

TATIANA PATRÍCIA NASCIMENTO DA SILVA RODRIGUES

**PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS PARA ANÁLISE DO
COMPORTAMENTO E BEM-ESTAR DE FRANGOS DE CORTE**

RECIFE-PE

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS PARA ANÁLISE DO
COMPORTAMENTO E BEM-ESTAR DE FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola como requisito à obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

RECIFE-PE

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

R696p Rodrigues, Tatiana Patrícia Nascimento da Silva.
Processamento digital de imagens para análise do
comportamento e bem-estar de frangos de corte / Tatiana Patrícia
Nascimento da Silva Rodrigues. – Recife, 2017.
81 f.: il.

Orientador(a): Héilton Pandorfi.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia agrícola,
Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências.

1. Ambiência 2. Avicultura 3. Sistema de iluminação 4. Visão
computacional 4. Zootecnia de precisão I. Pandorfi, Héilton, orient.
II. Título

CDD 630

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS PARA ANÁLISE DO COMPORTAMENTO E BEM-ESTAR DE FRANGOS DE CORTE

TATIANA PATRÍCIA NASCIMENTO DA SILVA RODRIGUES

Tese julgada para obtenção do título de
Doutor em Engenharia Agrícola, defendida
e aprovada por unanimidade em 28/02/2017
pela Banca Examinadora.

Orientador:

Prof. Dr. Héilton Pandorfi
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Borko Stosic
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Sílvia Helena Nogueira Turco
Universidade Federal do Vale do São Francisco

Prof. Dr. Paulo José Duarte Neto
Universidade Federal Rural de Pernambuco

“A persistência é o melhor caminho para o êxito, quem desiste cedo acaba descobrindo tarde onde mora o fracasso...” (Charles Chaplin).

*As grandes obras são executadas, não pela força, mas pela perseverança
(Samuel Johnson)*

*Em paz me deitarei e dormirei, porque só tu, Senhor, me fazes habitar em
segurança (SALMO, 4:8).*

*Sou o Deus que dá vitória!
Me buscar-te, Eu te dou a vitória!
(1 Coríntios 15:57).*

*A Deus,
Ao marido Diogo Rodrigues,
Aos meus Pais: David e Benedita,
À minha filha Eloá Isabella (in memoriam)
À minha sobrinha Sophia.*

Dedico.

Agradecimentos

Agradeço à Deus, por tudo que tem me proporcionado, pela minha vida, pela minha saúde, pela realização dos meus sonhos, pelas conquistas adquirida, pelo meu doutoramento, pela vida do meu marido, por ser meu socorro na hora da angustia, fraquezas e aflições, pela minha família, pelas pessoas que tem colocado em minha vida e pelos meus futuros sonhos;

Ao meu Marido, Diogo Rodrigues, pelo apoio, incentivo, por não permitir que eu desista das minhas conquistas, por estar ao meu lado nos momentos difíceis, pelo sua preocupação, amor e cuidado por mim. Te amo;

Aos meus pais, David Belarmino da Silva e Benedita Nascimento da Silva pelo incentivo inicial à educação;

À minha sobrinha linda Sophia Emanuelle por todo amor e carinho dedicado a Tia Tati. À minha cunhada Elienai e aos meus irmãos Júnior e Bruno;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, por me proporcionar dez anos de aprendizado, entre graduação (4 anos), mestrado (2 anos) e doutorado (4 anos);

À CAPES pela concessão da bolsa;

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de cursar um mestrado e doutorado. Em especial aos Professores Drs. Mario Rolim, Ênio Farias, Abelardo Montenegro, Ceres Almeida e Geber Moura;

Ao Programa de Pós-graduação em Biometria e Estatística Aplicada, por me proporcionar uma nova visão científica. Em especial, ao Professor Borko Stosic, por sempre incentivar, motivar e acreditar em seus alunos. E aos colegas que fizeram parte da turma de Estatística Computacional e Simulações gráficas;

Ao Professor Dr. Héilton Pandorfi, pela orientação, apoio, paciência e confiança;

Aos Professores Drs. Sílvia Turco, Carlos Bôa-Viagem Rabello e Paulo José pelas valiosas sugestões e incentivo desde a defesa do projeto;

Ao grupo de pesquisa em ambiência (GPESA) pelos bons momentos de interação;

Ao grupo de estudos em Engenharia Agrícola (GEPEA), que possamos manter sempre essa relação de amizade, risadas e entrosamento;

SILVA RODRIGUES, T. P. N.

Aos colegas do Programa da Pós-graduação em Engenharia Agrícola:
Diogo, Aninha e a Swamy (in memoriam).

Os meus sinceros agradecimentos!

Sumário

Resumo Geral.....	11
Abstract.....	12
Descrição do Problema.....	13
Introdução Geral	14
Objetivos Gerais	16
Referências Bibliográficas.....	17
CAPÍTULO 1	19
1. Cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil.....	20
2. Ambiência e bem-estar na criação de frango de corte	21
3. Novos padrões de bem-estar animal	23
4. Comportamentos de frangos de corte.....	24
5. Comportamento alimentar	25
6. Influência da iluminação no comportamento de frangos de corte.....	27
7. Aferição do estresse por calor em frangos de corte	29
8. Avicultura de precisão: análise comportamental	30
9. Visão Computacional.....	31
10. Etapas do processamento de imagem digital	32
11. Aplicabilidade da Visão Computacional na Ambiência	34
Referências Bibliográficas.....	38
CAPÍTULO 2	47
Resumo	48
Abstract.....	49
1. Introdução	50
2. Material e Métodos	52
2.1 Base de dados	52
2.2 Aquisição, registro e análise visual das imagens	53
2.3 Descrição do Software de captura de imagem	54
2.4 Validação do software	55
3. Resultados e Discussão	55
4. Conclusões.....	61
5. Referências Bibliográficas	61
CAPÍTULO 3	65
Resumo	66
Abstract.....	67

1. Introdução	68
2. Material e Métodos	69
2.1 Fatores de variação	69
2.2 Aquisição, registro e análise visual das imagens	71
2.3 Avaliação do ambiente térmico	69
2.4 Avaliação do desempenho Zootécnico	70
2.5 Análise dos dados.....	70
3. Resultados e Discussão	71
4. Conclusões.....	77
5. Referências Bibliográficas	78
Considerações Finais.....	81

Lista de Figuras

Capítulo 2

Figura 1. Localização da área de estudo.....	52
Figura 2. Vista interna do galpão e disposição do sistema de iluminação a base de LED.....	53
Figura 3. Distribuição das câmeras no interior do galpão para o monitoramento comportamental das aves (A) e Software TOPWAY® usado para o armazenamento das imagens no computador (B).....	54
Figura 4. Agrupamento de cores semelhantes	57
Figura 5. Quantificação dos Frangos de corte na região de interesse (A), segmentação empírica da imagem com a identificação das aves (B).	58
Figura 6. Coeficiente de determinação (R^2) da análise de correlação semanal.	59
Figura 7. Coeficiente de determinação (R^2) da análise de correlação por período do dia.....	60

Capítulo 3

Figura 1. Representação esquemática da distribuição dos boxes de criação e seus respectivos sistema de iluminação e sexo (macho e fêmea).	71
Figura 2. Hobo (a) e Globo Negro (b).....	70
Figura 3. Caracterização térmica do ambiente para os tratamentos T1 (Led vermelho) e T2 (Led branco).....	72
Figura 4. Análise de componentes principais para avaliar a frequência de ocorrência do comportamento ingestivo em função das variáveis ambientais. 73	
Figura 5. Análise de componentes principais que compara a frequência de ocorrência do comportamento ingestivo em função das variáveis ambientais, para o tratamento com Led vermelho e branco.	74
Figura 6. Desempenho produtivo em função da iluminação.	76
Figura 7. Efeito da temperatura do ambiente no ganho de peso semanal dos frangos de corte da 4 ^o a 6 ^o semana de criação.	77

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS PARA ANÁLISE DO COMPORTAMENTO E BEM-ESTAR DE FRANGOS DE CORTE

Autora: Tatiana Patrícia Nascimento da Silva Rodrigues
Orientador: Prof. Dr. Héilton Pandorfi

Resumo Geral

A presente pesquisa foi conduzida com o objetivo principal de utilizar as técnicas de visão computacional para desenvolver um programa que permitisse identificar, qualificar e quantificar a frequência de comportamento ingestivo expressos por frangos de corte. E analisar as diferenças entre o comportamento ingestivo frente aos fatores idade, ambiente de produção, sexagem e sistema de iluminação, utilizando ferramentas estocásticas de análises multivariadas. A validação do software foi realizada pelo resultado obtido a partir da análise visual de um especialista, por meio de análise de regressão linear pela plataforma R. Com base nas análises, verificou-se que o coeficiente de determinação (R^2) variou de 0,74 a 0,97, para todos os eventos de validação do software, o que evidencia boa caracterização do comportamento ingestivo de frangos de corte pela visão computacional. O comportamento alimentar dos frangos de corte foi influenciado pelo ambiente, principalmente no período da manhã e tarde. A noite foi mais evidente a influência do sistema de iluminação a base de LED branco, pelo maior ganho de peso apresentado pelas aves. As aves submetidas aos sistemas de iluminação não apresentaram alteração comportamental durante o dia, pelo fato da incidência da radiação solar ser maior que a iluminância promovida pelo sistema de iluminação. A variação do ganho de peso e peso vivo das aves apresentaram melhor resposta quando as aves foram expostas a temperatura de 27°C, ou seja, 3°C acima da condição de conforto recomenda, para 5ª semana do ciclo de criação.

Palavras-chave: ambiência, avicultura, sistema de iluminação, visão computacional, zootecnia de precisão

DIGITAL PROCESSING OF IMAGES FOR BEHAVIOR ANALYSIS AND WELFARE OF BROILERS

Author: Tatiana Patrícia Nascimento da Silva Rodrigues

Advisor: Prof. Dr. Héilton Pandorfi

Abstract

The present research was conducted with the main objective of using computational vision techniques to develop a program that could identify, qualify and quantify the frequency of ingestive behavior expressed by broilers. And analyze the differences between the ingestive behavior regarding the factors age, production environment, sexing and lighting system, using stochastic tools of multivariate analysis. The validation of the software was performed by the result obtained from the visual analysis of a specialist, by means of linear regression analysis by the R platform. Based on the analyzes, it was verified that the coefficient of determination (R^2) ranged from 0.74 to 0.97, for all validation events of the software, which shows good characterization of the ingestive behavior of broiler chickens by the computational view. Feeding behavior of broilers was influenced by the environment, especially in the morning and afternoon. The night was most evident the influence of the white LED lighting system, by the greater weight gain presented by the birds. The birds submitted to the lighting systems did not present behavioral changes during the day, because the incidence of solar radiation is greater than the illuminance promoted by the lighting system. The variation of the weight gain and live weight of the birds presented better response when the birds were exposed to a temperature of 27°C, that is, 3 °C above the comfort condition recommended, for the 5th week of the breeding cycle.

Keys-words: ambience, computer vision, lighting system, poultry farming, precision animal husbandry

Descrição do Problema

A análise do comportamento expresso por frangos de corte, realizada no próprio ambiente de produção, demanda tempo, gera decisões susceptíveis a erro humano devido à fadiga ocasionada ao observador, além de inibir o comportamento das aves, que resulta nos baixos níveis de eficácia quanto a precisão dos dados.

A utilização de imagens gravadas por câmeras de vídeo para análise dos comportamentos expressos por frangos de corte, elimina o efeito da presença humana, mas não soluciona problemas relacionados aos erros de interpretação humana, causados por imprecisão ou fadiga, frente à necessidade de efetuar uma longa análise de dados.

Uma alternativa para melhorar a análise comportamental baseia-se no desenvolvimento de um sistema de visão computacional, para análise automática dos comportamentos expressos pelos frangos de corte, auxiliando na acurácia quantitativa e qualitativa dos padrões comportamentais, em resposta as estimativas do bem-estar de frangos de corte.

Introdução Geral

O setor avícola brasileiro passou por grandes transformações ao longo dos anos, à medida que a atividade passou a ser utilizado para fins comerciais ocorreram as primeiras mudanças, como a criação do Instituto Biológico, responsável pelas primeiras vacinas, e a primeira fábrica de ração, em 1962. Mas o auge das mudanças iniciou-se, juntamente com o período de exportação, entre os anos de 1975 a 1988, com mudanças no mercado nacional e internacional, dando início ao período de processamento com os mais variados tipos de corte que tomaram conta do mercado (MALAVAZZI, 1999).

Com aumento da população mundial e conseqüente ampliação da demanda por alimentos, tornou-se necessário o aprimoramento de técnicas para a produção de proteína de origem animal. A avicultura de corte brasileira foi uma das atividades econômicas que mais se desenvolveu no setor agropecuário, com destaque mundial, ostentada pela liderança no mercado internacional, com baixo custo de produção e elevada qualidade do produto final (SARMENTO et al., 2005; SILVA, et al., 2015).

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2016), a produção brasileira de carne de frango totalizou em 2015, 13,146 milhões de toneladas, volume 3,58% superior ao registrado no ano de 2014. Com este resultado, o Brasil se consolidou como segundo maior produtor de carne de frango do mundo, superando a China, produzindo 13,025 milhões de toneladas, segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

Em 2016 produção de carne de frango chegou a 12,9 milhões de toneladas, um volume 1,8% inferior ao que foi produzido no ano anterior. Devido à crise sem precedentes no Brasil acompanhado de custos altíssimos do milho, superado em 100% na cotação máxima dos anos anteriores. Houve uma queda também na produção da carne de frango da China, com isso o Brasil continua sendo o segundo maior produtor mundial (ABPA, 2017). A expectativa para 2017 deverá totalizar 13,056 milhões de toneladas, um aumento de 1,2% superior ao ano anterior.

A intensificação no seu processo de produção, deve-se, também, a melhoria na genética, alimentação, introdução de novas tecnologias e prática de manejo, bem como a utilização de instalações mais adequadas, favorecendo o bem-estar das aves (SILVA, 2013).

Dentre os estudos realizados no setor, nos últimos anos, os relacionados ao bem-estar e comportamentais tem se destacado muito. Várias são as medidas de estimativas de bem-estar relacionadas ao conforto térmico das aves, no entanto, medidas diretas de variáveis fisiológicas são difíceis de serem obtidas em estruturas comerciais de produção. O estudo de comportamento animal assume papel importante na produção, uma vez que para racionalizar os métodos de criação foram desenvolvidas técnicas de manejo e instalações que interferem e dependem do comportamento animal (CORDEIRO, 2011).

O ambiente térmico pode influenciar no comportamento animal, pois os animais buscam equilibrar sua temperatura corporal em prol da sua homeotermia. Aves submetidas a condições ambientais desfavoráveis, por exemplo, apresentam comportamento alimentar e físico, característicos (AMARAL et al., 2011).

Então, o comportamento expresso pelo animal confinado é uma resposta fisiológica a condições inadequadas do alojamento, no qual reflete no bem-estar e no conforto térmico. Estudar o comportamento destes animais é tão importante quanto pesquisar as exigências nutricionais ou o ambiente térmico adequado.

Parâmetros do comportamento animal podem ser utilizados para avaliar o estado de bem-estar em aves de corte comerciais, em um momento particular e está relacionado aos fatores internos (fisiológica) e externos (ambientais). Assim, a correta interpretação dos comportamentos expressos pelas aves, incluindo a sua frequência, duração e sequência, pode ser usado para estimar o seu bem-estar (PEREIRA et al., 2013; COSTA et al., 2012).

Os primeiros estudos comportamentais originaram da observação humana, que por meio dos etogramas representavam as respostas obtidas a partir dessas observações, mas eram sujeitos a erros devido à subjetividade do método, além de ser cansativo para o observador.

A vantagem da visão computacional em relação ao sistema visual humano é a possibilidade de efetuar medições exatas, baseadas na contagem de pixels. O avanço na área de processamento de imagens apresenta-se como uma tecnologia em pleno desenvolvimento na busca por respostas consistentes em relação aos novos padrões de bem-estar animal.

Objetivos Gerais

A presente pesquisa foi conduzida com o objetivo principal de utilizar as técnicas de visão computacional para desenvolver um programa que quantifique a frequência de ocorrência de comportamentos expressos por frangos de corte. Analisar as diferenças entre os comportamentos observados frente aos fatores idade, ambiente de produção, sexagem e sistema de iluminação utilizando ferramentas estocásticas de análises multivariadas.

Dentre os objetivos específicos, destacam-se:

- a - Fazer a validação do software pelo resultado obtido a partir da análise visual de um especialista;
- b - Avaliar a eficiência bioclimática, em relação aos sistemas de iluminação a base de LED utilizados em cada etapa do ciclo de produção, sobre o comportamento das aves.

Referências Bibliográficas

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Revista Avicultura Brasil**, edição 1, 2012, Publicações Especiais. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/informes-especiais>.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatórios anuais (2017-2017)**. Disponíveis em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>.

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

CORDEIRO, M. B., TINÔCO, I. F. F., MESQUITA FILHO, R. M., SOUZA, F. C. Análise de imagens digitais para a avaliação do comportamento de pintainhos de corte. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.418-426, maio/jun. 2011. ISSN 0100-6916. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000300002>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162011000300002&script=sci_arttext. Acesso em: 21/01/2015.

COSTA, L.S.; PEREIRA, D.F.; BUENO, L.G.F.; PANDORFI, H. Some aspects of chicken behavior and welfare. **Revista Brasileira Ciências Avícola**. [online]. **2012**, vol.14, n.3, pp. 159-164. ISSN 1516-635X. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2012000300001>. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbca/v14n3/a01v14n3.pdf>. Acesso em: 10/04/2015.

MALAVAZZI, G. Manual de criação de frango de corte. p. 163, São Paulo: Nobel, 1982.

PEREIRA, D. F.; MIYAMOTO, B. C.B.; MAIA, G. D. N.; SALES, T.; MAGALHÃES, M. M.; GATES, R. S. Machine vision to identify broiler breeder

SILVA RODRIGUES, T. P. N.

behavior, **Revisit Computers and Electronics in Agriculture**, volume 99, Pages 194–199, 2013.

SARMENTO, L. G. V., DANTAS, R. T., FURTADO, D. A., NASCIMETO, J. W. B., SILVA, J. H. V. Efeito da pintura externa do telhado sobre o ambiente climático e o desempenho de frangos de corte. **Revista agropecuária técnica**. V. 26, n. 2, p. 117-122, 2005.

SILVA, T. P. N, PANDORFI, H., GUISELINI, C. ENERGY BALANCE IN THE POULTRY-SHED SYSTEM AND ITS INFLUENCE ON BROILER PERFORMANCE. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.4, p.613-624, jul./ago. 2015. Doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p613-624/2015>.

SILVA, T. P. N. Tipologia e conforto térmico em galpões avícolas no estado de Pernambuco e sua influência no desempenho de frangos de corte (**Dissertação**), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DE LITERATURA

1. Cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil

A avicultura brasileira vem se destacando mundialmente desde a década de 1970, quando as exportações começaram a ganhar força e, por consequência, ampliação do investimento financeiro e tecnológico na produção, abate e processamento de frangos (DELIBERALI et al., 2010).

De acordo com números do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial de frangos cresceu sistematicamente nos últimos 35 anos, passando de 10,6 milhões de toneladas em 1975 para 71 milhões de toneladas no final da primeira década do século XXI (EMBRAPA, 2011).

A avicultura no Brasil é a atividade agropecuária de maior destaque no mercado internacional, ocupa desde 2004 a liderança na exportação e a segunda posição na produção mundial (SILVA et al., 2015; USDA, 2015).

De acordo com COSTA et al. (2012), o Brasil alcançou esta posição principalmente devido a excelente estrutura da cadeia de abastecimento e clima, que favorecem a produção de aves e grãos em todo o seu território.

O resultado desse investimento é um produto com qualidade, sanidade, sustentabilidade, que, aliadas a preços competitivos levou à carne de frango brasileira a mais de 150 países (ABPA, 2012). Não apenas por ser a fonte proteica de origem animal mais acessível do mercado, mas também um alimento saudável, extremamente nutritivo e rico em proteínas.

O setor responde por 3,6 milhões de empregos diretos e indiretos, sendo que mais de 300 mil pessoas estão empregadas nas agroindústrias, que contribui de forma significativa à balança comercial e rende ao Brasil cerca de 3,5 bilhões de dólares em exportações. Representa, também, a principal atividade econômica em diversas regiões brasileiras contribuindo com 1,5% do PIB (ABPA, 2012).

A produção brasileira de carne de frango teve seu recorde em 2011, com produção de 13,046 milhões de toneladas. Mas em meados de 2012 enfrentou uma grave crise fechando a produção em 12,645 milhões de toneladas, uma queda de aproximadamente 3,17%, em relação a 2011, que se prolongou até 2013, no qual fechou a produção em 12,300 milhões de toneladas (UBA, 2012; 2013; 2014).

De acordo com a UBA (2013) esse cenário se deu pelo aumento dos preços do farelo de milho e a quebra de safra da soja, que reduziu a colheita pela metade e limitou a utilização do produto como ração animal, isso devido ao longo período de estiagem. Além disso, os produtores acumularam dívidas que resultaram em ausência de créditos para avicultores e agroindustriais, o que promoveu a paralisação de diversas empresas do setor.

A Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2015) aponta que a produção brasileira de carne de frango totalizou, no ano de 2014, 12,691 milhões de toneladas, resultado 3,11% superior ao total produzido pelo setor em 2013, quando foram registradas 12,308 milhões de toneladas. O consumo per capita de 2014 chegou a 42,78 kg, resultado 2,2% maior em relação ao índice registrado no ano anterior, que foi de 41,87 kg/habitante/ano.

Já o ano de 2015 fechou a produção com 13,146 milhões de toneladas, volume 3,58% superior ao registrado no ano de 2014, assumindo o segundo lugar mundial, que antes era da China (ABPA, 2016).

Deve-se ressaltar que a avicultura brasileira é reconhecida como das mais desenvolvidas do mundo, com altos índices de produtividade. Esse patamar foi atingido em virtude de programas de qualidade implementados em todos os elos da cadeia produtiva nos últimos anos, com destaque para genética, nutrição, manejo, biossegurança, boas práticas de produção, rastreabilidade e programas de bem-estar animal e de preservação do meio ambiente (UBA, 2008).

2. Ambiência e bem-estar na criação de frango de corte

O conceito de ambiência aplicada à produção animal é muito amplo e está diretamente relacionado com as variáveis meteorológicas no interior das instalações, que é naturalmente influenciado pelas condições microclimáticas externas.

A ambiência tem o objetivo de minimizar os efeitos adversos dos fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que interagem com o animal, com ênfase na adequação das condições de conforto e do bem-estar animal, que atuam simultaneamente e exercem influências sobre os animais de maneira favorável ou desfavorável ao desenvolvimento biológico, ao desempenho produtivo e reprodutivo das aves (MORRIL, 2014; BAËTA & SOUZA, 2010).

O bem-estar de um indivíduo é o seu estado fisiológico em relação às suas tentativas de adaptar-se ao ambiente. Está diretamente relacionado com a saúde mental e física, garantindo o conforto necessário para desempenhar suas funções vitais. Deficiências no bem-estar animal podem ser traduzidas em mudanças no seu comportamento, fisiologia, estado sanitário, reprodução e crescimento (BROOM, 1986; CHIQUITELLI NETO, 2005).

As aves são animais homeotérmicos e possuem centro termorregulador no sistema nervoso central, capaz de regular a temperatura corporal. O hipotálamo é o órgão que funciona como termostato fisiológico que controla a produção e dissipação de calor por meio de diversos mecanismos, como o fluxo sanguíneo na pele, mudança na frequência cardíaca e respiratória e modificação na taxa metabólica (ABREU & ABREU, 2007).

Estudos apontam que 80% da energia ingerida é utilizada para manutenção da homeotermia e apenas 20% para produção. O mecanismo de homeostase, entretanto, é eficiente somente quando a temperatura ambiente está dentro de certos limites. Portanto, é importante que os aviários tenham temperaturas ambientais próximas às das condições consideradas de conforto (ABREU e ABREU, 2011).

A zona de conforto térmico para as aves seria a faixa de temperatura ambiente em que a taxa metabólica é mínima e a homeotermia é mantida com menor gasto energético pela ave. Para pintos de 1 a 7 dias, a zona de conforto está entre 31 °C e 33 °C, caindo para 21 °C a 23 °C na idade de 35 a 42 dias. Fora destas condições, podem ocorrer perdas, comprometendo negativamente seu desempenho produtivo (MACARI et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2006; SCHIASSI et al., 2015).

De acordo com Baêta e Souza, 1997, os primeiros 21 dias são marcados pelo rápido desenvolvimento dos pintainhos e também por mudanças fisiológicas importantes, tais como: crescimento das vísceras, desenvolvimento do sistema termorregulador; início do desenvolvimento de imunocompetência, além do desenvolvimento de músculos, sistema ósseo e gordura. Portanto, o comprometimento dessa fase de desenvolvimento afeta negativamente o desempenho final do lote.

A aplicação das condições ideais de ambiência se torna essencial para que o frango de corte converta a ração ingerida em carne, não desviando grande

parte da energia para manter a homeotermia. Um frango com características genéticas de rápido crescimento, não é suficiente se o aviário não esteja oferecendo um ambiente adequado para que se possa expressar seu potencial genético, então a interação entre os fatores nutrição, manejo, equipamentos e sanidade são importantes nesse processo.

3. Novos padrões de bem-estar animal

Historicamente, a Organização Mundial da Saúde Animal (World Organization for Animal Health-OIE), desde sua criação em 1924, tem realizado importante contribuição para o bem-estar animal, incluído no Código Sanitário dos Animais Terrestres, que trata de normas mínimas de bem-estar para animais de produção.

Segundo o conceito de BROOM (1986), bem-estar de um indivíduo é o seu estado fisiológico em relação às suas tentativas de adaptar-se ao ambiente. E está diretamente relacionado com a saúde mental e física, garantindo o conforto necessário para desempenhar suas funções vitais (CHIQUITELLI NETO, 2005). Deficiências no bem-estar animal podem ser traduzidas em mudanças no seu comportamento, fisiologia, estado sanitário, reprodução e crescimento.

A OIE define que o bem-estar animal é de grande importância para o comércio internacional de carnes, devido à crescente demanda por produtos de animais criados, manejados, transportados e abatidos através do uso de práticas mais humanitária e ética na produção (OIE, 2011).

A legislação de bem-estar animal no país pode causar um grande impacto sobre as exportações de frango de corte, uma vez que os principais países importadores são membros da União Europeia, que exigem requisito mínimos de qualidade do produto que chega à mesa dos consumidores (MOGAMI, 2009).

A fim de aumentar a sua quota no mercado europeu, e, eventualmente, no mercado mundial, os produtores de aves brasileiros devem compreender os efeitos de sistemas de produção no bem-estar das aves e, tentar desenvolver sistemas que são adequados para o clima da sua região e outras condições de produção. Há um consenso de que a evidência de comportamentos naturais realizados por aves em sistemas de produção intensiva caracteriza o atendimento do bem-estar animal (COSTA et al., 2012).

Nesse caso, boas práticas de bem-estar animal incluem prevenção e tratamento de doenças e lesões, prevenção e alívio da dor, do estresse e de outros estados negativos, fornecimento de alimentação e de outras condições de vida que sejam adequadas às necessidades e a natureza dos animais (FAO, 2009).

Então, para avaliar o nível de bem-estar dos animais, a Farm Animal Committee (2009), desenvolveu, em 1979, com base no relatório de Brambell, os princípios conhecidos como “cinco liberdades”. Com base nessas liberdades, muitos países, inclusive o Brasil, se baseiam para fazer parte das recomendações, das políticas e da legislação de bem-estar, são eles:

1. Livre de fome e sede, com fácil acesso a água fresca e a uma dieta que mantenha sua plena saúde e vigor;
2. Livre de desconforto, proporcionando um ambiente apropriado, incluindo abrigo e uma área confortável para descanso;
3. Livre de dor, lesão ou doença, com a prevenção ou diagnóstico rápido e tratamento;
4. Liberdade para expressar seu comportamento normal, proporcionando espaço suficiente, instalações adequadas e a companhia de animais da própria espécie;
5. Livre de medo e angústia (estresse), assegurando condições e tratamento que evitem o sofrimento mental.

4. Comportamentos de frangos de corte

Os animais de produção têm necessidades comportamentais específicas de suas espécies e são capazes de alterar seu comportamento para se adaptarem ao ambiente em que vivem. Dentre os fatores que afetam o comportamento dos frangos de corte, destaca-se o ambiente térmico de produção, por influenciar o comportamento animal na medida em que o mesmo busca equilibrar sua temperatura corporal, com ênfase na manutenção da homeotermia (GONÇALVES, 2012).

O comportamento das aves é influenciado por diversos fatores inerentes ao ambiente de produção. Aves submetidas a condições ambientais desfavoráveis apresentam comportamento alimentar e físico, característicos (AMARAL et al., 2011).

Logo, parâmetros do comportamento animal podem ser utilizados para avaliar o seu estado de bem-estar, em um momento particular, e está relacionado aos fatores internos (fisiológicos) e externos (ambientais). Assim, a correta interpretação dos comportamentos expressos pelos frangos de corte, incluindo a sua frequência, duração e sequência, pode ser usada para estimar o seu bem-estar (AMARAL et al., 2011; COSTA et al., 2012; PEREIRA et al., 2013).

Quando há mudanças na temperatura do ambiente, os animais apresentam várias respostas para manter a temperatura do corpo, começando com a conservação máxima de energia, como a inatividade e em certos casos, apenas as mudanças comportamentais podem evidenciar uma situação de estresse. Duas das mais efetivas características do comportamento termorregulatórios incluem seleção de melhor ambiente no aviário, e ajuste de postura (RODRIGUES, 2006).

Conforme PEREIRA et al. (2013), para se determinar o bem-estar era utilizado somente a alimentação e a reprodução, mas estudiosos da Etologia (comportamento animal) sentiram a necessidade de associar os estados emocionais, as liberdades de movimento e as experiências mentais na elaboração dos etogramas comportamentais.

O estudo do comportamento animal assume papel relevante dentro da produção avícola mundial, visto que impulsiona a adequação dos antigos métodos de criação às novas técnicas de manejo, alimentação e instalações. Sendo assim, o comportamento das aves é um parâmetro que pode mostrar o caminho para o desenvolvimento dos sistemas intensivos de produção no que se refere aos recentes padrões de bem-estar exigidos pelos principais países importadores de carne de frango, admitindo-se o animal como um biosensor (CORDEIRO et al., 2011).

5. Comportamento alimentar

O comportamento animal foi objeto de estudo de vários pesquisadores e, quando o assunto envolve conforto e estresse térmico, o comportamento alimentar é o mais afetado pelo ambiente térmico inadequado (MOGAMI, 2009). Quando as aves se alimentam, a produção de calor aumenta, devido ao aumento do metabolismo, processo esse chamado de termogênese.

Um dos principais efeitos da redução do consumo de alimento ocorre pelo efeito das altas temperaturas nos lotes de frangos de corte. Isso seria uma tentativa de reduzir a produção de calor interno, ocasionada pelo consumo de energia presente na ração. Ao se alimentar, aumenta o metabolismo e a quantidade de calor corporal, pois a digestão e a absorção de nutrientes geram nutrientes e energia, que liberada em forma de calor, é chamado de incremento calórico (LIMA, 2005).

Quando as aves reduzem o consumo alimentar buscando reduzir o incremento calórico, passam a utilizar a gordura corporal e nutrientes que seriam utilizados para seu desenvolvimento, como fonte de energia. Assim, os níveis mais baixos de ingestão de alimentos promovem a redução do consumo ideal de nutrientes, que afeta diretamente a produtividade do lote e, por conseguinte, o ganho de peso das aves (MOURA, 2001).

Lana et al. (2000) conduziram experimento para determinar o efeito dos diferentes programas alimentares em diferentes condições ambientais e concluíram que o consumo de ração dos frangos de corte criados em condições de temperaturas elevadas foi 15% inferior, quando comparados aos frangos criados em condições ambientais adequadas, sendo que os baixos níveis de ingestão reduzem o consumo ideal de nutrientes.

Frangos mantidos em ambiente de conforto térmico, caracterizado pela temperatura de 25 °C, apresentaram o maior valor de consumo de ração e ganho de peso. Altas temperaturas prejudicam o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade, sendo esses efeitos mais acentuados com o aumento da umidade relativa do ar (OLIVEIRA et al., 2006).

O comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos durante as duas primeiras semanas de vida, permitiu a observação de comportamentos característicos de agrupamento, presença no bebedouro, presença no comedouro e presença em áreas intermediárias. Os resultados mostraram que, em condições de estresse térmico por frio, as aves apresentaram tendência de permanecer maior parte do tempo agrupadas, afetando assim o desenvolvimento e a eficiência produtiva destes animais (SCHIASI et al., 2015).

Amaral et al. (2011), ao avaliarem o comportamento de frangos de corte, verificaram que nos dias de maior índice de temperatura do globo negro e

umidade (ITGU), o comportamento mais evidenciado foi o de permanecerem prostradas, indicando a condição de estresse a que as aves estavam submetidas.

Pereira et al. (2007), relatam que poedeiras expostas ao ambiente frio, exercitam mais seus músculos por banhos de poeira e eriçam as penas como mecanismos de reação à refrigeração. Em contrapartida, em ambiente com alta temperatura, apresentam os comportamentos de prostração ou redução na produção de ovos. Aves mais jovens apresentaram maior frequência de movimentos, como correr e perseguir outras aves.

Sevegnani et al. (2005) avaliou 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 da observação visual ainda se apresentaram muito dependentes da atuação humana na avaliação do comportamento.

6. Influência da iluminação no comportamento de frangos de corte

A luz é um importante variável ambiental para a regulação e controle do comportamento dos frangos de corte. Algumas fontes de luz podem, também, incorporar calor, aquecendo o ambiente de criação, e indiretamente afetar a troca de calor entre os frangos de corte e o ambiente. Pois, os animais confinados possuem sistemas visuais altamente desenvolvidos, e a maior parte do seu comportamento é mediada pela visão. A energia contida nos fótons é transformada em estímulo nervoso que regula o ritmo circadiano e coordena eventos bioquímicos e comportamentais, com influência no desempenho das aves (ARAÚJO et al., 2011; MENDES et al., 2013; ARAÚJO et al., 2015).

A luz estimula os pintainhos a procurar alimento, água e calor durante a recria. Durante a fase de crescimento a iluminação pode ser útil para moderar o ganho de peso e otimizar a eficiência de produção do lote. Então, a luz influencia o comportamento ingestivo dos frangos de corte, estabelece ritmicidade e sincronização de muitas funções essenciais, incluindo a temperatura do corpo e várias etapas metabólicas que facilitam a alimentação e digestão. De igual

importância, a luz estimula padrões de secreção de vários hormônios, no caso das aves reprodutoras, controla em grande parte, o crescimento, a maturação e a reprodução (MENDES et al., 2010).

Senaratna et al. (2011) ao avaliarem o efeito de luz monocromática em frango de corte, concluíram que a cor da luz durante a criação afeta mais o comportamento do que o crescimento, porém, o fornecimento de luz vermelho até 21 dias de idade apresentou efeitos benéficos sobre o ganho de peso e outros parâmetros de carcaça.

Mendes et al. (2010) mencionam que durante os primeiros dias de criação, a luz de onda curta estimula o crescimento enquanto que a luz de onda longa acelera a maturidade sexual, por outro lado, as aves expostas a luz azul e verde (ondas curtas) mantêm-se mais calmas do que as expostas à luz branco ou vermelho (ondas longas).

Mendes et al. (2013) estudaram o desempenho de frangos de corte (machos e fêmeas) expostos a LED de cor branco e a lâmpadas fluorescente compactas (CFL) e observaram que os machos criados sob CFL apresentaram maior peso corporal que as fêmeas aos 7 e 14 dias de idade. No entanto, o peso vivo não foi alterado entre os sexos para o restante das idades e de aves criadas sob as lâmpadas LED de cor branco. Sendo que o LED branco resultou em melhor conversão alimentar dos 21 aos 28 dias de idade para as fêmeas em comparação com aquelas sob CFL.

Morril et al. (2014) avaliaram o desempenho, comportamento e desenvolvimento de frangos de corte criados sob luzes LED vermelhos, verdes e azuis monocromáticas e / ou multicoloridas. Os tratamentos de iluminação foram realizados numa base de iluminação 23L:1E durante seis semanas. Empregou-se luz vermelho monocromática (630 nm), verde (520 nm) e azul (460 nm), e simultânea azul-esverdeada, e iluminação de habitação de luz branco. O peso corporal, o consumo de alimentos e o comportamento foram monitorados e comparados entre tratamentos LEDs. Os dados comportamentais mostraram que os frangos de corte criados sob iluminação verde apresentaram menor frequência respiratória (87 mov. min⁻¹), enquanto que aqueles sob iluminação vermelho apresentaram maior (96 mov. min⁻¹). Os resultados também mostraram que os frangos de corte sob iluminação monocromática azul e / ou verde exibiram de 6,0 a 8,9% de aumento no peso corporal final, quando comparados com as

aves submetidas a luz vermelho ou branco, respectivamente. O maior consumo de ração e o menor ganho de peso corporal foram observados em frangos de corte criados sob iluminação azul e vermelho, respectivamente.

7. Aferição do estresse por calor em frangos de corte

A redução do desempenho do animal de criação é causada pelo estresse térmico, porém, existem outros agentes estressores que pode influenciar no seu desempenho, como manejo inadequado, ração desbalanceada e presença de patógenos que podem causar redução no desempenho, estando o animal em estresse térmico ou não. Com base nisso, é necessário utilizar mais parâmetros de avaliação que possam auxiliar a confirmação de que esses efeitos negativos no desempenho do animal sejam ocasionados pela situação de estresse por calor em que a ave está submetida (NAVAS et al., 2016).

Antes de se avaliar o estresse por calor através de parâmetros ligados diretamente ao animal, pode-se diagnosticar o ambiente em que ele está sendo criado. Dentre os índices de avaliação de conforto térmico, a entalpia (Equação 1), tem sido proposta atualmente como o índice mais adequado para a avaliação do ambiente interno de galpões de frangos de corte, isso porque é um índice que depende basicamente da temperatura e da umidade relativa do ar (QUEIROZ et al., 2012; NAVAS et al., 2016).

$$H=6,7+(0,24\times Tbs)+\left(\frac{UR}{100}\right)\times\left(10\times\frac{7,5\times Tbs}{237,3+Tbs}\right) \quad \text{Equação 1}$$

em que: H é a entalpia (kcal/kg de ar seco), Tbs é temperatura do bulbo seco (C°) e UR é a umidade relativa do ar (%).

O resultado deve ser multiplicado por 4,18 devido à unidade de medida (kJ) e são divididas em quatro faixas: a de conforto (56,1 a 64,6), a de alerta (64,7 a 70,5), a crítica (70,6 a 77,5), e a letal (77,6 a 93,1). Após verificar se o ambiente se encontra na faixa de alerta é necessário coletar dados referentes ao animal, para que se possa verificar se o ambiente gera modificações negativas na fisiologia e no comportamento do animal (BARBOSA FILHO et al., 2007).

A avaliação referente a temperatura da superfície corporal das aves é utilizada para mensurar a exposição das aves a alta temperatura ambiente,

pode-se utilizar termômetro por infravermelho e, as áreas do corpo mais comumente avaliadas são: cabeça, asas, dorso e pés (DALKE et al., 2005).

Atualmente a câmera termográfica consegue substituir o termômetro infravermelho, por ser uma técnica moderna, segura não invasiva, ou seja, não causa perturbação ao animal aumentando a precisão dos dados e com isso permite identificar a variação de temperatura de superfície em diversos pontos do corpo das aves. As câmeras infravermelhos medem a quantidade de energia térmica emitida pelas superfícies e as converte em temperatura da superfície, produzindo imagens térmicas (CANIATTO et al., 2013).

Outra forma de medir o estado de conforto ou desconforto é pelo comportamento, por meio de filmagem ou observação visual. Pode-se observar que quando os frangos estão sob estresse por calor seu comportamento é modificado na tentativa de aumentar a dissipação de calor para o meio ambiente. As aves por ser animais homeotérmicos, não possuem glândulas sudoríparas e utiliza-se de quatro meios para trocar calor com o ambiente: convecção, condução, radiação e evaporação pela frequência respiratória.

Para aumentar a troca de calor com o ambiente, os frangos de corte tendem a aumentar sua área superficial e um dos comportamentos observados são: agachando-se com as asas abertas e afastadas do corpo e eriça as penas. A troca de calor por condução faz com que o fluxo sanguíneo seja desviado para regiões periféricas do corpo, que não possuem penas (crista, barbelas e pés), funcionando como um veículo de transporte de calor não evaporativo para a superfície onde foi dissipado (Nascimento & Silva, 2008).

8. Avicultura de precisão: análise comportamental

O comportamento animal é uma ferramenta potencial para identificar o estado do bem-estar dos frangos de corte em sistemas de produção comercial. Vários tipos de dispositivos e sensores têm sido aplicados para analisar e controlar o comportamento animal. Entre eles, a câmera de vídeos que têm o objetivo de registrar as imagens para identificação de padrões e sinais úteis e relevantes para cada aplicação desejada. Além disso, câmeras de vídeo podem potencialmente gerar dados mais confiáveis, devido à sua natureza não-invasiva, durante a coleta de dados (CORDEIRO et al., 2011; PEREIRA et al., 2013).

A análise dos frames de vídeos pode ser realizada de duas formas, análise visual humana e análise por meio da visão computacional. Na análise por meio da visão humana utiliza-se etogramas, que seria a respostas obtidas a partir dessas observações, portanto, sujeito a erro devido à subjetividade dos métodos, a demanda de tempo, além de ser cansativos para o observador.

A análise pela visão computacional ocorre por meio de um programa que execute aquisição, processamento e a classificação das imagens dos animais, tornando um processo automatizado sem a interação do homem. Permitindo assim, o monitoramento contínuo do comportamento dos animais e a observação de um número maior de animais, no que seria impossível se a observação fosse direta (PEREIRA et al., 2013).

Devido ao maior número de pesquisas na área do comportamento animal, a quantidade de informação e o tempo de análise aumentaram substancialmente, fazendo com que os pesquisadores busquem técnicas de processamento de imagens, que possam gerar informações de modo automático, sem a interferência do pesquisador, contribuindo para a efetiva análise de sequências de imagens (SILVA, 2007).

A vantagem do emprego de programa computacional dedicado seria a possibilidade de efetuar medições exatas, baseadas na contagem de pixels e, portanto, dependentes da resolução de imagem digitalizadas. Como utiliza imagens gravadas por câmera de vídeos, não influencia no comportamento dos frangos de corte e permite a extração numérica de dados monitorados por um longo período. No entanto, o desafio se impõe ao desenvolvimento de métodos e algoritmos eficientes para identificar e diferenciar continuamente os padrões de comportamento dos animais (PEREIRA et al., 2013).

9. Visão Computacional

Segundo Ballard et al. (1992) a visão computacional (VC) é a ciência responsável pela visão de uma máquina, ou seja, é a forma como um computador interpreta o meio à sua volta, extraindo informações significativas a partir de imagens capturadas por câmeras de vídeo, sensores, scanners, entre outros dispositivos, no qual envolve teoria e tecnologia para a construção de sistemas artificiais, que obtém informação de imagens ou quaisquer dados multidimensionais.

Ela pode ser dividida em dois níveis de abstração, processamento digital de imagens (PDI) e análise de imagens. O PDI busca técnicas para capturar, representar e transformar imagens, que permite extrair e identificar informações e melhorar a qualidade visual de certos aspectos, o que facilita a extração de características que serão usadas posteriormente. A análise de imagens envolve técnicas como segmentação da imagem em regiões de interesse, descrições dos objetos, reconhecimento e classificação, usando imagens como entrada e produzindo outro tipo de saída (CONCI et al., 2008; PEDRINI et al., 2008).

Segundo Gonzalez & Woods (2013), a VC tem a função de captar imagens do mundo real de forma artificial e complementá-las ou processá-las em computador, para isso, procura dotar as máquinas com capacidades visuais. Logo, faz-se o uso de processamento de imagens (PI) para extrair os dados desejados das imagens que estão sendo adquiridas.

O processamento objetiva tornar uma imagem melhor perceptível visualmente ao ser humano ou efetuar a aquisição de dados de forma automática para uso em máquinas em geral. Aplicações que utilizam visão computacional podem ser encontradas em diversas áreas, como física, biologia, indústria, forças armadas, ambiência animal, entre outras, como: detecção de terroristas em aeroportos, pelo reconhecimento de face (biometria); detecção de unidades inimigas ou mísseis teleguiados em aplicações militares; análise morfológica de células; montadoras de veículos, posicionamento de braços de robôs em reparos de submarinos; futebol de robôs ou até mesmo no estudo de comportamento animal, para melhoria do desempenho produtivo (GONZALEZ & WOODS, 2013).

10. Etapas do processamento de imagem digital

O processamento de imagem digital é a manipulação de uma imagem por computador de modo que a entrada e a saída do processo são imagens. Através dele, pode-se analisar e modificar imagens com o objetivo de extrair informações, reconhecer, comparar e classificar elementos que a compõem. O intuito seria transformar uma imagem buscando aumentar seu contraste, realçar bordas e corrigir imperfeições e ruído; sua aplicação tem como objetivo fornecer subsídios para interpretações pela visão computacional (GONZALES & WOODS, 2013).

O processamento geralmente é impresso na forma algorítmica e a maioria pode ser implementada em softwares. As etapas do sistema da visão computacional envolvem aquisição, pré-processamento, segmentação, representação e descrição, reconhecimento e interpretação do resultado (GONZALES & WOODS, 2013; PEDRINI & SCHWARTZ, 2008).

Para a aquisição da imagem digital é necessário ter um sensor para imageamento e a capacidade de digitalizar o sinal produzido pelo sensor, que poderia ser uma TV monocromática ou colorida, scanner ou câmera de vídeo (GONZALES & WOODS, 2013).

O pré-processamento é a etapa mais importante da visão computacional, pois ocorre após a obtenção da imagem digital, ou seja, refere-se ao processamento inicial dos dados brutos, correção de distorções geométricas e remoção de ruído. Sua função é melhorar a imagem de forma a aumentar as chances para o sucesso dos processos seguintes, facilitando a etapa da segmentação. Nessa etapa, as técnicas de realce de contrastes, remoção de ruído e isolamento de regiões cuja textura indique a probabilidade de informação alfanumérica (AMARAL, 2012; GOMES & LETA, 2012).

A alteração do histograma é uma das ferramentas mais usadas neste estágio, uma vez que o histograma permite um gráfico para visualizar a distribuição de matizes dos pixels da imagem, o que torna possível observar e modificar as características de contraste e os níveis de iluminação da imagem (MELO, 2015).

A segmentação é a responsável por dividir uma imagem de entrada em partes ou objetos constituintes. Esse processo visa separar as regiões da imagem, cada pixel de uma imagem, em duas classes (o fundo e o objeto) a fim de produzir uma imagem binária (AMARAL, 2012).

A representação e descrição é apenas parte da solução para transformar os dados iniciais numa forma adequada para o próximo passo do processamento computacional. A representação transforma os dados iniciais em uma forma mais adequada ao subsequente processamento. O processo de descrição procura extrair características que resultem em alguma informação de interesse para o melhor processamento da imagem. O processo de reconhecimento é o responsável por atribuir um nome a um objeto, baseado na informação fornecida pelo seu descritor. A interpretação envolve a atribuição de significado a um

conjunto de objetos reconhecidos, ou conjunto de entidades rotuladas (GONZALES & WOODS, 2013).

11. Aplicabilidade da Visão Computacional na Ambiência

O estudo do comportamento animal ocorre através da avaliação de determinados padrões comportamentais e com isso, indicar se o animal está sofrendo em decorrência do estresse causado por fatores climáticos, densidade de criação, doenças entre outros.

Para Bozakova et al. (2007), o comportamento das aves, por exemplo, é um critério seguro para o diagnóstico de doenças e para a eficácia da terapia. Logo, o estudo do comportamento animal torna-se tão importante quanto estudar as exigências nutricionais ou o ambiente térmico adequado.

O avanço na área de processamento digital de imagens é uma tecnologia em pleno desenvolvimento, na busca por resposta consistente para estimativa do bem-estar animal. Vários tipos de dispositivos e sensores tem sido aplicado para analisar e controlar o comportamento animal. Entre eles a câmera de vídeos, que segundo Cordeiro et al., (2011), tem o objetivo de analisar as imagens para identificação de padrões e sinais uteis e relevantes para cada aplicação desejada.

A utilização de visão computacional permite a elaboração de métodos de investigações mais eficiente e confiável, no entanto, não se tem uma fórmula padrão para todas as situações, ou varia de acordo com o tipo de análise. Diversos pesquisadores têm-se utilizado da técnica de visão computacional na ambiência (MOGAMI, 2009; CORDEIRO et al., 2011; AMARAL, 2012).

Pereira et al. (2013) utilizou a visão computacional com o objetivo de apresentar uma metodologia para identificar o comportamento de frangos de corte (Cobb), utilizando técnicas combinadas de processamento de imagens e visão computacional, como intuito de diferenciar formas do corpo a partir de uma sequência de frames. A metodologia desenvolvida para identificar comportamentos de frangos de corte por meio de técnicas de visão computacional mostrou uma taxa de sucesso superior a 70% para ambos os métodos de validação adotados. Mesmo assim, a taxa global de sucesso poderia ser melhorada se pudesse controlar melhor a iluminação do vídeo, pois a

iluminação afetou a seleção de métodos de processamento de imagem usado para diferenciar as aves de outros objetos e fundo.

Assim, melhorando as técnicas de iluminação, melhorariam o processo de diferenciação das aves a partir do fundo, que aumentaria, por sua vez, a precisão dos métodos aplicados. Outro fato que melhoraria a precisão de identificação é o desenvolvimento de métodos para rastrear a trajetória das aves. Por exemplo, o uso de métodos de rastreamento de trajetória para beber e comer, que são implementados em áreas onde esses comportamentos ocorrem alta frequência.

Saltoratto et al. (2013) utilizou uma ferramenta de monitoramento de avicultura a partir das imagens de frames de vídeos. Para isso, foram aplicadas técnicas para redução do brilho (intensidade) da imagem, assim como morfologia matemática e algoritmo de inundação como alguns dos procedimentos aplicados às imagens. Os dados de monitoramento das aves, gerados pelas análises das imagens, mostrou-se satisfatórios em determinar a frequência de permanência em certos locais das baias de criação.

Cordeiro et al. (2011) analisaram e quantificaram o comportamento de pintainhos de corte mantidos sob sistema de aquecimento, utilizando técnicas de processamento de imagens, utilizando descritores de agrupamento e dispersão. Para avaliar o comportamento dos pintainhos, as imagens selecionadas foram transformadas em escala de cinza, realçadas, e logo após binarizadas. O realce visou a melhorar a qualidade da imagem, permitindo melhor discriminação dos pintainhos presentes na imagem. No interior dos galpões, há intensa variação de luminosidade durante o dia, podendo causar, com isso, baixo contraste em determinadas regiões da imagem, o que dificultaria o processamento desta imagem. Na binarização, as aves foram representadas com pixels de valor 1 (branco), o restante do constituinte da imagem (bebedouro, comedouro, cama), representada com pixels de valor 0 (preto). Cada uma das imagens binarizadas foi associada a um valor de temperatura do ar para cada dia de vida das aves, durante as duas primeiras semanas de vida.

Mogami (2009) utilizou a visão computacional, através da análise de imagens, para desenvolver metodologias para avaliar o bem-estar de frangos de corte. Para isso, foram desenvolvidos dois índices: O índice de competição relativa no comedouro (ICRC) para quantificar os frangos presentes na região do

comedouro e, o índice de competição efetiva no comedouro (ICE) que quantificava o número de cabeças no interior do comedouro.

O ICRC mostrou-se adequado para avaliar o comportamento alimentar de frangos de corte em aviários comerciais, por meio de análise de imagem digital, por se tratar de um método prático e não invasivo, reduzindo assim, a influência do efeito do agrupamento das imagens. Porém, foi ineficiente para identificar os frangos que estavam se alimentando. Já o ICEC utilizado para quantificar a massa corporal, com base na área superficial da mesma na imagem, através da contagem binária de pixels, mostrou-se adequada para determinação do peso das aves, o que permitiu maior confiabilidade dos resultados, por meio da análise de imagens.

Mortensen et al. (2016) desenvolveram e avaliaram um sistema totalmente automático de pesagem, em câmara 3D de baixo custo (Kinect), para frangos de corte em ambiente de produção comercial. O processamento de imagem extraiu doze diferentes descritores de peso e, finalmente, previu os pesos de frangos individuais usando uma Rede Neural Artificial Bayesiana. Os autores utilizaram uma balança de plataforma tradicional para estimar os pesos de referência. Neste caso, verificou erro médio de 7,8% entre os pesos previstos. Os erros foram geralmente maiores no final do período de criação à medida que a densidade de frangos de corte aumentou. Os erros absolutos foram na faixa de 20 a 100 g na primeira metade do período e de 50 a 250 g na última metade. Uma melhor segmentação também mostrará o caminho para o rastreamento dos frangos de corte, o que também pode levar a uma melhor previsão do peso do frango individual, refinando gradualmente as estimativas de peso em várias imagens. O sistema de pesagem baseado em câmera pode ser um primeiro passo para trazer tecnologia de visão computacional para os frangos de corte. Quando o primeiro sistema de visão estiver implementado no aviário, aplicações adicionais poderiam facilmente ser adicionadas ao sistema existente para aumentar seu valor para o agricultor. As aplicações adicionais poderiam se concentrar em atributos que atualmente não são fáceis de monitorar automaticamente, como padrões de alimentação e consumo, análise de atividade e uso espacial.

Ahrendt et al. (2011) utilizaram um sistema de visão computacional, para rastreamento de suínos, em tempo real, em estábulos de alojamento livres. A

ideia foi facilitar a carga de trabalho dos agricultores na identificação e localização individual desses animais, que consistiu de uma câmera e um PC, por meio de um algoritmo de rastreamento, estimando suas posições e identificações. A primeira através de construção desse algoritmo foi por meio de mapas de suporte, para aportar segmentos preliminares de suínos em cada quadro de vídeo. Na segunda, os segmentos de mapas de suporte foram usados para construir modelos 5D-Gaussiano dos suínos individuais (isto é, posição e forma). Para acompanhar em uma área maior utilizou-se a lente fisheye (olho de peixe) e um algoritmo de correção para ser mais preciso. O sistema foi capaz de apontar os suínos no chão e assim foi possível executar a visão computacional em tempo real, para o rastreamento em um cenário real.

A técnica de visão computacional para avaliação de suínos foi utilizada, também, por Nasirahmadi et al. (2015), com o intuito de analisar a posição deitada, durante o tempo de descanso e com isso, obter informações sobre fatores ambientais que afetam a eficiência de produção, saúde e bem-estar. Foi utilizado processamento de imagem e o método de triangulação de Delaunay para detectar a mudança no comportamento de grupo animais em criação comercial e relacionar a mudança da temperatura ambiental.

Silva et al. (2004) desenvolveu um algoritmo de reconhecimento de conforto e bem-estar de leitões, através da análise observacional de imagens baseando-se nos seus respectivos dados comportamentais. O programa foi validado em uma maternidade comercial de suínos, onde, baseado na posição estimada do centro de massa da figura, pôde-se determinar o uso do piso pelos leitões e, conseqüentemente, sua condição de bem-estar. O algoritmo permitiu que fossem encontradas as coordenadas do centro de massa dos leitões, sua velocidade média de deslocamento, a dispersão dos animais, a velocidade de dispersão, assim como a área ocupada pelos mesmos. A partir do algoritmo desenvolvido foi construído um programa computacional que utilizando a análise de imagens, realizou a estimativa das condições de bem-estar dos leitões dentro de escamoteadores

Referências Bibliográficas

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Balanço dos setores suinícola e avícola de 2014 com projeções para o ano de 2015. **Entrevista coletiva**, Editora Estilo, 2015. Disponível em: <http://editorastilo.com.br/revista-animal-feed/item/3903-abpa-divulga-balanco-dos-setores-suinicola-e-avicola-de-2014-com-projecoes-para-o-ano-de-2015>. Ano de acesso: 06/04/2015.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual**, 2016. Disponível em: http://abpa-br.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf. Acesso em: 26/08/2016.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Revista Avicultura Brasil**, nº 1, 2012, Publicações Especiais. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/938d713b69d9f25901b1d810f038272b.pdf>. Acesso em: 08/04/2015.

ABREU, P. G., ABREU, V. M. N., COLDEBELLA, A., JAENISCH, F. R. F.; PAIVA, D. P. Condições térmicas ambientais e desempenho de aves criadas em aviários com e sem o uso de forro. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, c. 59: p.1014-1020. 2007.

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

AHRENDT, P.; GREGERSEN, T.; KARSTOFT, H. Development of a real-time computer vision system for tracking loose-housed pigs. **Computers and Electronics in Agriculture** 76 (2011) 169–174.

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

AMARAL, A. G. Processamento de imagens digitais para avaliação do comportamento e determinação do conforto térmico de codornas de corte. Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola (**Tese**), UFV, Viçosa, Minas Gerais, 2012. Disponível em: <http://www.ufv.br/dea/ambiagro/gallery/publica%C3%A7%C3%B5es/teseadrianaads.pdf>. Acesso em: 20/09/2014.

ARAÚJO F.E., GARCIA R.G., NÄÄS I.A., LIMA N.D.S. SILVA, R.B.T.R. CALDARA, F.R. Broiler Surface Temperature and Behavioral Response under Two Different Light Sources. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. ISSN 1516-635X Apr - Jun 2015 / v.17 / n.2 / 219-226.

ARAUJO, W. A. G., ALBINO, L. F. T., TAVERNARI, F. C., GODOY, M. J. S. Programa de luz na avicultura de postura. **Revista CFMV**, v. 17, n. 52. p. 58-65, 2011.

BAÊTA, F. C. & SOUZA, C. F. *Ambiência em edificações rurais- conforto animal*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, p. 246, 1997.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. *Ambiência em edificações rurais – conforto animal*. 2ª Ed. UFV, Viçosa, MG. 2010, 269p.

BALLARD, D. H., **Computer Vision**, PrenticeHall, 1982. Acesso em: 02/11/2014.

BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, F.M.C.; GARCIA, D.B.; SILVA, M.A.N.; SILVA, I.J.O. *Mudanças e uso das Tabelas de Entalpia*. Piracicaba, São Paulo, 2007. Disponível em <<http://www.nupea.esalq.usp.br> >. Acesso em 12 de jun. 2014.

BOZAKOVA, N. STOYANCHEV, K. GIRGINOV, D. STOYANCHEV, T. Ethological study of broiler chickens after induction and treatment of muscular dystrophy. **Trakia Journal of Sciences**, v. 5, n. 3-4, p. 19-23, 2007.

BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal*, London, v.142, p. 524-526, 1986.

CANIATTO, A.R.M.; CARÃO, A.C.P.; TONETTI, P.A. Da guerra para a granja: tecnologia de luz infravermelho no controle da temperatura. **Revista Avisite**, p.22-24, 2013.

CHIQUITELLI NETO, **Manual**: Qualidade que vem do bem-estar. Cultivar Bovinos. Pelotas, n.19, p.25-27, jun. 2005. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=109>. Acesso em: 30/05/2012.

CONCI, A., AZEVEDO, E., LETA, F. R. “Computação Gráfica: Teoria e Prática (**Livro**) – Volume 2”. Ed. Elsevier. Rio de Janeiro, 2008.

CORDEIRO, M. B., TINÔCO, I. F. F., MESQUITA FILHO, R. M., SOUZA, F. C. Análise de imagens digitais para a avaliação do comportamento de pintainhos de corte. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.418-426, maio/jun. 2011. ISSN 0100-6916. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000300002>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162011000300002&script=sci_arttext. Acesso em: 21/01/2015.

COSTA, L.S.; PEREIRA, D.F.; BUENO, L.G.F.; PANDORFI, H. Some aspects of chicken behavior and welfare. **Revista Brasileira Ciências Avícola**. [online]. **2012**, vol.14, n.3, pp. 159-164. ISSN 1516-635X. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2012000300001>. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbca/v14n3/a01v14n3.pdf>. Acesso em: 10/04/2015.

DALKE, F.; GONZALES, E.; GADELHA, A.C. et al. Empenamento, níveis hormonais de triiodotironina e tiroxina e temperatura corporal de frangos de corte de diferentes genótipos criados em diferentes condições de temperatura. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.664-670, 2005. Doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n3p390-396/2015>.

DELIBERALI, E. A.; VIANA, G.; STADUTO, J. R.; RINALDI, R. N. Exportações e habilitações de carne de frango ao mercado internacional: um estudo da

mesorregião oeste do Estado do Paraná. **Informações Econômicas**, v. 40, n. 6, jun. 2010. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/ie/2010/tec2-0610.pdf> Acesso em: 30/05/2012.

EMPRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Suínos e Aves. Sonho, desafio e tecnologia, 35 anos de contribuições da Embrapa suínos e aves. **Embrapa Suínos e Aves**, Concórdia, SC 2011. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/909722/1/publicacao1z33f2s.pdf>. Acesso em 14/04/2015.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Capacitação para implementar boas práticas de bem-estar. Roma, 2009. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i0483pt/i0483pt00.pdf>. Acesso em: 30/03/2015.

GOMES, J. F. S.; LETA, F. R. Applications of computer vision techniques in the agriculture and food industry: a review. **European Food Research and Technology**, Springer, v. 235, n. 6, p. 989–1000, 2012.

GONÇALVES, S. A. Comportamento de diferentes linhagens de frango de Corte tipo caipira. (**Dissertação**), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina – MG, 2012.

GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. Processamento de imagens digitais. (**LIVRO**) Tradução; Roberto Marcondes Cesar Junior, Luciano da Fontoura Costa. São Paulo, Editora: Blucher, 2013. ISBN: 978-85-212-0264-7.

LANA, G. R. Q.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; LANA, A. M. Q. Efeito da temperatura ambiente e restrição alimentar sobre o desempenho e composição de corporal de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1117-1123, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v29n4/5627.pdf>. Acesso em Acesso em: 10/08/ 2014.

LIMA, A. M. C. Avaliação de dois sistemas de produção de frango de corte: uma visão multidisciplinar. (**Tese**). Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP: Campinas, 2005.

MACARI, M., FURLAN, R.L.; MAIORKA, A. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. In: MENDES, A. A., NÄÄS, I. A., MACARI. **Manual: Produção de Frangos de Corte**. Campinas: FACTA, p. 137 – 155, 2004.

MELO, G. R. Automação do processo de classificação de manga (*Mangifera indica* Linn) cv. Palmer por meio dos descritores cor e calibre (**Tese**). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

MENDES, A. S., REFFATI, R., RESTELATTO, R., PAIXÃO, S. J. Visão e iluminação na avicultura moderna. **Revista Brasileira Agrociência**, v.16, n.1-4, p.05-13, 2010. Disponível em: Acesso em: <http://www.linav.com.br/servidores/f489ef1a0bdb16e1ad139bca976c035.pdf>. Acesso em: 03/05/ 2013.

MENDES, A. S.; PAIXÃO, S.J.; RESTELATTO, R. MORELLO, G.M.; de MOURA, D.J.; POSSENTI, J.C. Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. **The Journal of Applied Poultry Research**. Gainesville, v.22, n. 1, p. 62-70, 2013.

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. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, (**Tese**), PPGEA-UFV, Minas Gerais, 2009. Disponível em: <http://www.ufv.br/dea/ambiagro/gallery/publica%C3%A7%C3%B5es/tesecristinads.pdf>. Acesso em: 10/10/2014.

MORRIL, W. B. B. ILUMINAÇÃO POR DIODO EMISSOR DE LUZ E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE. Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola (**Tese**), UFRPE, Recife, 2014. Disponível

em: <http://hostsecure.com.br/downloads/teses/WaldireneMorrill.pdf> Acesso em: 20/09/2016.

MORTENSEN, A. K.; LISOUSKI, P.; AHRENDT, P. Weight prediction of broiler chickens using 3D computer vision. **Computers and Electronics in Agriculture** 123 (2016) 319–326.

MOURA, D. J. Ambiência na avicultura de corte. In: Ambiência na produção de aves em clima tropical. Piracicaba: FUNEP, 2001. p. 75-149.

NASCIMENTO, S.; SILVA, I. As perdas de calor nas aves: entendendo as trocas de calor com o meio. **Revista Avisite**. 2008. Disponível em <http://www.avisite.com.br/cet/img/20100916_trocasdecalor.pdf>. Acesso em: 5 de out. 2016.

NASIRAHMADI, A.; RICHTER, U.; HENSEL, O.; EDWARDS, S.; STURM, B. Using machine vision for investigation of changes in pig group lying patterns. **Computers and Electronics in Agriculture** 119 (2015) 184–190.

NAVAS, T. O., OLIVEIRA, H. F., CARVALHO, F. B., STRINGHINI, J. H., CAFÉ, M. B., HELLMEISTER FILHO, P. Estresse por calor na produção de frangos de corte. Ambiência, avicultura industrial, conforto térmico, desempenho. **Nutri time, Revista Eletrônica**, Vol. 13, Nº 01, jan/fev de 2016, ISSN: 1983-9006.

OIE. Organização Mundial de Sanidade Animal. Terrestrial animal health code. 20ª edição, v. 1, 2011. Disponível em <http://www.oie.int/doc/ged/D10905.PDF>. Acesso em: 20/03/2015.

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.

PEDRINI, H., SCHWARTZ, W. R. “Análise de Imagens Digitais – Princípios, Algoritmos e Aplicações” (**Livro**). Ed. Thomson. São Paulo, 2008.

PEREIRA DF, SALGADO DD, NÄÄS IA, PENHA NLJ, BIGHI CA. Efeitos da temperatura do ar, linhagem e período do dia nas frequências de ocorrências e tempos de expressão comportamental de matrizes pesadas. **Revista Engenharia Agrícola**, v.27, n.3 p.596-610, 2007.

PEREIRA, D. F.; MIYAMOTO, B. C.B.; MAIA, G. D. N.; SALES, T.; MAGALHÃES, M. M.; GATES, R. S. Machine vision to identify broiler breeder behavior, **Revista Computers and Electronics in Agriculture**, volume 99, Pages 194–199, 2013.

QUEIROZ, M. L. V., BARBOSA FILHO, J. A., VIEIRA, F. M. C. Avaliação do Conforto Térmico de Frangos de Corte de Forma Direta e Prática. Núcleo de Estudos em Ambiente Agrícola e Bem-estar Animal (**NEAMBE**). Tabelas de Entalpia, AviSite2012. Disponível em: <http://www.avisite.com.br/cet/img/TabelasEntalpiaAviSite2012.pdf>. Acesso em: out., 2016.

RODRIGUES, V.V.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C.; NASCIMENTO, S.T.A. Correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. Fonte: **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v.1, n.55, p.455-459, 2011. Disponível em: http://www.researchgate.net/profile/Iran_Silva/publication/45098244_A_correct_enthalpy_relationship_as_thermal_comfort_index_for_livestock/links/0046351e7db61ea81000000.pdf. Acesso em: 22/03/2012.

RUSS, J. C. The image processing handbook. [S.l.]: CRC press, 2010.

SALTORATTO, A.Y.K.; SILVA, F. A.; CAMARGO, A.C.A.C.; SILVA, P.C.G.; SOUZA, L.F.A. Monitoramento de avicultura a partir de técnicas de visão computacional. **Colloquium Exactarum**, 2013, v. 5, n.2, p.47 – 66.DOI: 10.5747/ce.2013.v05. n2. e059. Disponível em: <http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ce/article/viewFile/940/996>. Acesso em: 02/01/2015.

SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T., FERRAZ, P.F. P., CAMPOS, A. T., SILVA, G. R. E., ABREU, L. H. P. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.390-396, maio/jun. 2015

SENARATNA, D.; SAMARAKONE, T. S.; MADUSANKA, A. A. P.; GUNAWARDANE, W. W. D. A. Performance, behaviour and welfare aspects of broilers as affected by different colours of artificial light. **Tropical Agricultural Research & Extension**, v. 14, n. 2, p. 38 – 44, 2011.

SEVEGNANI, K. 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, T. S.; MOURA, D. J.; NAAS, I.A.; MENDES, A. S.; LIMA, K. A. O. Estimativa de bem-estar de leitões utilizando a visão computacional. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 6, n. 1, p.79-89, 2004.

SILVA, I. J. O. Contribuições à zootecnia de precisão na Produção industrial de aves e suínos no brasil (**Tese**). Texto sistematizado como parte dos requisitos apresentados à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, para o concurso de Livre Docência na especialidade Construções Rurais, junto ao Departamento de Engenharia Rural. Piracicaba, Estado de São Paulo – Brasil, abril de 2007. Disponível em: <http://www.nupea.esalq.usp.br/imgs/teses/2007-contribu.pdf>. Acesso em: 13/07/2015.

SILVA, T.P.N.; PANDORFI, H.; GUISELLINI, C.; GOMES, F. N. Tipologia de instalações avícolas na região agreste de Pernambuco. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal - São Paulo, 2015.

UBA. União Brasileira de Avicultura. Protocolo de bem-estar de frangos e perus. **Publicações técnicas**, 2008. Disponível em:

http://www.avisite.com.br/legislacao/anexos/protocolo_de_bem_estar_para_franco_e_perus.pdf. Acesso: 06/04/2015

UBA. União Brasileira de Avicultura. **Relatório Anual**, 2012. Disponível em:<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/41c30a0f46702351b561675f70077.pdf>. Acesso em: 15/03/2013.

UBA. União Brasileira de Avicultura. **Relatório Anual**, 2013. Disponível em:<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/732e67e684103de4a2117dda9d4d280a.pdf>. Acesso em: 22/08/2014.

UBA. União Brasileira de Avicultura. **Relatório Anual**, 2014. Disponível em:<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/8ca705e70f0cb110ae3aed67d29c8842.pdf>. Acesso em: 10/04/2015.

UBA. União Brasileira de Avicultura. **Relatório Anual**, 2016. Disponível em:
http://abpa-br.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf. Acesso em: 05/03/2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. **Foreign Agricultural Service**. Approved by the World Agricultural Outlook Board/USDA, April 2015. Disponível em:
http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf. Acesso em: 10/04/2015.

CAPÍTULO 2

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA ANÁLISE DO
COMPORTAMENTO DE FRANGOS DE CORTE**

DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE PARA ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE FRANGOS DE CORTE

Autora: Tatiana Patrícia Nascimento da Silva Rodrigues

Orientador: Prof. Dr. Héilton Pandorfi

Co-orientador: Prof. Dr. Borko Stosic

Resumo

Objetivou-se com essa pesquisa desenvolver um software baseado nas técnicas de processamento de imagens e visão computacional, para o monitoramento do comportamento alimentar/coletivo de frangos de corte (Cobb), bem como sua validação pelos resultados obtidos a partir da análise visual de um especialista. Para isso, foi utilizada análise de regressão linear através da plataforma R. Com base nas análises de correlação, verificou-se que o coeficiente de determinação (R^2) variou de 0,75 a 0,97, para todos os eventos de validação do software. O número de frangos nas regiões de interesse apresentou R^2 acima de 0,70 para fêmeas e acima de 0,89 para machos, o que permitiu a caracterização do comportamento ingestivo de frangos de corte pela visão computacional. Alguns fatores que causaram interferência na precisão do software foram decisivos para o resultado, com destaque para a disposição das câmeras, iluminação desuniforme, deslocamento pendular dos comedouros e bebedouro, e sombra gerada pelos mesmos. O box de contenção das fêmeas foi mais prejudicado pela disposição das câmeras e orientação do aviário (NE/SO) que fez com que o box recebesse mais radiação solar, além da influência da iluminação a base LED branco no período da noite, que realçava ainda mais o branco das aves. Apesar das interferências destacadas, os resultados permitiram inferir que o software identificou e quantificou o comportamento alimentar de frangos de corte de maneira adequada.

Palavras-chaves: frangos de corte, processamento de imagens, sistema de iluminação, visão computacional.

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR ANALYSIS OF BEHAVIOR OF BROILER

Author: Tatiana Patrícia Nascimento da Silva

Advisor: Prof. Dr. Héilton Pandorfi

Co-advisor: Prof. Dr. Borko Stosic

Abstract

The objective of the research was to develop a software based in the techniques image processing and computer vision to perform the monitoring of food/collective behavior(Cobb), as well as their validation by the results obtained from the visual analysis of a specialist. For this, linear regression analysis was used through the R platform. Based on the data analysis, it was verified that the coefficient of determination (R^2) ranged from 0.75 to 0.97, for all software validation events. The number of chickens in the regions of interest presented R^2 above 0.70 for females and above 0.89 for males, which allowed the characterization of the ingestive behavior of broilers by the computational view. Some factors that caused interference in the accuracy of the software the were decisive for the result, especially the arrangement of the cameras, uneven lighting, pendulum displacement of the feeders and drinking fountain, and shade generated by them. The box of contention of the females was impaired by the disposition of the cameras and orientation of the aviary (NE / SO), that made the box receive more solar radiation, in addition the illumination white LED at night, which further enhances the white of the birds. Despite the highlighted interferences, the results allowed to infer that the software identified and quantified the feeding behavior of broilers in an adequate way.

Keys-words: broilers, computer vision, image processing, lighting system

1. Introdução

O contínuo aumento da população mundial promove sensível ampliação na demanda por alimentos em quantidade e qualidade. Em 2025, a população mundial deverá ultrapassar os 8 bilhões de habitantes, e em 2050 deverá atingir 9,6 bilhões. Este aumento de 35% da população mundial nos próximos 35 anos, requer métodos mais eficazes na produção de alimento e proteína de origem animal (FAOSTAT, 2012; MALIK, 2013; SO-IN, et al., 2014).

Assim, não apenas agricultores e pecuaristas, mas também pesquisadores têm dedicado esforços consideráveis a uma ampla variedade de técnicas para aumentar a produção de alimentos, com ênfase na eficiência produtiva e ampliação do retorno de investimento (ZHANG et al., 2002).

Além de tecnologias científicas, para o aumento eficiente da produtividade, a tecnologia de informação tem sido fortemente explorada neste setor, especialmente em termos de gerenciamento e controladores que integram os apoios automáticos de tomada de decisão em tempo real, como exemplo, agricultura e zootecnia de precisão (WANG et al., 2006; SO-IN et al., 2014).

Recentemente, o conceito de precisão tem influenciado diversos setores, especialmente na indústria de alimentos, envolvendo todas as etapas de produção, desde a aquisição do produto até a sua distribuição (REHMAN et al., 2011; GROGAN, 2012).

A atual produção animal necessita de tecnologias de informação automatizadas para registro de dados inerentes ao ambiente em que os animais estão inseridos, analisando assim as possíveis interferências na produção e no bem-estar animal (NÄÄS, 2011).

Por meio do comportamento, é possível qualificar e identificar o bem-estar, sendo este realizado através de observações visuais, que consome muito tempo e a presença humana pode inibir o comportamento natural das aves, podendo assim gerar respostas não confiáveis. A utilização da visão computacional permite a elaboração de métodos de investigações mais eficiente e confiável, no entanto, não se tem uma fórmula padrão para todas as situações, ou varia de acordo com o tipo de análise (FALCO, 2010; AMARAL, 2012; CORDEIRO et al., 2011; MOGAMI, 2009).

Os recursos tecnológicos são essenciais para que as aves possam expressar seus comportamentos naturais, obtendo resultados mais produtivos e

satisfatórios. A sequência de comportamentos ocorrido em um período de tempo constitui em uma importante fonte de informação, verificando os efeitos do ambiente sobre as aves. É de grande valia a possibilidade de uma técnica de aplicação adequada para monitorar o comportamento das aves no seu ambiente de criação, e com isso, ter a oportunidade de realizar uma análise com precisão a respeito do padrão de comportamento delas (SALTORATTO et al., 2013).

Acompanhar as reações comportamentais se originaram da observação humana, porém com o avanço da tecnologia torna-se possível analisar o comportamento por meio de técnicas de visão computacional. E no futuro próximo, tornar possível a automação de processos no ambiente produtivo, como acionamento de ventiladores e lâmpadas, dentre outras ações visando o conforto e o bem-estar animal.

Não existe um software capaz de avaliar o comportamento dos frangos de corte que esteja disponível no país, para pecuaristas e pesquisadores, que seja de baixo custo. Nesse contexto, objetivou-se com essa pesquisa desenvolver um software baseado nas técnicas de processamento de imagens e visão computacional, para o monitoramento do comportamento alimentar/coletivo de frangos de corte, bem como sua validação pelos resultados obtidos a partir da análise visual de um especialista.

2. Material e Métodos

2.1 Base de dados

A base de dados utilizada na pesquisa foi proveniente de experimento conduzido na Estação Experimental de Pequenos Animais (EEPAC/UFRPE), localizada no município de Carpina, estado de Pernambuco (Figura 1), latitude de 7,85° S, longitude de 35,24° O e altitude de 180 m. O clima da região é caracterizado como megatérmico (As') com precipitação de inverno e estação seca do verão até outono, segundo classificação de Köppen (PEREIRA et al., 2002).

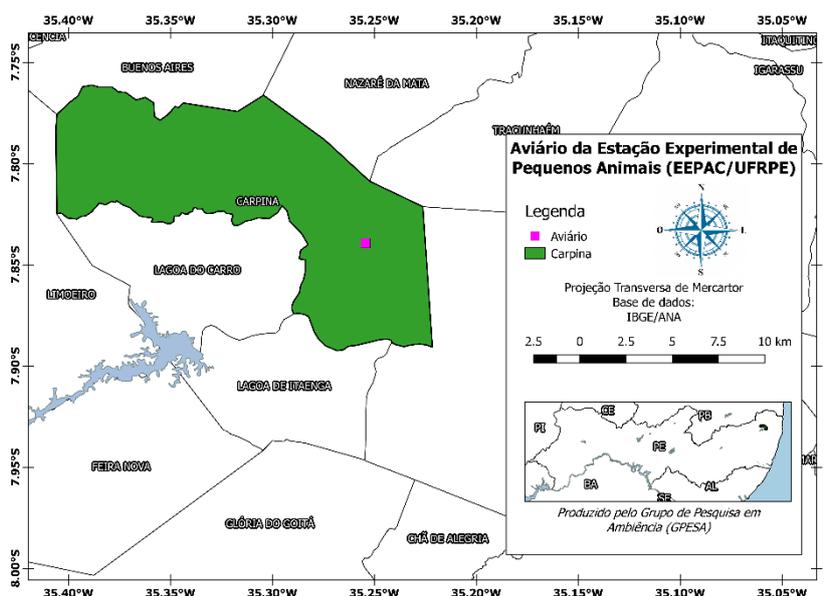


Figura 1. Localização da área de estudo.

O galpão experimental apresentava dimensões de 9,5 m de largura por 33,0 m de comprimento, pé-direito de 2,8 m, sem a presença de forro, mureta de alvenaria com 0,4 m de altura e fechamento com tela de polietileno (22 mm) em todo perímetro da instalação, associado à cortina de polipropileno na cor azul, que foram manejadas de acordo com a necessidade térmica das aves no decorrer do ciclo de produção. A forma elementar do telhado era duas águas, coberto com telhas de fibrocimento de 6 mm, beiral 1,5 m, com presença de lanternim e orientação NE-SO.

As aves foram distribuídas por sexo (machos e fêmeas) em um box de produção, dividido por tela de polietileno (22 mm), piso de concreto e cama de maravalha. O box apresentava dimensões 1,35 m de largura por 2 m de comprimento, que permitiu o alojamento de 32 aves (16 machos e 16 fêmeas).

O sistema de iluminação utilizado contou com diodo emissor de luz (LED), com comprimento de onda na faixa de 400 a 760 nm (branco) e programa de iluminação contínuo (18L:6E).

Foram instaladas no box de criação quatro lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) tipo bastão, com 52 cm de comprimento. Cada lâmpada contava com 36 LEDs, instaladas a uma distância de 6 cm entre as lâmpadas, fixadas em tubo de PVC e colocadas a 70 cm do piso, com iluminância média de 20 Lx (Figura 2).



Figura 2. Vista interna do galpão e disposição do sistema de iluminação a base de LED

2.2 Aquisição, registro e análise visual das imagens

Para aquisição das imagens foram utilizadas duas microcâmeras, modelo RGB com lentes de 3,6 mm, posicionada a 2,8 m de altura, de modo que permitisse o registro das aves (macho e fêmea).

Os registros das imagens foram realizados uma veze por semana, durante 24 horas, para obtenção dos vídeos e posterior seleção dos frames (quadros de imagens), na fase de crescimento (22 até 42 dias de idade das aves), totalizando 3 semanas de análises. As imagens foram registradas pelo software TOPWAY® e armazenada no computador para futuras análises (Figura 3).



Figura 3. Distribuição das câmeras no interior do galpão para o monitoramento comportamental das aves (A) e Software TOPWAY® usado para o armazenamento das imagens no computador (B).

As variáveis referentes às reações comportamentais observadas foram quantificadas com base no etograma comportamental, descrito na Tabela 1, de acordo com estudos realizados por Pereira et al. (2013), Nazareno et al. (2009), Mollenhorst et al. (2005), Barbosa Filho (2005); Alves et al. (2004); Rudkin & Stewart (2003); Jendral (2002) e Taylor et al. (2001).

Tabela 1 - Etograma comportamental para frangos de corte elaborado com base na literatura consultada.

Comportamentos	Descrição	Variável resposta
Comendo	Consumindo ou bicando alimento do comedouro.	Frequência de ocorrência
Bebendo	Consumindo água do bebedouro.	Frequência de ocorrência
Inatividade	Aves que estão paradas, deitadas, inativas, em pé, sem executar qualquer uma das atividades acima descritas	Duração de expressão comportamental e frequência de ocorrência

Foi realizada a análise visual das imagens levando em consideração a quantificação das aves dentro de cada região de interesse. Para a avaliação visual dos comportamentos foi utilizada a metodologia de SCHIASSI et al. (2015) com a observação e quantificação dos comportamentos no intervalo de 10 min a cada hora do dia, no período de 24 horas, totalizando 1728 frames/dia, para machos e fêmeas.

2.3 Descrição do Software de captura de imagem

Os algoritmos e técnicas de visão computacional que foram usados e implementados nesta pesquisa, aplicados aos frames dos vídeos, foram

desenvolvidos na linguagem de programação Visual C, utilizando a IDE Visual Studio (2008).

O software Chikenlab[®] foi desenvolvido para coletar o comportamento alimentar dos frangos de corte. Os vídeos com as imagens das aves foram analisados por meio de processamento e análise das imagens, até a identificação do comportamento definido (Tabela 1).

2.4 Validação do software

A validação do Software Chikenlab[®] foi feita por meio de análise de regressão linear, a partir do resultado obtido pelo software com o resultado obtido pela análise visual padrão, para isso foi utilizado a plataforma R Studio (R Core Team, 2017). O coeficiente de determinação (R^2) da análise de regressão foi considerado como medida de precisão ($R^2 = 1$).

3. Resultados e Discussão

As imagens foram processadas sobre um fundo escuro definido pela cama do aviário. Segundo Pereira et al. (2013), a cama, os comedouros e os bebedouros são muitas vezes interpretados como frangos, o que pode comprometer a classificação correta do comportamento. O processamento de imagem foi aplicado para melhorar e iluminar as imagens das aves, antes da análise, como uma etapa para reduzir o número de objetos erroneamente identificado como aves.

A amostra de imagem utilizada para a análise do comportamento foi submetida a um processamento, por meio da segmentação das imagens para possibilitar a extração das características de interesse.

A escala de representação das cores utilizadas foi de 0 a 255, adotada pela conveniência de se guardar cada valor de cor em 1 byte (8 bits). Assim, Branco – RGB (255,255,255); Vermelho – RGB (255;0;0); Verde – RGB (0;255;0); Azul – RGB (0;0;255) e Preto – RGB (0;0;0). O matiz H foi utilizado para representar a intensidade da cor em coordenadas polares e a transformação do RGB para o HSV foi expressa pelas Equações 2, 3 e 4, sendo esse filtro escolhido por ser de fácil implementação e adequação das imagens geradas (TIAN, 2009; MELO, 2015).

$V=m$

Equação 1

$$S = \frac{m-n}{m} \quad \text{Equação 2}$$

$$H = \begin{cases} 60 \times \left(6 + \frac{(G-B)}{(m-n)} \right), & R=m \\ 60 \times \left(2 + \frac{(B-R)}{(m-n)} \right), & G=m \\ 60 \times \left(4 + \frac{(R-G)}{(m-n)} \right), & B=m \end{cases} \quad \text{Equação 3}$$

em que: $m = \max(R, G, B)$; $n = \min(R, G, B)$.

Para H variando de 0 a 360, S de 0 a 1 e V de 0 a 255. O matiz foi normalizado para a escala de 0 a 360, para a representação em 1 byte (8 bits) e depois transformado para o intervalo de -90 a 90, para visualização de forma contínua, quando da construção do histograma. O descritor cor dos frangos foi representado pela proporção de verde no histograma do matiz, que quantificou o número de pixels de cores semelhantes.

A segmentação da imagem foi utilizada para obter a definição do objeto em estudo, através da projeção do vetor de coordenadas RGB, em seu cubo de cores, em relação à diagonal, que representa os tons de preto.

Para minimizar o efeito da iluminação ao longo do dia foi realizado a filtragem de cores, cujo objetivo foi calibrar o software para diferentes horários, pois a refletância das aves, assim como os outros objetos dentro do box, varia ao longo do dia, servindo, também, para remover ou minimizar os objetos que foram erroneamente classificados como aves, afim de destacar apenas as aves nas regiões de interesse. A variação de iluminação ao longo do dia compromete a precisão do algoritmo, alterada pela radiação solar durante o dia e pelo sistema de iluminação no período noturno.

A localização dos possíveis clusters ligados a pontos d-Dimensional, que apresentou alguma propriedade em comum, por exemplo, a cor, foi realizada o agrupamento de cores semelhantes e com isso atribuiu-se valores de 0 a 1. O algoritmo de Hoshen- Kopelman fez a varredura para identificar os clusters, onde cada ponto recebeu um número rotulando o cluster ao qual pertence (Figura 4). Com isso foi feito o agrupamento de cores semelhantes, que apresentou alguma propriedade em comum, como tamanho dos pixels, sendo que todos os pixels semelhantes assumiram coloração verde.

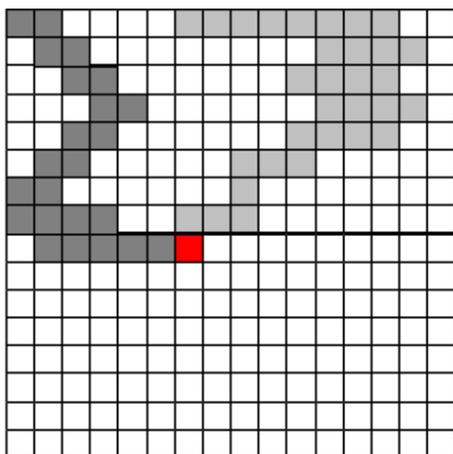


Figura 4. Agrupamento de cores semelhantes

A análise das imagens é a etapa que se situa entre o processamento e a classificação por meio da visão computacional, auxiliando na identificação das formas dos objetos em estudo. Foi realizada a identificação das regiões de interesse, que correspondeu ao comedouro (fêmea/macho) e bebedouro (fêmea/macho), totalizando 4 regiões de interesse.

A contagem das aves foi feita com base na coleta de filtros, que foi padronizado no intervalo de 10 min, para minimizar o erro na contagem das aves, devido à grande variação da iluminação dentro do box e aumentar a precisão do software quando comparado com a análise visual, que totalizou 1728 frames/dia, durante as três semanas de experimento.

O software permitiu identificar e quantificar o número de aves dentro das regiões de interesses, comedouro e bebedouro, avaliando assim o comportamento alimentar/coletivo dos frangos ao longo do dia (Figura 5A).

O método de processamento de imagem foi fundamental para aumentar a medida da precisão e confiabilidade da análise. As imagens foram processadas com as aves sobre um fundo escuro, definido pela cama presente no box de criação. No entanto, penas e outros objetos no ambiente, tais como movimento pendular dos comedouros e bebedouros; obstruções dos equipamentos utilizados no sistema de iluminação muitas vezes foram confundidas como aves, o que comprometeu a classificação exata dos comportamentos expressos pelas aves. O processamento de imagem foi aplicado para melhorar e iluminar as imagens das aves, antes da análise de imagem, como uma medida para reduzir o número de objetos erroneamente identificado como aves.

A Figura 5B retrata a segmentação empírica da imagem, algoritmo de Holshen-Kopelman, com a identificação das aves na região de interesse, após retirada da cor de fundo para obtenção dos descritores.

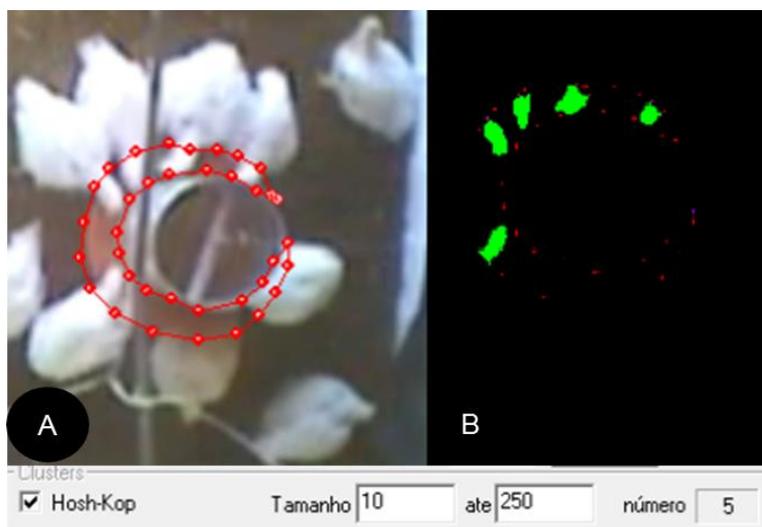


Figura 5. Quantificação dos frangos de corte na região de interesse (A), segmentação empírica da imagem com a identificação das aves (B).

Verifica-se na Figura 6 a análise funcional dos dados semanais da regressão entre a observação do comportamento ingestivo pela visão humana e computacional, apresentando coeficiente de determinação (R^2) variando de 0,75 a 0,97, para as 3 semanas de análises.

O software contabilizou com mais eficiência os comportamentos expressos pelos machos (Figura 6 C, D, G, H, L, M), com R^2 cima de 0,89. Os fatores que causaram interferência nas leituras foram decisivos para o resultado, sendo destacado, destacado nesse caso, a disposição das câmeras que captavam melhor a área de ocupação das aves.

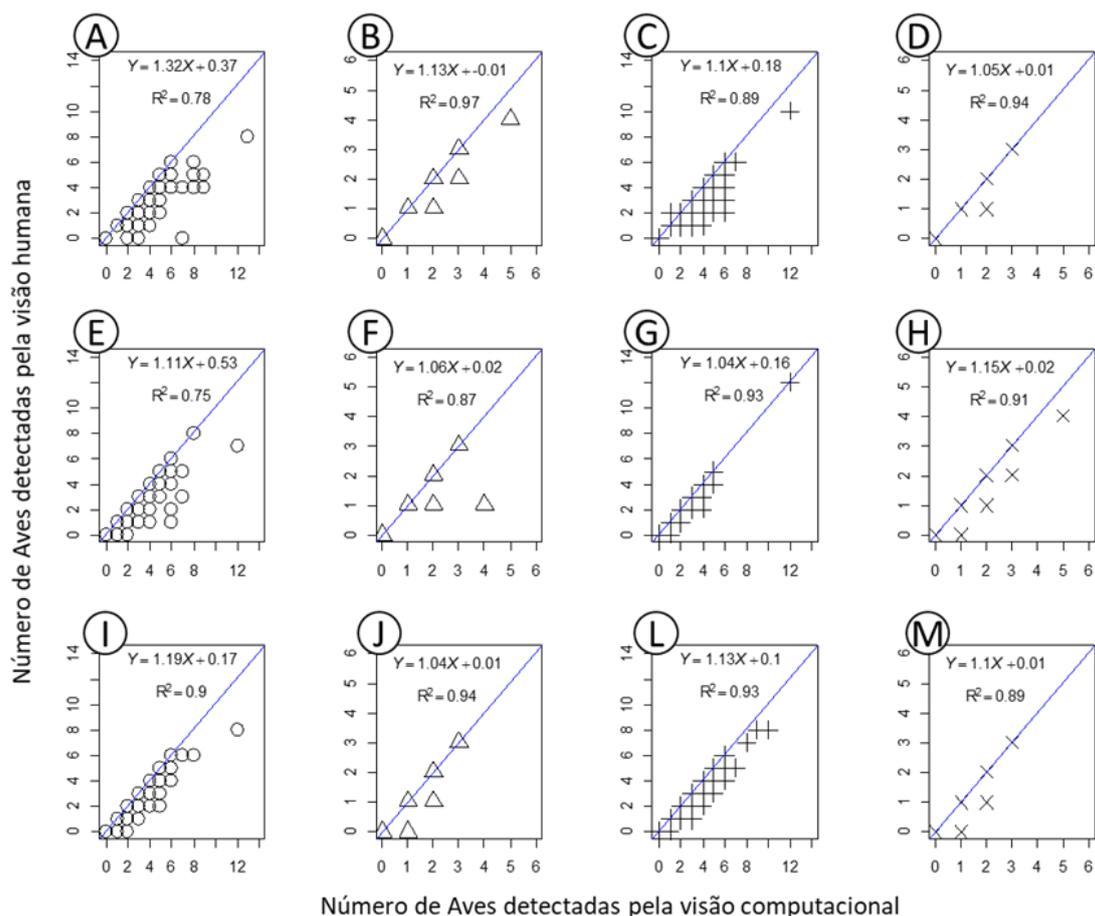


Figura 6. Coeficiente de determinação (R^2) da análise de correlação semanal para: **A** (4ª semana fêmea-Comedouro), **B** (4ª semana fêmea-Bebedouro), **C** (4ª semana macho-Comedouro), **D** (4ª semana macho-Bebedouro), **E** (5ª semana fêmea-Comedouro), **F** (5ª semana fêmea-Bebedouro), **G** (5ª semana macho-Comedouro), **H** (5ª semana macho-Bebedouro), **I** (6ª semana fêmea-Comedouro), **J** (6ª semana fêmea-Bebedouro), **L** (6ª semana macho-Comedouro), **M** (6ª semana macho-Bebedouro).

Quanto ao período do dia, foi possível observar que o software se mostrou mais eficiente no período da manhã do que a tarde (Figura 7), sendo justificado pelo fato da orientação do aviário ter eixo longitudinal no sentido NE/SO, o que prejudicou a identificação comportamental das aves no período da tarde, devido a incidência da radiação solar. No período noturno, as imagens sofreram influência do sistema de iluminação, pois realçava os objetos de interesses, principalmente as aves, devido a intensidade luminosa.

A quantificação das aves detectadas pelo software foi influenciada pelas interferências causadas por distribuição desuniforme da iluminação no box de criação, interferência da luz solar, sombra gerada pelos comedouros e bebedouros e disposição das câmeras que possibilitou a ocultação de algumas aves. De acordo com Sun (2011), a iluminação é um elemento fundamental na

aquisição de imagens e na formação do espectro de ondas refletidas pela cena, e a definição do tipo de lâmpadas a ser utilizada é determinante.

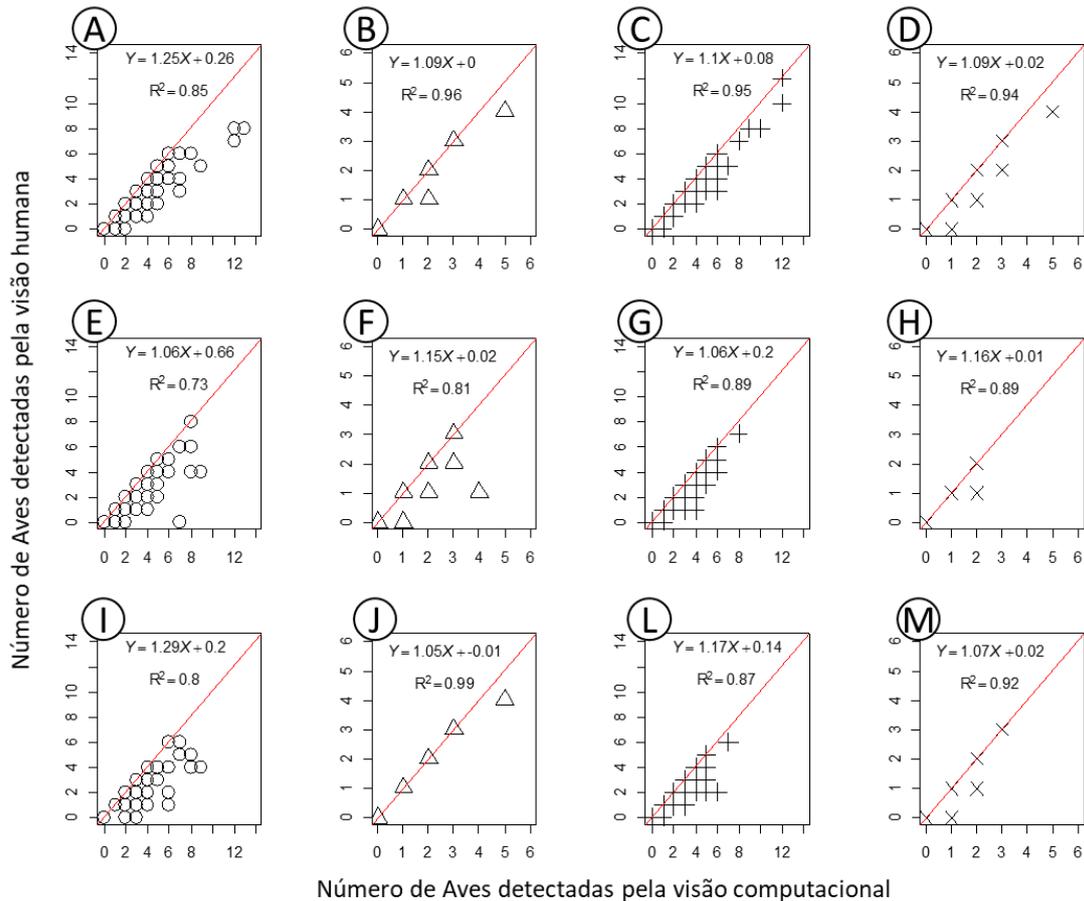


Figura 7. Coeficiente de determinação (R^2) da análise de correlação por período do dia para: **A** (Período da manhã, fêmea-Comedouro), **B** (Período da manhã, fêmea-Bebedouro), **C** (Período da manhã, macho-Comedouro), **D** (Período da manhã, macho-Bebedouro), **E** (Período da tarde, fêmea-Comedouro), **F** (Período da tarde, fêmea-Bebedouro), **G** (Período da tarde, macho-Comedouro), **H** (Período da tarde, macho-Bebedouro), **I** (Período da noite, fêmea-Comedouro), **J** (Período da noite, fêmea-Bebedouro), **L** (Período da noite, macho-Comedouro), **M** (Período da noite, macho-Bebedouro).

A precisão do software poderia ser melhorada se a iluminação do ambiente fosse controlada, pois a mesma afetou a seleção dos métodos de processamento de imagem que são utilizados para diferenciar as aves de outros objetos. As mesmas dificuldades foram observadas por Pereira et al. (2013).

Outros fatores que melhorariam os métodos de processamento de imagens seriam a fixação dos bebedouros e comedouros; alterar as características das microcâmeras, como seu posicionamento perpendicular ao box e sua altura, para que assim pudesse captar melhor toda a região de interesse; para minimizar os efeitos da radiação solar no período da tarde, que causaram excesso de brilho

nas imagens analisada, pode ser contornada por modificações construtivas no ambiente, como o aumento da inclinação do telhado ou a ampliação da projeção dos beirais.

4. Conclusões

O software mostrou-se como uma ferramenta capaz de quantificar o número de frangos nas regiões de interesse, evidenciando assim o comportamento alimentar coletivo das aves.

Foi possível identificar algumas limitações para o funcionamento do software, como o excesso de iluminação e sua distribuição desuniforme no box, principalmente à noite, causando maior variação na coleta dos filtros, durante o processo de segmentação, a movimentação dos comedouros e bebedouros promoveu dificuldade na limitação das regiões de interesse.

As imagens utilizadas nessa pesquisa não foram planejadas para o desenvolvimento do software, mas apesar das limitações encontradas, a ferramenta desenvolvida permitiu identificar e quantificar o comportamento alimentar dos frangos de corte.

5. Referências Bibliográficas

ALVES, S. P. BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, M. A. N.; SILVA, I. J. O.; BERNARDI, J. Comparações entre comportamentos de aves poedeiras criadas no sistema de gaiolas e em cama. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 6, p. 140, 2004.

AMARAL, A. G. Processamento de imagens digitais para avaliação do comportamento e determinação do conforto térmico de codornas de corte. Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola (**Tese**), UFV, Viçosa, Minas Gerais, 2012. Disponível em: <http://www.ufv.br/dea/ambiagro/gallery/publica%C3%A7%C3%B5es/teseadrianads.pdf>. Acesso em: 20/09/2014.

BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, M. A. N.; SILVA, I. J. O; COELHO, A. A. D. Egg quality in layers housed in different production systems and submitted to two

environmental conditions. Brazilian. **Journal of Poultry Science**, v.8, n.1, p.23-28, 2005.

BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A., EIGENBERG, R.A., 2013. Analysis of feeding behavior of group housed growing–finishing pigs. **Comput. Electron. Agr.** 96, 246–252. Cornou, C., Kristensen, A., 2014. Monitoring individual activity before, during and after parturition using sensors for sows with and without straw amendment. *Livestock Sci.* 168, 139–148.

CORDEIRO, M. B., TINÔCO, I. F. F., MESQUITA FILHO, R. M., SOUZA, F. C. Análise de imagens digitais para a avaliação do comportamento de pintainhos de corte. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.418-426, maio/jun. 2011. ISSN 0100-6916. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000300002>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162011000300002&script=sci_arttext. Acesso em: 21/01/2015.

FALCO, D. C. Estudo comportamental de frangos de corte criados sob diferentes condições de densidade e manejo higiênico. Presidente Prudente: Unoeste, 2010.

FAOSTAT, 2012. Statistics data. <<http://faostat3.fao.org/>> (accessed 7 december 2016). Flood, C.A., Koon, J.L., Trumbull, R.D., Brewer, R.N., 1992. Broiler growth data – 1986–1991. *Trans. ASAE* 35, 703–709.

GROGAN, A., 2012. Smart special – smart farming. *Eng. Technol. Mag.* 7 (6) [eandt.theiet.org/magazine/2012/06/smart-farming.cfm]. Hill, J., Szewczyk, R., WOO, A., Hollar, S., CULLER, D.E., PISTER, K.S.J., 2000. System architecture directions for networked sensors. *ACM SIGPLAN Notices* 35 (11), 93–104.

MALIK, K., 2013. Human development report. Tech. rep., UNDP. Mathiassen, J.R., Misimi, E., Toldnes, B., Bondø, M., Østvik, S.O., 2011. High-speed weight estimation of whole herring (*clupea harengus*) using 3d machine vision. *J. Food Sci.* 76 (6), E458–E464.

MELO, G. R. Automação do processo de classificação de manga (*Mangifera indica* Linn) cv. Palmer por meio dos descritores cor e calibre (**Tese**). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

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. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, (**Tese**), PPGEA-UFV, Minas Gerais, 2009. Disponível em: <http://www.ufv.br/dea/ambiagro/gallery/publica%C3%A7%C3%B5es/tesecristinads.pdf>. Acesso em: 10/10/2014.

MOLLENHORST, H.; RODENBURG, T. B.; BOKKERS, E. A. M.; KOENE, P.; BOER, I. J. de. On-farm assessment of laying hen welfare: a comparison of one environment - based and two animal-based methods. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 90, n. 3/4, p. 277-291, 2005.

NAAS, I.A. Uso de técnicas de precisão na produção animal. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.40, p.358-364, 2011 (supl. especial).

NAZARENO, A. C., PANDORFI, H., ALMEIDA, G. L. P., GIONGO, P. R., PEDROSA, E. M. R., GUISELINI, C. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e ambiental**, v.13 n.6, 2009.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: **Revista Agropecuária**, p. 478, 2002.

PEREIRA, D. F.; MIYAMOTO, B. C.B.; MAIA, G. D. N.; SALES, T.; MAGALHÃES, M. M.; GATES, R. S. Machine vision to identify broiler breeder behavior, **Revista Computers and Electronics in Agriculture**, volume 99, Pages 194–199, 2013.

REHMAN, A., ABBASI, A.Z., ISLAM, N., SHAIKH, Z.A., 2011. A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. **Comput. Stand. Interfaces.**

RUDKIN, C.; STEWART, G.D. Behaviour of hens in cages – a pilot study using video

SALTORATTO, A.Y.K.; SILVA, F. A.; CAMARGO, A.C.A.C.; SILVA, P.C.G.; SOUZA, L.F.A. Monitoramento de avicultura a partir de técnicas de visão computacional. **Colloquium Exactarum**, 2013, v. 5, n.2, p.47 – 66.DOI: 10.5747/ce.2013.v05. n2. e059. Disponível em: <http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ce/article/viewFile/940/996>. Acesso em: 02/01/2015.

SO-IN, C. POOLSANGUAN, S. RUJIRAKUL, K. A hybrid mobile environmental and population density management. **Computers and Electronics in Agriculture**, 109 (2014) 287–301.

SUN, D. W. Computer vision technology for food quality evaluation. [S.l.]: Academiv Press, 2011.

TAYLOR, P. E.; NANCY, C.A.; COERSE, M.H. The effects of operant control over food and light on the behaviour of domestic hens. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 71, p. 319-333, 2001.

TIAN, C. A computer vision-based classification method for pearl quality assessment. In:IEEE. **Computer Technology and Development**, 2009. ICCTD'09. International Conference on. [S.l.], 2009. v. 2, p. 73–76.

WANG, N., ZHANG, N., WANG, M., 2006. Wireless sensors in agriculture and food industry—recent development and future perspective. **Computers and Electronics in Agriculture**. 50, 1–14.

ZHANG, N., WANG, M., WANG, N., 2002. Precision agriculture – a worldwide overview. **Computers and Electronics in Agriculture**. 36, 113–132.

CAPÍTULO 3

**COMPORTAMENTO DE FRANGOS DE CORTE SOB
INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO LED E DOS ELEMENTOS
MICROMETEOROLÓGICO**

COMPORTAMENTO DE FRANGOS DE CORTE SOB INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO LED E DOS ELEMENTOS MICROMETEOROLÓGICO

Autora: Tatiana Patrícia Nascimento da Silva Rodrigues
Orientador: Prof. Dr. Héilton Pandorfi

Resumo

O objetivo dessa pesquisa foi analisar as diferenças entre os comportamentos alimentares observados frente aos fatores do ambiente de produção, sexo e sistema de iluminação, utilizando ferramentas estocásticas de análises multivariadas. Os resultados mostraram que das 09h00 às 15h00 houve aumento significativo de todas as variáveis associadas aos sistemas de iluminação, LED vermelho e LED branco. Verificou-se alta correlação positiva entre os comportamentos comendo e bebendo, e negativa para inatividade. Quanto as características térmicas do ambiente: temperatura do ar (T , °C), entalpia (H , kJ kg^{-1}), e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), apresentaram alta correlação positiva entre si, e forte correlação negativa com a umidade relativa do ar (U , %). O comportamento macho bebendo apresentou associação positiva com as características térmicas do ambiente nos três períodos do dia, ou seja, o ato de beber mais água seria uma forma de aliviar o estresse térmico. As aves submetidas ao LED vermelho, apresentaram forte correlação negativa com a temperatura associado ao comportamento fêmea bebendo, no período da tarde, sendo justificado pelo fato da orientação do aviário ter eixo longitudinal no sentido NE/SO e o sol incidir diretamente na área onde ficava o bebedouro. Essa alta correlação negativa mostra que os frangos apresentaram um comportamento característico de desconforto. O comportamento alimentar dos frangos de corte foi influenciado pelo ambiente, principalmente no período da manhã e tarde. A noite foi mais evidente a influência do sistema de iluminação a base de LED branco, pelo maior ganho de peso apresentado pelas aves. As aves submetidas aos sistemas de iluminação não apresentaram alteração comportamental durante o dia, pelo fato da incidência da radiação solar ser maior que a iluminância promovida pelo sistema de iluminação. A variação do ganho de peso e peso vivo das aves apresentaram melhor resposta quando as aves foram expostas a temperatura de 27°C, ou seja, 3°C acima da condição de conforto recomenda para 5ª semana do ciclo de criação.

Palavras –Chave: análise de componentes principais, avicultura de corte, bem-estar animal, conforto térmico, sistema de iluminação

BEHAVIOR OF CUTTING FRUITS UNDER THE INFLUENCE OF LED LIGHTING AND MICROMETEOROLOGICAL ELEMENTS

Author: Tatiana Patrícia Nascimento da Silva

Advisor: Prof. Dr. Héilton Pandorfi

Abstract

The objective of this research was to analyze the differences between the eating behaviors observed in relation to the factors of the production environment, sex and lighting system, using stochastic tools of multivariate analysis. The results showed that from 9:00 a.m. to 3:00 p.m. there was a significant increase in all variables associated with lighting systems, red LED and white LED. There was a high positive correlation between eating and drinking behaviors and negative for inactivity. As for the thermal characteristics of the environment: air temperature (T , °C), enthalpy (H , kJ kg^{-1}), and black globe temperature and humidity index (ITGU), showed a high positive correlation with each other, and a strong negative correlation with the relative humidity of the air (U , %). The male drinking behavior was positively associated with the thermal characteristics of the environment in the three periods, that is, drinking more water would be a way of alleviating thermal stress. The birds submitted to the red LED had a strong negative correlation with the temperature associated with the drinking behavior in the afternoon, being justified by the fact that the orientation of the aviary had a longitudinal axis in the NE / SO direction and the sun directly affected the area where it was the drinking fountain. This high negative correlation shows that the broilers presented a behavior characteristic of discomfort. Feeding behavior of broilers was influenced by the environment, especially in the morning and afternoon. The night was most evident the influence of the white LED-based lighting system, by the greater weight gain presented by the birds. The birds submitted to the lighting systems did not present behavioral changes during the day, because the incidence of solar radiation is greater than the illuminance promoted by the lighting system. The variation of the weight gain and live weight of the birds presented better response when the birds were exposed to the temperature of 27 °C, that is, 3 °C above the comfort condition recommended for the 5th week of the breeding cycle.

Keys-words: animal welfare, cutting poultry, lighting system, principal component analysis, thermal comfort

1. Introdução

A avicultura de corte brasileira é uma das atividades econômicas que mais se desenvolveu no setor agropecuário, com destaque mundial, ostentada pela liderança no mercado internacional, com baixo custo de produção e elevada qualidade do produto final (SARMENTO et al., 2005; SILVA, et al., 2015).

O Brasil alcançou esta posição principalmente devido a excelente estrutura da cadeia de abastecimento e clima, que favorecem a produção de aves e grãos em todo o seu território. A intensificação no seu processo de produção, deve-se, também, a melhoria na genética, alimentação, introdução de novas tecnologias e prática de manejo, bem como a utilização instalações mais adequadas, favorecendo o bem-estar.

As instalações, cada vez mais controladas, oferecem equipamentos para suprir as necessidades fisiológicas e explorar o potencial zootécnico dos frangos de corte (BIZERAY et al., 2002; ABREU & ABREU, 2011). Dentre os equipamentos controlados, o sistema de iluminação é fundamental tanto no tipo de iluminação, como em sua distribuição ao longo do aviário. As aves possuem a visão altamente desenvolvida, influenciando diretamente no seu desenvolvimento, busca por alimento e água, e no comportamento, interação social e com o meio (KRISTENSEN et al., 2007; MENDES et al., 2010; COLLINS et al., 2011).

O estudo de comportamento animal assume, também, um papel importante na produção animal, uma vez que para racionalizar os métodos de criação foram desenvolvidas técnicas de manejo e instalações que interferem e dependem do comportamento animal. É um desafio manter o ambiente térmico equilibrado, e como as aves alteram seu comportamento em resposta a este ambiente, entender o comportamento dos animais ajuda neste controle, pois os animais de produção têm suas necessidades comportamentais específicas e são capazes de modificar seu comportamento para se adaptarem ao ambiente em que vivem (CORDEIRO, 2011; SCHIASSI et al., 2015).

As lâmpadas de LED (diodos emissores de luz) apresentam alta eficiência luminosa e alta adaptabilidade em relação à curva de sensibilidade espectral das aves. Além do desempenho, mudanças comportamentais são possíveis com utilização de diferentes cores como fontes de luz (MENDES et al., 2010).

Com base nessas considerações, objetivou-se com essa pesquisa analisar as diferenças entre os comportamentos alimentares observados frente aos fatores do ambiente de produção, sexo e sistema de iluminação, utilizando ferramentas estocásticas de análises multivariadas.

2. Material e Métodos

A base de dados utilizada na pesquisa foi proveniente de experimento conduzido na Estação Experimental de Pequenos Animais (EEPAC/UFRPE), conforme descrito no Capítulo 2 (Item 2.1).

2.1 Fatores de variação

Para essa pesquisa foram utilizados grupos de 68 aves da linhagem *Cobb 500*, distribuídas em 2 boxes de produção, com muretas de alvenaria com 20 cm de altura e tela de polietileno (22 mm), piso de concreto e cama de maravalha.

As aves foram distribuídas nos boxes conforme fatores de variação testados, sistema de iluminação e sexo, com duas repetições cada sistema de iluminação, separados por tela de polietileno: T1 – machos x LED vermelho (660 nm); T2 – fêmeas x LED vermelho (660 nm); T3 – machos x LED branco (400-760 nm) e T4 – fêmeas x LED branco (400-760 nm).

2.3 Avaliação do ambiente térmico

Para o registro das variáveis micrometeorológicas, temperatura do ar (T_a , °C), umidade relativa do ar (UR, %), temperatura de globo negro (T_g , °C), foram instalados termohigrômetros, da fabricante HOBO U12-12 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA), que são mini datalogger cujo intuito foi caracterizar a eficiência térmica no alojamento das aves (Figura 2).

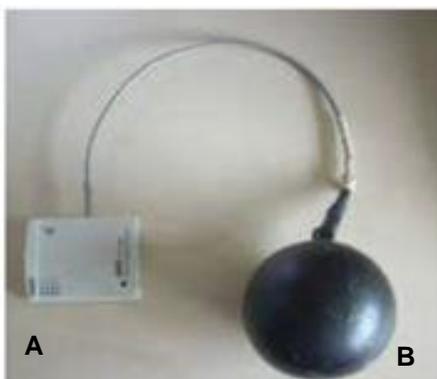


Figura 1. Hobo (A) e Globo Negro (B).

A comparação entre os diferentes tratamentos foi realizada por meio dos índices de temperatura de globo e umidade (ITGU) proposto por Buffington et al. (1981) e a o índice de entalpia específica (H; kJ kg ar seco⁻¹) proposta por Rodrigues et al. (2011), conforme Equação 1 e 2.

$$ITGU = T_g + 0,36 \times T_{po} - 330,08 \quad \text{Equação 2}$$

em que: T_g : temperatura de globo negro (K); T_{po} : temperatura de ponto de orvalho.

$$H = 6,7 + (0,24 \times T_{bs}) + \left(\left(\frac{UR}{100} \right) \times \left(10 \times \frac{7,5 \times T_{bs}}{237,3 + T_{bs}} \right) \right) \quad \text{Equação 3}$$

em que: T_{bs} : temperatura de bulbo seco (°C); UR: umidade relativa (%); P_{atm} : pressão atmosférica local (mmHg).

2.4 Avaliação do desempenho Zootécnico

Os resultados da análise de imagens foram discutidos com base nos ganhos de peso corporal, que foi determinado semanalmente pela diferença entre o peso final e o peso inicial das aves, em cada tratamento, através da pesagem semanal dos frangos.

2.5 Análise dos dados

Para o estudo do comportamento em função do ambiente de produção foi utilizada a técnicas de análise de componentes principais, empregada para associar as variáveis ambientais e o comportamento ingestivo de frangos de corte, observando o ângulo e a magnitude dos vetores, para verificar a influência do ambiente no comportamento e desempenho produtivo das aves.

A técnica de componentes principais terá como função ampliar a visibilidade de um conjunto de dados, reduzindo o número de variáveis. Assim, foi possível verificar se o comportamento dos frangos de corte é fortemente influenciado pelo ambiente produtivo e diferentes tipos de iluminação a base de LED. Observar se existe associação entre a média de frequência de ocorrência de comportamentos com as variáveis ambientais, e esse com os diferentes tipos de iluminação e sexo das aves, para tal análise estatística foi utilizado o software R.

2.2 Aquisição, registro e análise visual das imagens

A aquisição e registro das imagens foram realizado conforme descrito no Capítulo 2 (Item 2.2).

Foi realizado a análise visual das imagens levando em consideração a quantificação das aves dentro de cada região de interesse. Para a avaliação visual desse comportamento foi utilizada a metodologia de SCHIASSI et al. (2015), em que foi avaliado no intervalo de 10 minutos a cada hora do dia, no período de 24 horas, totalizando 3456 frames/dia, para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 (Figura 1).

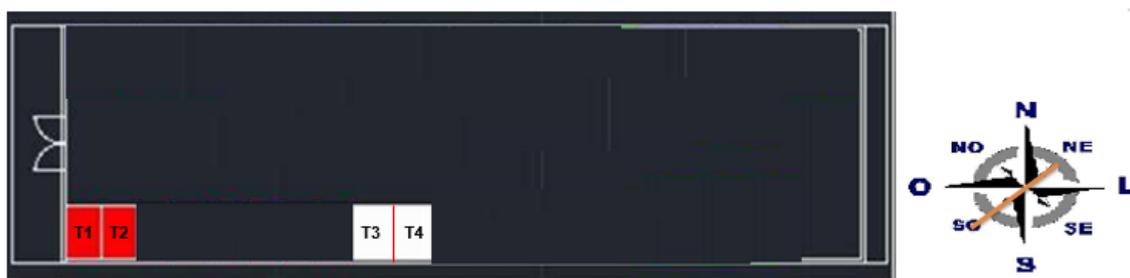


Figura 2. Representação esquemática da distribuição dos boxes de criação e seus respectivos sistema de iluminação e sexo (macho e fêmea).

3. Resultados e Discussão

A Figura 3 apresenta a caracterização térmica dos boxes submetidos a iluminação por LED branco e LED vermelho, em que se verifica que o ITGU, entalpia e temperatura do ar são diretamente proporcionais entre si e, inversamente proporcional a umidade relativa. Porém, no período das 09h00 às 15h00 houve aumento significativo de todas as variáveis nos dois sistemas de iluminação, caracterizando momento crítico de desconforto térmico.

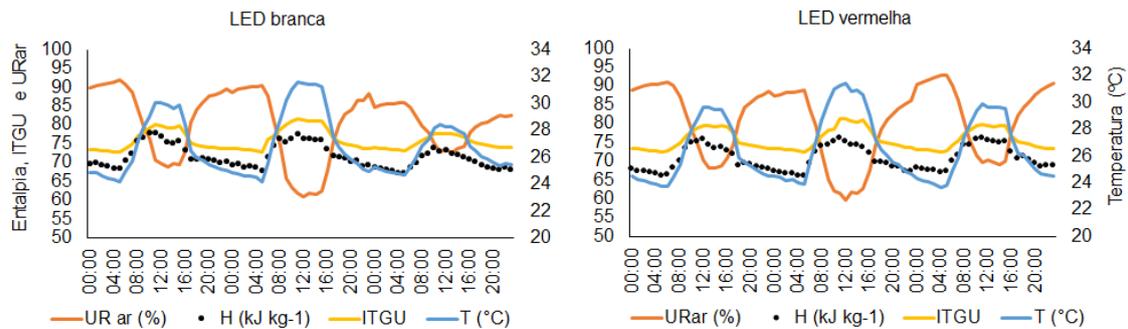


Figura 3. Caracterização térmica do ambiente para os tratamentos T1 (LED vermelho) e T2 (LED branco).

De acordo com Menegali et al. (2010), citado por Carvalho et al. (2015), em trabalho realizado com frangos de corte no período do inverno, verificou-se que os animais estão em conforto térmico quando o ITGU analisado está entre 74 e 77, segundo dados confrontados com a literatura. Abaixo de 74 os frangos estão expostos a baixas temperaturas enquanto que nos valores acima de 77, o desempenho das aves fica prejudicado em razão das altas temperaturas. Durante o verão, Carvalho et al. (2014), verificou-se que, a partir das 08:00 h, os animais estavam expostos a valores de ITGU superiores a 74, atingindo a condição de emergência a partir das 11 h.

Conforme TINÔCO (1988), valores de ITGU superiores a 75,0, causam desconforto para frangos de corte com idade acima de quinze dias, sendo essa situação é agravada à medida que as aves se desenvolvem. A variação do ITGU, segundo Damasceno et al. (2010), ocorre devido a adição dos efeitos da radiação solar e da velocidade do ar.

Foi encontrado valores de ITGU superiores a 79 para as aves submetidas ao LED vermelho, chegando a 80 na 5ª semana, nos horários das 09h00 às 15h00. E para as aves submetidas ao LED branco os valores foram superiores a 77, chegando a 81, também, na 5ª semana do ciclo de produção. O que evidencia que a 5ª semana apresentou os maiores valores de ITGU, no entanto, as aves sofreram com o desconforto das 09h00 às 15h00 a partir da 3ª semana de criação.

No período noturno o ITGU foi de 74 para as aves submetidas ao LED vermelho e de 76 para àquelas submetidas ao LED branco. O sistema de iluminação tem maior influência no comportamento das aves no período noturno, pois durante o dia o efeito da iluminância promovida pela radiação solar é maior que a iluminação artificial. Nos horários das 09h00 às 15h00, o box que estava

com equipado com os LEDs vermelho recebeu a radiação direta no eixo frontal e longitudinal, o que explica o ITGU inicial nesse horário ser de 79.

As aves submetidas aos LEDs branco, no período noturno, apresentaram ITGU superior a 75, o que promoveu desconforto aos frangos de corte.

A variação da entalpia (H) no intervalo horário das 09h00 às 15h00 foi característico de desconforto letal, com valores superiores a 72,6 kJ/kg de ar seco, indicando assim, que houve grande perda na produção devido ao estresse térmico experimentado pelas aves, e nos demais horários, em todo o período estudado, foi detectado valores classificados como estado de alerta (QUEIROZ et al. 2012).

Sendo assim, os índices de conforto térmico ITGU e H, apontam que as condições micrometeorológicas no interior das instalações permaneceu por mais tempo fora da zona considerada de conforto para os frangos de corte, principalmente no período da tarde, apresentando situações de estresse.

As Figuras 4 e 5 mostram os vetores e inter-relações para as frequências de ocorrências dos comportamentos observados para o período da manhã, tarde e noite.

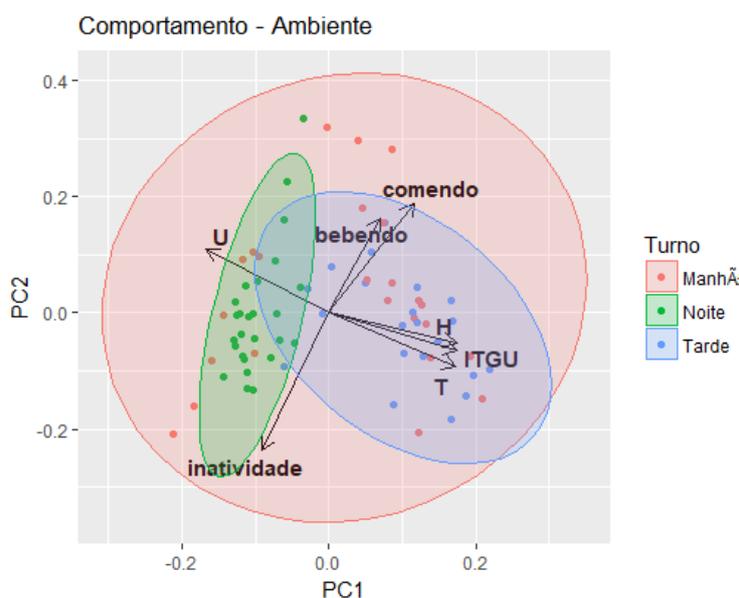


Figura 4. Análise de Componentes principais para avaliar a frequência de ocorrência do comportamento ingestivo em função das variáveis ambientais.

Nota-se na Figura 4 que o primeiro grupo corresponde às ocorrências dos comportamentos bebendo e comendo. Esses comportamentos apresentaram

alta correlação positiva entre si, e forte correlação negativa com o comportamento inatividade. O segundo grupo inclui as características térmicas do ambiente: temperatura (T), Entalpia (H), e ITGU, essas variáveis apresentam alta correlação positiva entre si, e forte correlação negativa com a Umidade (U).

Na Figura 5 observa-se a influência do sistema de iluminação no comportamento, durante os três períodos do dia.

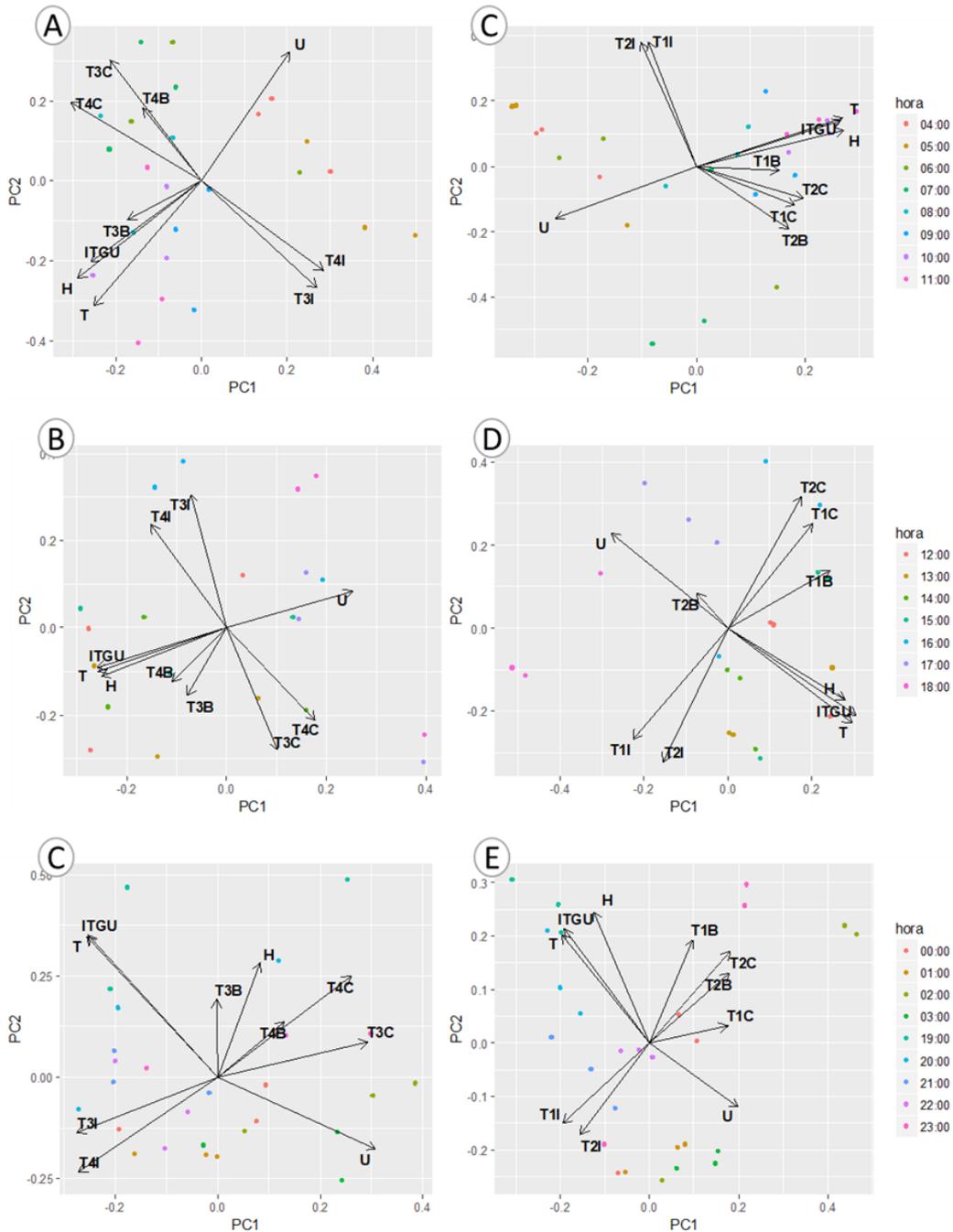


Figura 5. Análise de Componentes principais que compara a frequência de ocorrência do comportamento ingestivo em função das variáveis ambientais, para o tratamento com LED vermelho e branco.

Ao verificar os comportamentos das aves submetidas aos LEDs branco (T3 e T4) nota-se associação dos comportamentos macho comendo (T3C), fêmea comendo (T4C), e fêmea bebendo (T4B), ou seja, esses comportamentos pertencem ao mesmo grupo, pois estão ocorrendo na mesma frequência, o que significa que sempre algum frango está comendo ou bebendo, esse estimula outras aves a fazerem o mesmo.

Outra associação observada foi dos comportamento macho bebendo (T3B) com as características térmicas do ambiente: Temperatura (T), Entalpia (H), e ITGU, nos três períodos, apresentando correlação positiva, pois o ato de beber água é influenciado pela variação das características térmicas do ambiente, o que mostra que os frangos machos apresentam maior sensibilidade as condições de desconforto impostas pelo ambiente e o aumento no consumo de água seria uma forma de atenuar o desconforto térmico.

No período noturno o comportamento macho comendo (T3C) se correlaciona negativamente com temperatura e ITGU, ou seja, se a temperatura aumentar as aves comem menos e se diminuir as aves comem mais. Logo, observa-se que o comportamento de consumir ração está relacionado com o conforto e o bem-estar proporcionado pelo ambiente.

As aves submetidas ao LED vermelho (T1 e T2), apresentaram comportamento fêmea bebendo (T2B) com forte correlação negativa com a temperatura, ITGU e H, no período da tarde, sendo justificado pelo fato da orientação do aviário ter eixo longitudinal no sentido NE/SO e a radiação solar incidir na área onde ficava o bebedouro, que mostrou alta correlação negativa, o que evidencia que as aves sofreram desconforto térmico nesse período do dia. O mesmo ocorreu com Pereira et al. (2007) que sugeriu que a frequência desses comportamentos está relacionada a uma melhoria no bem-estar térmico.

Pela manhã as aves submetidas ao LED vermelho e branco não apresentaram alteração comportamental, isso se deve a incidência da radiação solar ser maior do que a interferência das LEDs.

Verifica-se ainda na Figura 5 que no período da manhã e tarde, o comportamento macho bebendo, (T1B), estava no mesmo grupo que as variáveis térmicas do ambiente, sendo que o ato de beber mais água está relacionado aos machos serem mais pesados, apresentarem o metabolismo mais acelerado, mais ativos que a fêmea e com isso consumirem mais água.

A Figura 6 apresenta o ganho de peso semanal das aves submetidas aos sistemas de iluminação, em que se observa que a iluminação por LED branco promoveu maior ganho de peso do que às aves submetidas ao LED vermelho, isso pode ser reflexo da influência da abrangência do comprimento de onda proporcionado pelo LED branco, que estimulou os frangos de corte a procurar alimento.

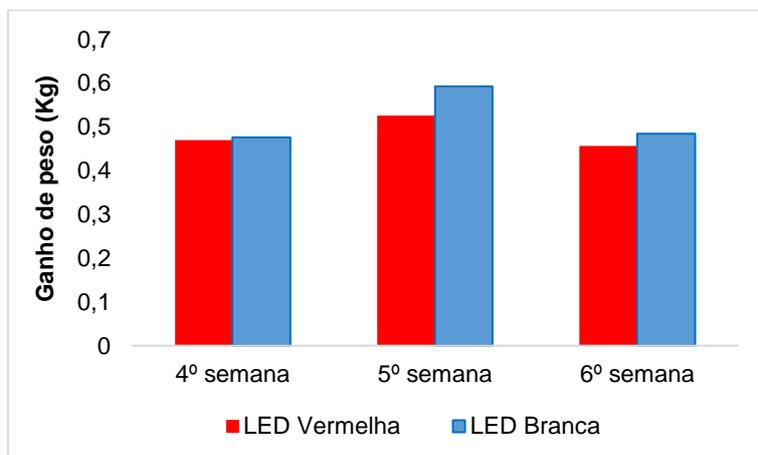


Figura 6. Desempenho produtivo em função da iluminação.

Na Figura 7, encontra-se a variação do peso corporal dos frangos de corte em função da temperatura do ambiente para as três últimas semanas de criação e observa-se que a temperatura influenciou o ganho de peso de forma quadrática, em que os maiores pesos corporais foram observados na temperatura de 27,14°C, na 5ª semana. Verifica-se, portanto, um aumento de 3,14 °C na temperatura do ambiente, em relação a temperatura preconizada pela literatura como indicativo de conforto térmico (18-24°C para 5ª semana), sendo que frangos de corte mantidos nessa temperatura apresentam maior eficiência alimentar. O mesmo aconteceu com Silva et al. (2009), Cassuce (2011) e Arcila (2014), que sugerem alguns ajustes na temperatura de referência como indicativo de conforto térmico, uma vez que verificou melhores índices produtivos nas aves.

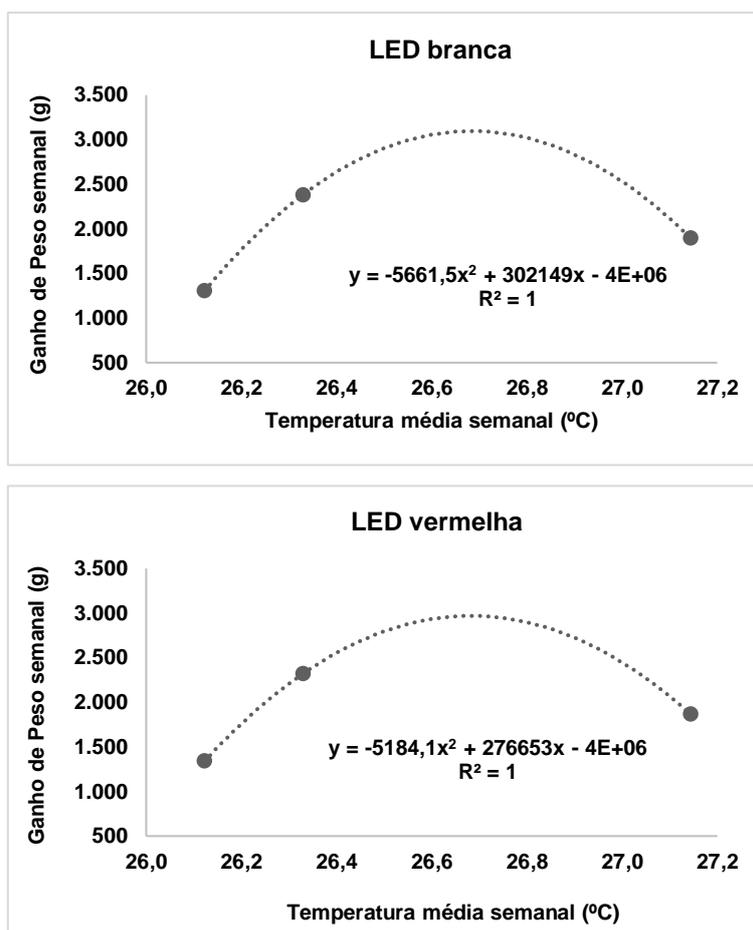


Figura 7. Efeito da temperatura do ambiente no ganho de peso semanal dos frangos de corte da 4^o a 6^o semana de criação.

4. Conclusões

O comportamento alimentar dos frangos de corte foi influenciado pelo ambiente, principalmente no período da manhã e tarde. A noite foi mais evidente a influência do sistema de iluminação a base de LED branco, pelo maior ganho de peso apresentado pelas aves.

As aves submetidas aos sistemas de iluminação não apresentaram alteração comportamental durante o dia, pelo fato da incidência da radiação solar ser maior que a iluminância promovida pelo sistema de iluminação.

Os frangos machos apresentaram maior sensibilidade as condições de desconforto impostas pelo ambiente, principalmente durante o dia.

A variação do ganho de peso e peso vivo das aves apresentaram melhor resposta quando as aves foram expostas a temperatura de 27°C, ou seja, 3°C acima da condição de conforto recomenda para 5^a semana do ciclo de criação.

5. Referências Bibliográficas

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Revista Avicultura Brasil**, nº 1, 2012, Publicações Especiais. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/938d713b69d9f25901b1d810f038272b.pdf>. Acesso em: 08/04/2015.

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

ARCILA, J. C. P., Desempenho zootécnico e fisiológico de frangos de corte, na fase final de crescimento, submetidos a diferentes níveis de estresse por calor. **Dissertação** apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientia, Minas Gerais, 2014.

BIZERAY, D.; I. ESTEVEZ, LETERRIER, C.; FAURE J. M. Influence of increased environmental complexity on leg condition, performance, and level of fearfulness in broilers. **Poultry Science** 81, p.767-773, 2002.

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

CARVALHO CCS, DOS SANTOS TC, SILVA, GC, SANTOS LV, MOREIRA SJM, BOTELHO LFR (2014) Conforto térmico animal e humano em galpões de frangos de corte no semiárido mineiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v18, n7, p769–773. 1807-1929. DOI: 10.1590/S1415-43662014000700015.

CASSUCE, D.C. Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil. Viçosa: UFV, 2011. 5-15p. **Tese** (doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2011.

COLLINS, S., FORKMAN, B., KRISTENSEN, H. H., SANDOEC, P., HOCKINGA, P. M. Investigating the importance of vision in poultry: Comparing the behaviour of blind and sighted chickens. **Applied Animal Behaviour Science** 133 (2011) 60– 69.

CORDEIRO, M. B., TINÔCO, I. F. F., MESQUITA FILHO, R. M., SOUZA, F. C. Análise de imagens digitais para a avaliação do comportamento de pintainhos de corte. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.418-426, maio/jun. 2011. ISSN 0100-6916.

DAMASCENO, F.A., SCHIASSI, L., SARAZ, J. A. O., GOMES, R. C. C., BAÊTA, F. C. Concepções arquitetônicas das instalações utilizadas para a produção avícola visando o conforto térmico em climas tropicais e subtropicais. **PUBVET**, Londrina, v. 4, n. 42, Ed. 147, Art. 991, 2010.

MENEGALI I, BAETA FC, TINOCO IFF, CORDEIRO MB, GUIMARÃES MCC (2010) Desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes sistemas de instalações semiclimatizadas no sul do Brasil. *Revista Engenharia na Agricultura*, v18, p461- 471. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v18i6.197>

PEREIRA DF, SALGADO DD, NÄÄS IA, PENHA NLJ, BIGHI CA. Efeitos da temperatura do ar, linhagem e período do dia nas frequências de ocorrências e tempos de expressão comportamental de matrizes pesadas. **Revista Engenharia Agrícola**, v.27, n.3 p.596-610, 2007.

QUEIROZ, M.L.V.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, F.M.C. Avaliação do Conforto Térmico de Frangos de Corte de Forma Direta e Prática. 2012. Matéria originalmente publicada na Edição nº66, ano VI de outubro de 2012 da revista "Produção Animal Avicultura - A revista do AviSite. Disponível em: http://www.neambe.ufc.br/arquivos_publicacao/20121019082929.pdf. Acesso em 25 de julho de 2017.

RODRIGUES, V.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C.; NASCIMENTO, S.T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal Biometeorology**, Berlim, v.55, n.3, p. 455-459, jul. 2011.

SARMENTO, L. G. V., DANTAS, R. T., FURTADO, D. A., NASCIMETO, J. W. B., SILVA, J. H. V. Efeito da pintura externa do telhado sobre o ambiente climático e o desempenho de frangos de corte. **Revista agropecuária técnica**. V. 26, n. 2, p. 117-122, 2005.

SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T., FERRAZ, P.F. P., CAMPOS, A. T., SILVA, G. R. E., ABREU, L. H. P. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. **Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.35, n.3, p.390-396, maio/jun. 2015

SILVA MAN., HELLMEISTER FILHO P., ROSÁRIO, MF., COELHO AAD., SAVINO UJM., GARCIA AAF., SILVA IJO., MENTEN JFM. (2009) Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com rações contendo extrato de leveduras e prébioticos e criados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.690-696.

SILVA TPN, PANDORFI H., GUISELINI C. (2015) ENERGY BALANCE IN THE POULTRY-SHED SYSTEM AND ITS INFLUENCE ON BROILER PERFORMANCE. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.4, p.613-624. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p613-624/2015>.

TINÔCO IFF (1988) Ambiência e instalações para a avicultura industrial. In: Encontro nacional de técnicos, pesquisadores e educadores de construções rurais, 3., Poços de Caldas. Anais... Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, p.1-86.

Considerações Finais

Tendo em vista a forma como foi realizada esta pesquisa e com base nos resultados encontrados, pode-se concluir que:

A abordagem inicial deste trabalho foi desenvolver um software que identifique, qualifique e quantifique o comportamento alimentar dos frangos de corte, através do processamento de imagens e visão computacional. O Chikenlab[®] conseguiu alcançar seu objetivo inicial, a ideia vai ser lançar uma segunda versão que permita desenvolver suas funções de forma automática. Nessa primeira versão foi possível identificar as limitações do software, pelo fato das imagens não apresentarem qualidade adequada, devido ao posicionamento das câmeras, iluminação desuniforme nos boxes, obstrução causada pelo sistema de iluminação, deslocamento pendular dos comedouros e bebedouro e sombra gerada pelos mesmos. Imagens sem interferência resultam em uma melhor eficiência do software.

A segunda etapa desse estudo foi analisar o comportamento alimentar dos frangos de corte sob influência de dois sistemas de iluminação. O comportamento alimentar é o mais afetado em condições inadequada de alojamento. De forma que alterações comportamentais afetam as respostas produtivas e com isso a qualidade do produto final.

O conhecimento gerado pelos resultados obtidos nessa pesquisa norteia trabalhos futuros, uma vez que estudar a influência do ambiente sob o comportamento alimentar na avicultura de corte é de extrema importância para o resultado final do lote, pois esse comportamento é fortemente influenciado pelo ambiente térmico.

E a utilização de tecnologia aliada a ao desenvolvimento técnico-científico permite aperfeiçoar ainda mais os métodos de produção animal, auxiliando a coleta de dados inerentes ao ambiente onde os animais estão inseridos, analisando a influência do mesmo no desempenho zootécnico, comportamento e bem-estar.