem comportamentos característicos para cada faixa térmica do ambiente em que estão inseridos, e que as alterações destes comportamentos demonstram as necessidades ambientais para sua sobrevivência ou para máximo desempenho produtivo.

Dessa forma, uma análise de comportamento pode ser efetuada para auxiliar na determinação da influência do ambiente térmico sobre as codornas de corte, utilizando, para tanto, a análise de imagens digitais.

Diversos autores têm demonstrado a viabilidade de se utilizar a análise de imagens como ferramenta para auxiliar na determinação do comportamento dos animais e das suas inter-relações com o meio no qual se encontram (RODRIGUES et al., 2007; CORDEIRO et al., 2011; MOGAMI, 2009).

O termo análise está relacionado à descrição quantitativa de informações contidas em uma imagem. Dessa forma, para que a análise de comportamento possa ser efetuada, é necessário definir características que representem o comportamento habitual das aves e, criar descritores destes comportamentos que possam ser mensurados pelos algoritmos implementados. Estas informações podem ser obtidas a partir, por exemplo, do comportamento alimentar, da seleção de ambiente e do ajuste de postura dos animais.

Assim, em algumas pesquisas utilizou-se o comportamento alimentar e, como descritores deste comportamento, avaliou-se a frequência ao comedouro (RODRIGUES et al., 2007; MOGAMI, 2009) e o ato de comer e beber (FIGUEIREDO et al., 2003).

Em outras pesquisas buscou-se mensurar a distribuição dos animais no interior das instalações, baseando-se, por exemplo, no estudo da locomoção, como um indicador do estado total de bem-estar (SERGEANT et al., 1998); na resposta termal de agrupamento (FIGUEIREDO et al., 2003) e na distribuição espacial padrão das aves em condições de estresse e de conforto (RODRIGUES et al., 2007).

Com base no prévio conhecimento de que o comportamento alimentar afeta diretamente o desenvolvimento da ave, MOGAMI (2009) utilizou como descritor a área superficial de frangos de corte para estimar a massa corporal dos mesmos, por meio da contagem de *pixels* nas imagens. Tal característica foi adotada por refletir um dado de grande importância na mensuração da produtividade do lote, o peso médio.

Dados como o peso médio, o consumo de ração e a conversão alimentar têm influência decisiva no custo de produção da atividade avícola e refletem a produtividade geral de um lote. Sendo condição primordial à atividade, calcular e avaliar estes índices zootécnicos para que a atividade se desenvolva tanto no que se refere aos seus resultados técnicos, quanto ao que se refere aos seus resultados econômicos.

A conversão alimentar corresponde à relação entre a quantidade de ração consumida e o ganho de peso, relativa ao período de tempo considerado, constituindo assim, um dado importante por demonstrar a eficiência com que as codornas utilizam o alimento e por entrar na composição do custo total de produção. Segundo MENDES e PATRÍCIO (2004), na produção de frangos de corte a conversão alimentar, obtida com base no consumo de ração por unidade de peso produzido, representa aproximadamente 60% do custo total.

De acordo com CARNEIRO et al. (2004), a taxa de conversão alimentar, o índice de mortalidade, a ocorrência de doenças e a inspeção após o abate da carcaça são dados utilizados para o pagamento pela engorda de frangos de corte criados no sistema de desenvolvimento de parceria, conhecido como integração.

Neste contexto, avaliar conjuntamente a frequência das aves no comedouro e a massa corporal destas (estimada por meio da área superficial) utilizando análise de imagens, pode possibilitar uma forma de se estimar a conversão alimentar das aves e se tornar uma ferramenta auxiliar na avaliação de produtividade do lote e na classificação do ambiente produtivo quanto ao conforto que este proporciona para os animais. Apresentando como vantagens sobre a estimativa individual destes parâmetros, o fato de permitir a avaliação comparativa entre a massa corporal atingida pela ave e a frequência de comedouro necessária para atingir tal massa, por meio da conversão alimentar estimada.

Com base no exposto, objetivou-se com o presente trabalho determinar a conversão alimentar, estimada com base nos descritores de comportamento, frequência ao comedouro e massa corporal, por meio da análise de imagens digitais, para verificar as condições térmico-ambientais do ambiente de criação de codornas de corte e avaliar se as faixas de temperatura testadas representam as condições reais de conforto para as codornas de corte, segundo suas diferentes idades.

#### 5.4. MATERIAL E MÉTODOS

Um sistema de aquisição de imagens foi instalado em cinco câmaras climáticas localizadas na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO), pertencente ao setor de Construções Rurais e Ambiente do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. Um total de 18 câmeras com resolução mínima de 420 linhas, lente com distância focal de 3,6 mm, foram instaladas no interior das câmaras climáticas, posicionadas à altura fixa no teto, e estavam conectadas a dois microcomputadores por meio de duas placas de captura de imagens de 16 canais. A instalação foi feita de forma que a câmera ficasse localizada no centro da gaiola, conforme pode ser observado pela Figura 3.1.



Figura 3.1 Exemplo de um quadro representando a área total capturada de 704x480 *pixels*.

Os vídeos gerados possuíam cerca de 30 quadros por segundo, com duração média de 1 minuto, sendo armazenados a cada 5 min por programa próprio da placa de captura, durante todo o período experimental, 24 h por dia.

Os quadros, imagens coloridas, de cada vídeo apresentavam-se com uma resolução de imagem de 704 x 480 pixels.

Foram utilizadas trezentas codornas europeias de corte, provenientes da primeira fase experimental. Estas foram alojadas numa densidade de 10 aves por gaiola, com uma área disponível de 500 cm<sup>2</sup> / ave, sendo que cada gaiola possuía área de 0,5 m<sup>2</sup> (0,5m de largura x 1,0m de comprimento x 0,5 m de altura), sendo 5 gaiolas nas câmaras 2, 3, 4 e 5 e 10 gaiolas na câmara 1.

As aves receberam ração e água *ad libitum*. Para tanto, foram instalados dentro de cada gaiola um bebedouro tipo copo de pressão e um comedouro, na 1ª fase experimental visando possibilitar acesso facilitado da ave ao alimento o comedouro utilizado era tipo bandeja, na segunda fase experimento, com o crescimento das aves e visando reduzir desperdício de ração o comedouro utilizado foi o tipo calha.

O experimento foi conduzido em duas fases: fase inicial de criação, do 1º ao 21º dia de vida das aves, e fase de crescimento final, do 21º dia ao abate, ocorrido aos 35 dias de idade dos animais.

Para determinar a conversão alimentar, por meio dos descritores frequência ao comedouro e massa corporal (estimada pela área superficial das codornas nas imagens), foram utilizadas apenas imagens da segunda fase experimental, quando as aves estavam com idade entre 21 e 35 dias. A impossibilidade de avaliação do comportamento durante a fase de crescimento das codornas deveu-se ao minúsculo tamanho destas em relação ao comedouro tipo bandeja usualmente empregado na fase inicial, visando garantir o acesso das mesmas à ração. Este fato acarretou a permanência das codornas dentro do comedouro, mesmo quando não estavam se alimentando, conforme pode ser observado na Figura 3.2. Sendo assim, descartou-se desta avaliação, a fase compreendida entre o 1º e 21º dia de vida das aves.

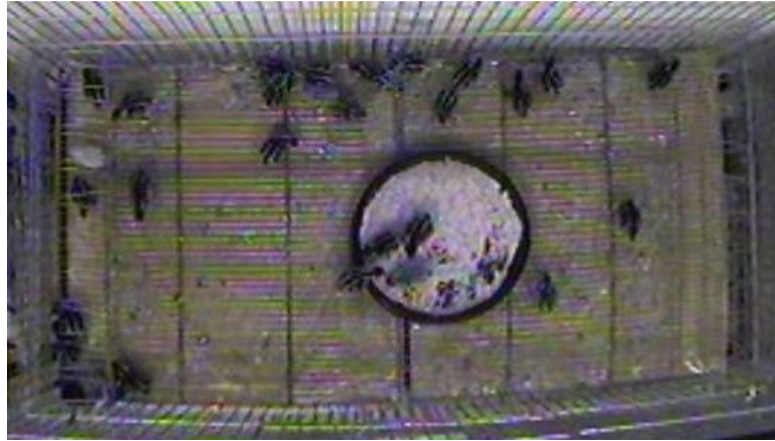


Figura 3.2. Exemplo de um quadro capturado na primeira fase experimental, no qual se observa a permanência das codornas dentro do comedouro, possivelmente mesmo nos períodos em que as mesmas não estão se alimentando.

As câmaras climáticas eram mantidas a temperatura constante ao longo de todo experimento, em função da fase experimental, da semana de criação e dos tratamentos realizados, conforme Tabela 3.1. Ressalta-se que na câmara 1 a condição era de conforto térmico, as câmaras 2 e 4, condição calor moderado e as câmaras 3 e 5, condição calor severo, estabelecidos segundo os padrões preconizados pela literatura (SINGH e NARAYAM, 2002).

Tabela 3.1. Tratamentos utilizados na segunda fase de experimento

Condição	Temperaturas	
	4º semana (21 a 28 d)	5º semana (28 a 35 d)
*Conforto térmico (CT)	26	25
Calor moderado (CM)	30	30
Calor severo (CS)	33	33

\*Condição preconizada como de conforto térmico para codornas (SINGH e NARAYAM, 2002).

Com auxílio de um sistema automatizado de monitoramento, a umidade relativa do ar era mantida em  $55\% \pm 5\%$  em todas as câmaras climáticas. Também era utilizado um sistema de ventilação mínima, com uma renovação de todo o ar do interior de cada uma das câmaras a cada intervalo de 15 minutos, de maneira a se garantir a qualidade higiênica.

A caracterização das diferentes condições ambientais impostas foi feita com base no Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) proposto por BUFFINGTON et al. (1981), que considera, em um único valor, os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade do ar, da radiação e da velocidade do ar obtido por meio da equação (1):

$$ITGU = Tgn + 0,36Tpo - 41,5 \quad (1)$$

em que,

Tgn é a temperatura de globo negro, em °C;

Tpo é a temperatura do ponto de orvalho, em °C.

Para a mensuração da temperatura do ar (Tar), temperatura de ponto de orvalho (Tpo) e da umidade relativa (UR) foram utilizados sensores/registradores Hobo H08 Pro (-30°C a +50°C, 0 - 100%), com precisão de  $\pm 0,2^\circ\text{C}$  e  $\pm 3\%$ . Para a obtenção dos valores de Tgn, foi colocado um globo negro no centro de cada câmara climática, tendo sido alocado internamente a cada globo um sensor Hobo H08 (-20°C a +70°C). Todos os sensores, assim como o globo negro, foram instalados à altura das aves, na parte exterior das gaiolas

Foram coletados e registrados aos 21, 28 e 35 dias (momento do abate), os dados referentes ao desempenho zootécnico das codornas: peso inicial (g); ganho de peso (g); consumo de ração (g) e conversão alimentar. As aves e as eventuais sobras de ração foram pesadas com auxílio de uma balança digital, com sensibilidade de  $\pm 0,001$  kg, para determinar ganho de peso e consumo de ração real, descontando-se o desperdício.

A fim de verificar o efeito das condições térmicas avaliadas sobre o desempenho zootécnico das aves utilizou-se a análise de variância e, em função dos resultados dos testes F, foi aplicado o teste de Scott-Knott, quando necessário. O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso e os tratamentos se apresentaram em um arranjo fatorial 3x3, sendo três condições térmico-ambientais (conforto térmico, calor moderado e calor severo) e três idades (21, 28 e 35 dias), com 10 repetições, sendo cada repetição composta por uma unidade experimental (gaiola) com 10 aves. Em todas as análises efetuadas, assim como os testes aplicados, utilizou-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2000).

#### **5.4.1. Conversão alimentar, baseada na frequência ao comedouro e na massa corporal estimada, para codornas de corte de diferentes idades**

Um algoritmo foi desenvolvido para realizar a retirada automática dos parâmetros descritores, frequência ao comedouro e área superficial, a fim de determinar a conversão alimentar. Estes descritores foram escolhidos por retratarem um comportamento característico das aves (comportamento alimentar), por já terem sido utilizados em avaliações de comportamento realizadas por meio de análise de imagens (RODRIGUES et al., 2007; CORDEIRO et al., 2011; MOGAMI, 2009), por terem apresentado resultados eficientes nos testes realizados e já discutidos pelos mencionados autores e por representarem um dado de grande importância na verificação e na composição do custo total de produção descrito por MENDES e PATRÍCIO (2004).

Para o desenvolvimento do algoritmo foi utilizado o programa computacional MATLAB 6.5<sup>®</sup>.

A Figura 3.3 representa as etapas seguidas pelo algoritmo para determinar a conversão alimentar por meio dos descritores, frequência ao comedouro e área superficial.

Para isolar as regiões de interesse na imagem, em função do parâmetro descritor a ser utilizado, foi necessário obter previamente as coordenadas das áreas de interesse para cada câmera instalada dentro das câmaras climáticas.

Depois de estabelecidas as coordenadas de localização das áreas de interesse (comedouro e gaiola) para uma determinada câmera, o algoritmo era capaz de isolar as áreas em todos os quadros, de todos os vídeos gerados pela câmera em questão e seguia-se com o processamento dos vídeos.

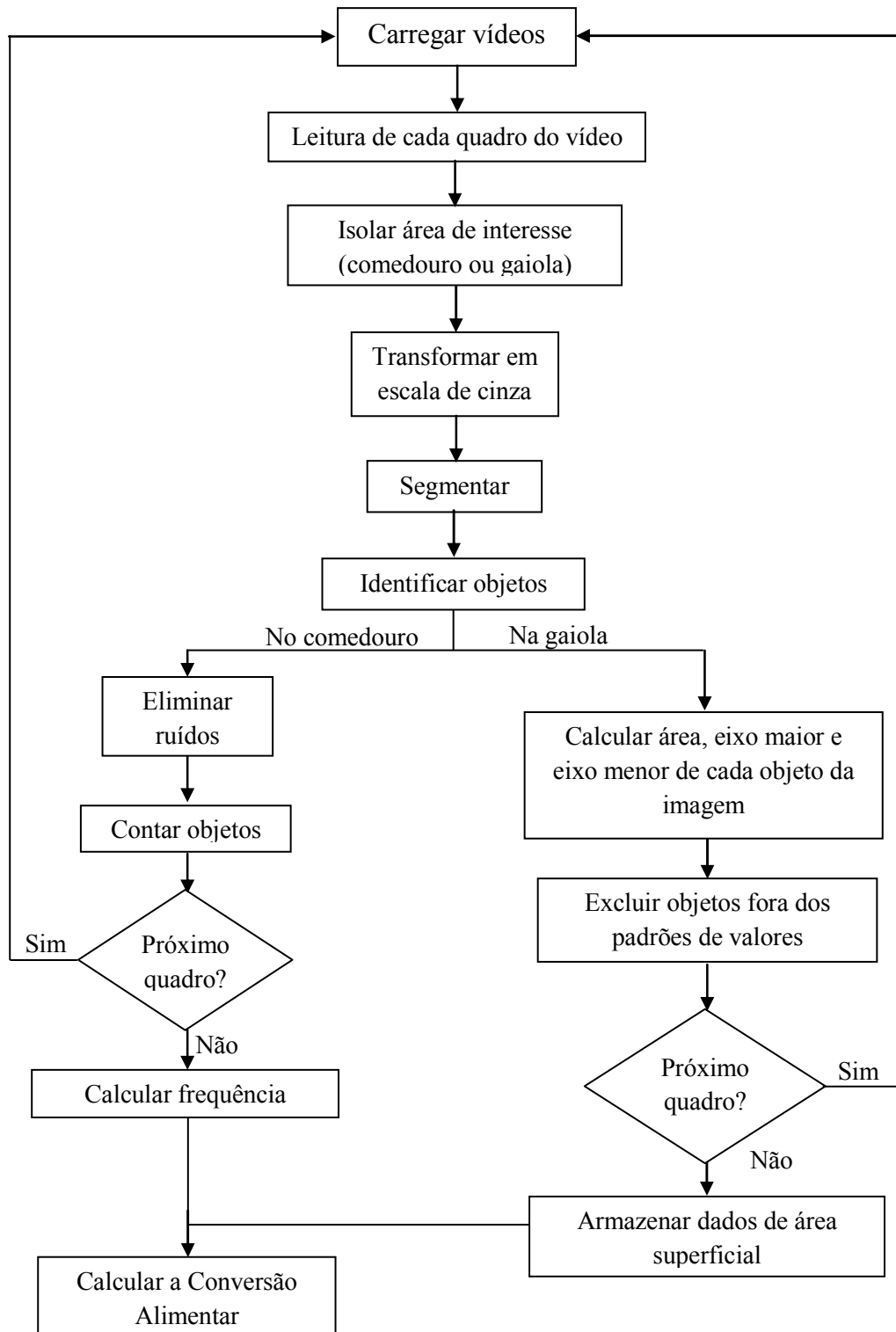


Figura 3.3. Fluxograma do processamento para determinação da conversão alimentar.

Dessa forma, com a área isolada, a imagem gerada era transformada em escala de cinza, depois segmentada por meio do método automático de definição do

limiar proposto por OTSU (1979). Esse método de limiarização baseia-se na análise discriminante, buscando determinar um limiar ótimo  $k^*$  que maximiza a variância entre as classes, conforme Equação 2.

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{0 \leq x \leq \text{imax}} \sigma_B^2(k) \quad (2)$$

onde,

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_T(\omega_k - \mu_k)]^2}{\omega_k[1 - \omega_k]}$$

e,  $k$ : representa os possíveis tons de cinza;

$\mu_T$  : média de todo histograma;

$\omega_k$  : probabilidade de ocorrência da classe  $k$ ;

$\mu_k$  : média da classe adotando o limiar  $k$ .

Com a utilização do método de OTSU (1979), apresentado acima, ocorreu a partição do histograma, os *pixels* que possuíam valores maior ou igual ao limiar foram convertidos em branco e os demais em preto. Nas imagens binárias, as codornas foram representadas com *pixels* de valor unitário, e todo o comedouro foi representado com *pixels* de valor zero.

Após a segmentação, o algoritmo identificava os objetos presentes na imagem, contava o número de cabeças nas imagens do comedouro e calculava as áreas e eixos maiores e menores das codornas presentes nas imagens de gaiola.

Para o descritor área superficial, foi necessário excluir das imagens objetos que poderiam confundir o algoritmo na estimativa de massa corporal das aves a fim de garantir que a área superficial não sofresse distorção, já que uma codorna em posição de espreguiçar ou investigar penas, por exemplo, teria sua forma e consequentemente suas dimensões alteradas nas imagens. Para tanto, previamente foram definidos valores padrões das propriedades área e eixos (limites máximos e mínimos). Assim, todos os objetos que apresentavam valores de área e eixos fora dos limites padrões estabelecidos foram considerados como sendo ruído e foram excluídos das imagens.

Para calcular os limites máximos e mínimos dos valores padrões, o algoritmo desenvolvido foi utilizado previamente em uma amostra de imagens,

nestas imagens o algoritmo calculava a área e os eixos de todos os objetos presentes na imagem selecionada. De posse desses dados, com auxílio do próprio algoritmo e por visualização das imagens, avaliaram-se os objetos que efetivamente eram codornas e assim foram escolhidos os limites que definiram os valores padrões, conforme Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Valores padrões das propriedades área e eixos, maior e menor, em *pixels*

Idade (dias)	Área superficial		Eixo maior		Eixo menor	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
21	1600	1257	68	54	38	31
28	2200	1450	76	57	40	31
35	2414	1850	80	67	46	37

Ressalta-se que os valores dos eixos, maior e menor, foram utilizados apenas como forma de garantir uma melhor classificação dos objetos na imagem, para posterior mensuração da característica de interesse, área superficial, para determinação da massa corporal das codornas.

As etapas, seleção de área na imagem, imagem binária para cálculo das propriedades de interesse, acima descritas podem ser observadas na Figura 3.4.

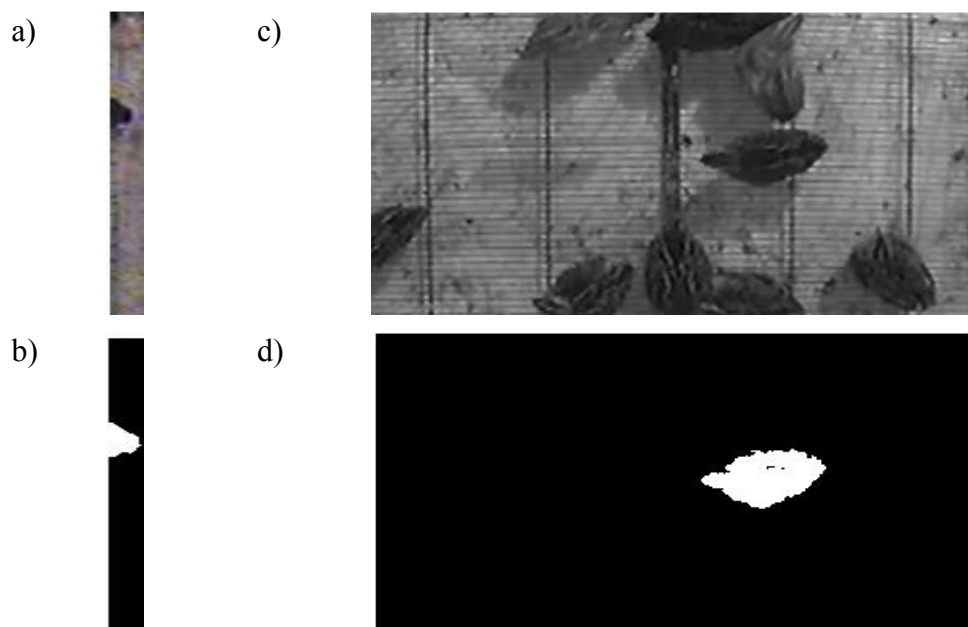


Figura 3.4. Comedouro isolado (a); imagem binária para contagem de objetos no comedouro (b); área de interesse isolada na gaiola (c); imagem binária para cálculo das propriedades de interesse do objeto (d).

Após mensurar a frequência ao comedouro e a massa corporal das codornas, o algoritmo determinava a conversão alimentar, por meio da razão entre a quantidade de ração consumida (frequência ao comedouro) e a massa corporal (área superficial em projeção), para cada semana avaliada.

Os vídeos utilizados para determinar a conversão alimentar foram selecionados de acordo com o dia em que foi realizada a pesagem manual das aves, tendo sido utilizados vídeos da segunda fase experimental, nos dias em que as aves completaram 21, 28 e 35 dias de idade.

Para evitar a presença de ruídos que pudessem interferir na identificação das aves pelo algoritmo, foram utilizados vídeos capturados entre 9 e 11 h da manhã, horários em que as gaiolas estavam mais limpas.

A fim de verificar o efeito das condições térmicas avaliadas sobre desempenho produtivo das codornas de corte utilizou-se a análise de variância e, em função dos resultados dos testes F, foram realizadas testes de Scott-Knott. O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso e os tratamentos se apresentaram em um arranjo fatorial 3x3, sendo três condições térmicas (conforto térmico, calor moderado e calor severo) e três idades (21, 28 e 35), com 10 repetições.

## 5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3.3 estão apresentadas as médias de Tar, UR e ITGU para cada condição térmica estudada ao longo da 2ª fase experimental.

Tabela 3.3. Médias e desvios padrões da temperatura do ar, umidade relativa e índice temperatura de globo e umidade para cada condição térmica avaliada

Condição	Tar (°C)	UR (%)	ITGU
Conforto térmico	26,3 ± 0,6	60,7 ± 4,5	75,3 ± 0,7

Calor moderado	30,5 ± 0,4	61,1 ± 3,5	79,9 ± 0,5
Calor severo	33,2 ± 0,2	61,0 ± 6,4	82,2 ± 0,4

Observa-se que os valores de temperatura do ar e umidade relativa mantiveram-se próximos aos valores propostos, ou dentro da normalidade para cada condição térmico-ambiental.

Na literatura ainda não existem valores específicos de ITGU para codornas de corte. Entretanto, se os valores obtidos forem comparados com as faixas de valores de frangos de corte, os valores encontrados para as condições de calor moderado e severo estariam realmente acima do limite de conforto; segundo MEDEIROS et al. (2005), ITGU de 78 a 88 caracteriza ambiente quente para frangos de corte.

#### **5.5.1. Conversão alimentar estimada, baseada na frequência ao comedouro e na massa corporal estimada, para codornas de corte de diferentes idades**

Os dados de ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar estão apresentados na Tabela 3.4. Verifica-se que houve diferença significativa para a variável-resposta consumo de ração (em todos os períodos avaliados), entre as diferentes condições ambientais de alojamento.

Tabela 3.4. Resultados de ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) para codornas de corte, em função da idade das aves e da condição térmica avaliada

<b>Período avaliado</b>	<b>Condição térmica</b>	<b>GP (g/semana)</b>	<b>CR (g/semana)</b>	<b>CA</b>
21 a 28 dias	CT	70,68 a	190,88 a	2,70 a
	CM	66,18 a	186,31 a	2,81a
	CS	62,58 a	173,17 b	2,76 a
28 a 35	CT	49,84 a	201,46 a	4,04 a

dias	CM	44,61 a	187,46 a	4,20 a
	CS	43,46 a	171,56 b	3,94 a

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

O menor consumo de ração foi registrado no ambiente de calor severo ( $p < 0,05$ ). À medida que as condições ambientais se afastam da zona de conforto térmico, as aves tendem a diminuir a ingestão voluntária de alimentos como forma de prevenir o aumento da temperatura corporal e garantir sua sobrevivência.

Os trabalhos desenvolvidos por MEDEIROS et al. (2005), DOZIER III et al. (2006), LU et al. (2007), SOUZA et al. (2010) demonstram esta mesma relação do ambiente térmico com o consumo de ração, demonstrando que o estresse por calor provoca queda no consumo de ração.

Os resultados encontrados para ganho de peso não demonstram existir influência significativas ( $p < 0,05$ ) das condições térmicas avaliadas sobre as codornas de corte.

Os valores encontrados no método computacional são condizentes com os valores resultantes do método convencional utilizado para mensuração da conversão alimentar.

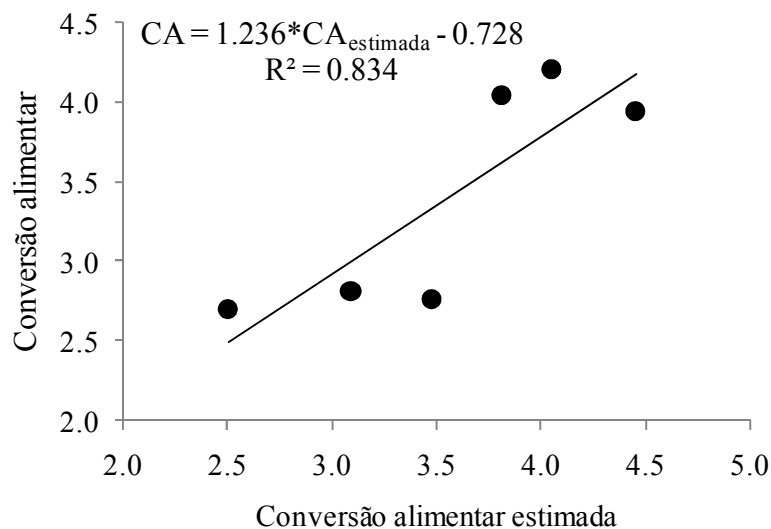


Figura 3.5. Equação de regressão de conversão alimentar em relação a conversão alimentar estimada de codornas de corte.

Pela Figura 3.5 observa-se existência de correlação positiva significativa entre as variáveis, conversão alimentar mensurada e conversão alimentar estimada,

de codornas de corte. O coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,834$ ) demonstra que o modelo para determinação da conversão alimentar é eficiente em relação ao objetivo proposto independente da condição climática.

Os resultados demonstram a eficiência do modelo empírico em determinar os valores de conversão alimentar, à distancia e em tempo real, por meio da análise de imagens, constituindo, assim, uma ferramenta preciosa no gerenciamento da produção de uma indústria, com redução de custos a longo prazo e acompanhamento do desenvolvimento animal dia a dia, minimizando operações de manejo complexas e estressantes aos animais, além de permitir o desenvolvimento de cronogramas de abate mais efetivos.

## 5.6. CONCLUSÕES

Com base na pesquisa realizada e pelos resultados encontrados, pode-se concluir que:

- As faixas de valores de temperatura do ar e do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) que representam situação de conforto térmico para codornas de corte situam-se entre 25,7 a 30,9 e 74,6 a 80,4, respectivamente, sendo que valores de Tar e ITGU acima destas faixas provocam queda no desempenho destas aves, com redução de 14,8% na ingestão de alimentos.
- O modelo empírico para estimar a conversão alimentar, em função da frequência de uso do comedouro e da massa corporal estimada (por meio da área superficial), via análise de imagens digitais, mostrou-se adequado para determinação da conversão alimentar de codornas de corte, com idade citada acima.

## 5.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. P.; SILVA, I. J. O. ; PIEDADE, S. M. E Avaliação do bem-estar de aves poedeiras comerciais: efeitos do sistema de criação e do ambiente bioclimático sobre o desempenho das aves e a qualidade de ovos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1388-1394, 2007

BUFFINGTON, C. S.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J.. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Trans. ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.

CARNEIRO, S. L.; ULBRICH, A. C.; FALKOWSKI, T.; CARVALHO, A.; SOARES JÚNIOR, D.; LLANILHO, R. F. FRANGO DE CORTE - Integração Produtor/ Indústria, Uma renda bimensal estável e a produção de composto orgânico na propriedade. Redes EMATER-PR. Referencias para Agricultura Familiar. Disponível em: [http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/redereferencia/pp\\_modnortefrango.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/redereferencia/pp_modnortefrango.pdf). Acesso em setembro de 2012.

CASSUCE, D. C. **Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2011.

CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; MESQUITA FILHO, R. M.; SOUSA, F. C. Análise de imagens digitais para a avaliação do comportamento de pintainhos de corte. **Engenharia Agrícola** (Impresso), v. 31, p. 418-426, 2011.

DOZIER III, W. A.; PURSWELL, J. L.; BRANTON, S. L. Growth Responses of Male Broilers Subjected to High Air Velocity for either Twelve or Twenty-Four Hours from Thirty-Seven to Fifty-One Days of Age. **Journal Applied Poultry Research**, Stanford, v.15, n. 3, p.362–366, 2006.

LU, Q.; WEN, J.; ZHANG, H. Effect of chronic heat exposure on fat deposition and meat quality in two genetic types of chicken. **Poultry Science**, Champaing, v.86, n.1, p.1059–1064, 2007.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - Sistema de análise estatística para dados balanceados. Lavras: UFLA/DEX, 2000.

FIGUEIREDO, G. F.; DICKERSON, T. W. BENSON, E. R.; VAN WICKLEN, G. L.; GEDAMU, N. Development of machine vision based poultry behavior analysis system. (ASAE Paper, 033083) In: **ASAE Metting**, Las Vegas, USA. 2003.

MASHALY, M. M.; HENDRICS, G. L.; KALAMA, M. A.; GEHAD, A. E.; ABBAS, A. O.; PATTERSON, P. H. Effect of heat stress on production parameters and immune response of commercial laying hens. **Poultry Science**, London, v. 83, p. 889-894, 2004.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T. A.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v.1, p.277-286, 2005.

MENDES, A. A.; PATRÍCIO, I. S. Controles, registros e avaliação do desempenho de frangos de corte. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004. 356 p.: Il; 30 cm

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

OTSU, N. A threshold selection method from gray-level histograms, **IEEE Transactions on Systems**, vol. 9, pp. 62-66, 1979.

RODRIGUES, V. C.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O. Visão Computacional: Distribuição espacial de aves poedeiras em condições de conforto e estresse. **Engenharia Rural**, v. 18, p. 09-16, 2007.

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

SINGH, R.V.; NARAYAN, R. Produção de codornas nos trópicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 2002, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. p.27-36.

SOUZA, V. L. F.; BURANELO, G. S.; GASPARINO, E.; CARDOZO, R. M.; BARBOSA, M. J. B. Efeito da automatização nas diferentes estações do ano sobre os parâmetros de desempenho, rendimento e qualidade da carne de frangos de corte. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 32, n. 2, p.175-181, 2010.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.1, p.1-26, 2001.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados encontrados neste trabalho demonstram a viabilidade de se utilizar imagens digitais para avaliar o comportamento de codornas de corte, provando, uma vez mais, a possibilidade de se utilizar o próprio animal como biossensor para avaliação do seu ambiente de criação.

Os parâmetros descritores testados, frequência ao comedouro e massa corporal estimada, permitiram extrair informações úteis e relevantes para avaliar a influência do ambiente térmico no comportamento das aves de forma automática e utilizando grande número de imagens. Ao retirar o observador humano da cena, a análise de imagens utilizada permitiu impedir que fossem cometidos erros, devido à subjetividade dos etogramas e, que os animais tivessem seu comportamento inibido pela presença humana.

Ao utilizar os descritores, frequência ao comedouro e massa corporal, e, avaliar conjuntamente estes para determinar a conversão alimentar buscou-se contribuir com metodologias para avaliação do comportamento das aves usando análise de imagens digitais; metodologias que possam avaliar as condições térmico-ambientais do ambiente de criação e, no futuro, atuar como ferramentas imprescindíveis para controle e suporte a tomada de decisão para o acionamento dos sistemas de climatização da instalação avícola, já que estes até então se baseiam apenas na mensuração da temperatura do ar e, em alguns casos, na umidade relativa para realizar tal controle.