

ALINE CARVALHO DE LUCENA

**BIOFOTÔNICA: ILUMINÂNCIA À BASE DE DIODO EMISSOR DE LUZ NO
COMPORTAMENTO E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE**

RECIFE

2018

**BIOFOTÔNICA: ILUMINÂNCIA À BASE DE DIODO EMISSOR DE LUZ NO
COMPORTAMENTO E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE**

ALINE CARVALHO DE LUCENA

Orientador: **Prof. Dr. HÉLITON PANDORFI**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola.

RECIFE
2018

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

L935b Lucena, Aline Carvalho de.
Biofotônica: iluminância à base de diodo emissor de luz no comportamento e desempenho de frangos de corte / Aline Carvalho de Lucena. – Recife, 2018.
124 f.: il.

Orientador(a): Héilton Pandorfi.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE, 2018.
Inclui referências.

1. Indústria avícola 2. Termografia I. Pandorfi, Héilton, orient.
II. Título

CDD 630

ALINE CARVALHO DE LUCENA

**BIOFOTÔNICA: ILUMINÂNCIA À BASE DE DIODO EMISSOR DE LUZ NO
COMPORTAMENTO E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE**

Tese defendida e aprovada em 30 de julho de 2018 pela Banca Examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Héilton Pandorfi
DEAgri/UFRPE

Examinadores:

Prof.^a Dr^a. Sílvia Helena Nogueira Turco
UNIVASF

Prof. Dr. Marco Aurélio Carneiro de Holanda
UAST/ UFRPE

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello
DZ /UFRPE

Prof. Dr. Gledson Luiz Pontes de Almeida
DAgri /UFRPE

“Precisamos perseguir nossos mais belos sonhos. Desistir é uma palavra que tem que ser eliminada do dicionário de quem sonha e deseja conquistar. Não se esqueça de que você vai falhar 100% das vezes em que não tentar, vai perder 100% das vezes em que não procurar, vai estacionar 100% das vezes em que não ousar caminhar”.

(Augusto Cury)

“O Senhor é o meu pastor e nada me faltará”

(Salmos 23)

“Tudo posso naquele que me fortalece”

(Filipenses 4:13)

Aos meus pais, Antônio e Maria de Fatima.
Por terem me dado à vida.
Por terem sempre me incentivado e ajudado em tudo.
Por me amarem incondicionalmente, assim como eu os amo!

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao meu grande e eterno Deus, por ter me concedido o dom da vida e que me deu a oportunidade de continuar a minha caminhada na busca pelos meus sonhos.

A minha família, que esteve sempre ao meu lado, partilhando das dificuldades e exaltando as alegrias. Em especial ao meu pai Antônio Lucena e minha mãe Maria de Fatima Lucena, que sempre me incentivaram e acreditaram em mim, aos meus irmãos (Juliana e Humberto), as minhas sobrinhas (Heloísa e Maria Júlia), *In Memoriam* as minhas avós Esmeralda Carvalho e Leurides Lucena e meus avôs Antônio Carvalho e Antônio Lucena, a minha afilhada Amanda e ao meu cachorrinho Obama que estive sempre ao meu lado (mesmo dormindo) enquanto escrevia a tese.

Ao meu noivo Allysson Lyra pelo carinho, amor, compreensão, companheirismo e que sempre me ajudou naquilo que estava ao seu alcance.

As minhas tias e tios que sempre me deram apoio e me ajudaram no que foi preciso.

Ao professor Dr. Héilton Pandorfi, pela orientação atenciosa, por todo apoio, disposição, confiança, amizade e contribuição na realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Gledson Luiz Pontes de Almeida, pela disponibilidade, atenção, pela amizade e colaboração na execução deste trabalho.

À professora Dra. Cristiane Guiselini, pela disponibilidade, atenção e amizade.

A todos os meus amigos, os quais felizmente a lista é numerosa, agradeço pelo companheirismo, apoio, cumplicidade, grupos de estudo e bons momentos de descontração, em especial aos amigos Janice, Tatiana, José Eduardo, Raqueli, Thais, Karina e Diego.

Ao Grupo de Pesquisa em Ambiência (GPESA), pela colaboração e amizade e em especial aos amigos Janice, Tatiana, José Eduardo, Hugo, Sávio, Jairo, Luiz Antônio, Pedro e Nicolý por terem compartilhado comigo este trabalho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização deste doutorado.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola e de Agronomia, pela contribuição na minha formação profissional.

Aos funcionários da Estação Experimental de Pequenos Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (EEPAC/UFRPE), em especial a Dona Severina Rodrigues Lima da Silva pela grande disposição, atenção, ajuda e alegria.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho e que contribuíram ou contribuem para minha formação profissional.

Obrigada!

Sumário

Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas.....	xiii
Resumo.....	14
Abstract.....	16
Introdução Geral	18
Objetivo Geral.....	19
Objetivos específicos.....	19
Revisão da Literatura	20
1. Avicultura de corte no Brasil.....	20
2. Ambiência e bem-estar animal na avicultura de corte.....	22
3. Transferência de energia e homeotermia para frangos de corte.....	23
3.1. Temperatura superficial corpórea	25
3. Índices de conforto térmico	29
4. Visão das Aves.....	31
5. Sistemas de iluminação na avicultura	32
5.1. Variabilidade espacial na iluminação artificial.....	35
6. Influência da iluminação no comportamento de frangos de corte	36
6.1. Efeito da iluminância sobre as aves.....	38
6.2. Efeito do comprimento de onda sobre as aves.....	40
7. Referências	42
Capítulo 1 – Variabilidade espacial da iluminância por diodo emissor de luz em módulos de criação para frango de corte.....	55
Resumo.....	55
Abstract.....	56
1. Introdução	57
2. Material e Métodos.....	58
3. Resultados e Discussão	62
4. Conclusões.....	67
5. Referências	68
Capítulo 2 - Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes fontes de iluminação e iluminâncias	72
Resumo.....	72
Abstract.....	73

1. Introdução	74
2. Material e Métodos.....	76
3. Resultados e Discussão	82
4. Conclusão	89
5. Referências	89
Capítulo 3 - Iluminância à base de diodo emissor de luz no desempenho de frangos de corte	94
Resumo.....	94
Abstract.....	95
1. Introdução	96
2. Material e Métodos.....	97
3. Resultados e Discussão	105
4. Conclusões.....	118
5. Referências	118
Considerações Finais	124

Lista de Figuras

Capítulo 1 - Variabilidade espacial da iluminância por diodo emissor de luz em módulos de criação para frango de corte

Figura 1. (A) Vista externa longitudinal e (B) transversal do galpão experimental para o alojamento das aves, Carpina – PE, 2017.....	59
Figura 2. Dimensões do box de criação.....	59
Figura 3. Malha regular dos pontos de registro da iluminância nos boxes de produção.....	60
Figura 4. Luxímetro digital (Digital Lux Meter, MLM-1011).	61
Figura 5. Mapas de krigagem para variável iluminância (lx) para os níveis de iluminância 5lx - branco (A), 5lx - azul/verde (B), 20lx - branco (C), 20lx - azul/verde (D), 150lx - branco (E) e 150lx - azul/verde (F).	66

Capítulo 2 - Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes fontes de iluminação e iluminâncias

Figura 1. Localização da área de estudo.	76
Figura 2. Dimensões do galpão experimental.....	77
Figura 3. (A) Vista externa longitudinal e (B) transversal do galpão experimental para o alojamento das aves, Carpina – PE, 2017.....	77
Figura 4. Ilustração do box experimental dividido em três mini boxes.	78
Figura 5. Câmeras utilizadas para registro de microfilmagens das aves (A, B) e visualização do tratamento avaliado pelo software Intelbras iSIC 6 (C, D).....	80
Figura 6. Percentagem de tempo de acesso ao comedouro pelas aves submetidas a 5lx/branca (I1C1) e 5lx/azul/verde (I1C2) - A; 20lx/branca (I2C1) e 20lx/azul/verde (I2C2) - B; 150lx/branca (I3C1) e 150lx/azul/verde (I3C2) - C e 5-20lx/branca (I4C1) e 5-20lx/azul/verde (I4C2) – D.....	86
Figura 7. Percentagem de tempo de acesso ao bebedouro pelas aves submetidas a 5lx/branca (I1C1) e 5lx/azul/verde (I1C2) - A; 20lx/branca (I2C1) e 20lx/azul/verde (I2C2) - B; 150lx/branca (I3C1) e 150lx/azul/verde (I3C2) - C; 5-20lx/branca (I4C1) e 5-20lx/azul/verde (I4C2) – D.....	87
Figura 8. Porcentagem do tempo despendido pelas aves em movimentos de conforto e natural submetidas a 5 lx/branca (I1C1) e 5 lx/azul/verde (I1C2) - A;	

20 lx/branca (I2C1) e 20 lx/azul/verde (I2C2) - B; 150 lx/branca (I3C1) e 150 lx/azul/verde (I3C2) - C; 5-20 lx/branca (I4C1) e 5-20 lx/azul/verde (I4C2) – D.	88
---	----

Capítulo 3 - Iluminância à base de diodo emissor de luz no desempenho de frangos de corte

Figura 1. (A) Vista externa longitudinal e (B) transversal do galpão experimental para o alojamento das aves, Carpina – PE, 2017.....	98
Figura 2. Ilustração do box experimental dividido em três mini boxes.	98
Figura 3. Representação esquemática da distribuição dos boxes. Em que, I1C1 (5lx/branca); I1C2 (5lx/azul/verde); I2C1 (20lx/branca); I2C2 (20lx/azul/verde); I3C1 (150lx/branca); I3C2 (150lx/azul/verde); I4C1 (5-20lx/branca) e I4C2 (5-20lx/azul/verde).....	100
Figura 4. Detalhe dos equipamentos utilizados para o registro das variáveis ambientais. Hobo e globo negro (A) e abrigo meteorológico (B).	101
Figura 5. Câmera termográfica, FLIR®, modelo E60 (A) e registro da imagem termográfica das aves estudadas (B).	102
Figura 6. Variação média horária semanal da (A) temperatura do ar (°C) e (B) umidade relativa do ar no interior do galpão experimental e no ambiente externo.	106
Figura 7. Análise da relação funcional entre a temperatura (A) e a umidade relativa do ar (B) interna e externa ao galpão experimental.....	107
Figura 8. Variação média diária (A) Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e (B) Entalpia (H, kJ kg ⁻¹) no interior do galpão experimental e no ambiente externo.	108
Figura 9. Valores médios da frequência respiratória (A), temperatura cloacal (B) e temperatura de superfície das aves (C) submetidas aos níveis de iluminância, I1 (5lx), I2 (20lx), I3 (150lx) e I4 (5/20lx). Médias seguidas das mesmas letras no mesmo horário não diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey.....	110
Figura 10. Efeito do LED branco (C1) e do LED azul/verde (C2) nos valores médios da frequência respiratória (A), temperatura cloacal (B) e superfície das aves (C). Médias seguidas das mesmas letras no mesmo horário não diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey.	111

Lista de Tabelas

Capítulo 1 - Variabilidade espacial da iluminância por diodo emissor de luz em módulos de criação para frango de corte

Tabela 1. Análise estatística descritiva da iluminância (lux) nos sistemas de iluminação estudados.	63
Tabela 2. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as médias de iluminância (lux).....	64

Capítulo 2 - Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes fontes de iluminação e iluminâncias

Tabela 1. Etograma comportamental para frangos de corte.	81
Tabela 2. Frequência (Freq) e percentual (Perc., %) do tempo despendido na expressão comportamental dos frangos de corte submetidos aos tratamentos I1C1 (5lx/branca); I1C2 (5lx/azul/verde); I2C1 (20lx/branca); I2C2 (20lx/azul/verde); I3C1 (150lx/branca); I3C2 (150lx/azul/verde); I4C1 (5-20lx/branca) e I4C2 (5-20lx/azul/verde).	83

Capítulo 3 - Iluminância à base de diodo emissor de luz no desempenho de frangos de corte

Tabela 1. Composição centesimal das rações fornecidas para os frangos de corte, de acordo com a idade.....	99
Tabela 2. Modelos de regressão linear múltipla para determinação da temperatura superficial corpórea média (T_c) das aves durante o ciclo de produção.....	103
Tabela 3. Valores médios semanais e desvio padrão do desempenho produtivo dos animais submetidos a diferentes níveis de iluminância.....	114
Tabela 4. Valores médios semanais e desvio padrão do desempenho produtivo dos animais submetidos a diferentes fontes de iluminação.	117

BIOFOTÔNICA: ILUMINÂNCIA À BASE DE DIODO EMISSOR DE LUZ NO COMPORTAMENTO E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE

Resumo

A iluminação artificial, a iluminância e a sua distribuição espacial no galpão são ferramentas importantes na produção e no bem-estar animal, interferindo diretamente no comportamento e no desempenho das aves. Nesse contexto, este estudo foi conduzido com o objetivo de analisar aspectos quantitativos e qualitativos dos efeitos da iluminância por meio de diodo emissor de luz (LED) na faixa do azul/verde e branco, no comportamento e no desempenho de frangos de corte, ao longo do ciclo de produção (42 dias). A pesquisa foi conduzida de outubro a novembro de 2017, no município de Carpina, estado de Pernambuco, na Estação Experimental de Pequenos Animais (EEPAC/UFRPE). O experimento contou com quatro intensidades de iluminação: 5 lx (I1); 20 lx (I2); 150 lx (I3) e 5-20 lx (5lx na 1^a, 2^a e 6^a semanas e 20 lx na 3^a, 4^a e 5^a semanas - I4), com a utilização de lâmpadas LED do tipo bastão na cor branca (C1) e nas cores azul/verde (C2). Foi empregado programa de luz contínua, 18 horas de luz e 6 horas de escuro, em todo estudo. Foram adquiridos 384 pintainhos de um dia vida, linhagem Cobb 500, de incubatório comercial, afim de se avaliar o comportamento, as variáveis fisiológicas, e os índices zootécnicos das aves. Para análise dos dados fisiológicos e zootécnicos foi adotado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2. As inferências obtidas foram avaliadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. As variáveis comportamentais foram determinadas pela frequência dos eventos e sua probabilidade de ocorrência pelo teste Qui-Quadrado (X^2). O arranjo dos bastões de LED adotado, supriu a necessidade da iluminância pretendida. As aves submetidas aos comprimentos de onda na faixa do azul/verde e iluminância de 20 e de 5-20 lx apresentaram maior frequência de comportamentos de conforto e alimentar, com menor incidência de comportamentos agressivos e de desconforto. Os frangos de corte submetidos a iluminância de 20 lx e 5-20 lx, apresentaram maior peso vivo final, 2,595 e 2,418 kg, respectivamente. As fontes de iluminação LED nas faixas do branco e verde/azul não influenciaram as variáveis fisiológicas, entretanto as fontes de luz azul/verde apresentaram melhor desempenho produtivo (peso vivo e ganho de peso) nos primeiros dias

Lucena, Aline Carvalho. Dr^a. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Julho de 2018.
Biofotônica: Iluminância à base de diodo emissor de luz no comportamento e desempenho de frangos de corte. Héilton Pandorfi.

de vida das aves. As aves submetidas à iluminância de 20 lx e 5-20 lx foram as que apresentaram melhor desempenho produtivo final (peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar).

Palavras chave: ambiência, avicultura de corte, bem-estar, termografia.

BIOPHOTONICS: ILLUMINANCE BASED ON LIGHT EMITTING DIODE IN THE BEHAVIOR AND PERFORMANCE OF BROILER CHICKEN PRODUCTION

Abstract

Artificial lighting, illuminance, and spatial distribution in the shed are important tools in animal production and welfare, directly interfering with broiler behavior and performance. In this context, this study was conducted with the objective of analyzing quantitative and qualitative aspects of the effects of illuminance through light emitting diode (LED) in the blue / green and white range, the performance and performance of broilers, production cycle (42 days). The research was conducted from October to November, 2017, in the municipality of Carpina, state of Pernambuco, at the Experimental Station of Small Animals (EEPAC / UFRPE). The experiment had four lighting intensities: 5 lx (I1); 20 lx (I2); 150 lx (I3) and 5-20 lx (5 lx at 1 st, 2 nd and 6 th weeks and 20 lx at 3 rd, 4 th and 5 th weeks - I4), with the use of white LED lamps (C1) and colors blue / green (C2). A continuous light program was used, 18 hours light and 6 hours dark, throughout the study. A continuous light program was used, 18 hours light and 6 hours dark, throughout the study. A total of 384 day-old chicks, a Cobb 500 strain, were purchased from a commercial hatchery to evaluate the behavior, physiological variables, and zootechnical indexes of broiler. For the analysis of the physiological and zootechnical data, a completely randomized design was adopted in a 4x2 factorial scheme. The obtained inferences were evaluated by the Tukey test, at the 5% probability level. Behavioral variables were determined by the frequency of events and their probability of occurrence by the Chi-Square test (X^2). The arrangement of adopted LED rods, suited the need for the desired illuminance. The broiler submitted to wavelengths in the blue / green band and illuminance of 20 and 5-20lx presented a higher frequency of observation of comfort and feeding behaviors, with a lower incidence of aggressive behavior and discomfort. The broilers submitted to illuminance of 20 lx and 5-20 lx had the highest final live weight, 2,595 kg and 2,418 kg, respectively. The sources of LED lighting in the white and green / blue bands did not influence the physiological variables, however the blue / green light sources presented better productive performance (live weight and weight gain) in the first days of life of the broiler.

Lucena, Aline Carvalho. Dr^a. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Julho de 2018.
Biofotônica: Iluminância à base de diodo emissor de luz no comportamento e desempenho de frangos de corte. Héilton Pandorfi.

The broiler submitted to 20 lx and 5-20 lx illuminance presented the best final productive performance (live weight, weight gain and feed conversion).

Keywords: ambience, poultry production, welfare, thermography.

Introdução Geral

A produção avícola brasileira determina importante impacto sobre a economia nacional e internacional. O Brasil ocupa o primeiro lugar no ranking mundial dos maiores exportadores de carne de frango. Entretanto, a atividade ainda possui entraves nos quesitos manejo do ambiente de produção e nas instalações.

Nesse cenário, os produtores nacionais que visam manter-se competitivo no mercado globalizado terão que se adequar a certos parâmetros produtivos, exigidos pelos principais importadores de proteína animal; normativas específicas referentes às boas práticas pautadas no bem-estar e acompanhadas por forte tendência dos consumidores em adquirir produtos desenvolvidos a partir de princípios éticos, com qualidade garantida em todas as etapas dos sistemas de produção e baixo custo.

Quando se considera as recomendações feitas por técnicos especializados em sistemas de produção para frangos de corte, muitos são os requisitos para obtenção de desempenho produtivo satisfatório. As apresentações de galpões sob a forma de ambiente protegido, com avançados sistemas de climatização e iluminação, também são susceptíveis a avaliações quanto a sua eficiência térmica, sendo necessária análise minuciosa do fluxo de massa e energia, o que proporcionará adequação do ambiente de forma mais precisa as necessidades térmicas das aves.

A iluminação artificial representa importante ferramenta de manejo por afetar a produção das aves, interferindo nas suas respostas fisiológicas e comportamentais. Sua influência abrange várias funções corporais e ritmos biológicos, tais como alimentação, reprodução, concentrações de hormônio, atividades de enzimas e processos metabólicos.

Há um grande número de lâmpadas que estão disponíveis para uso em sistemas de iluminação artificial, no entanto, cada fonte de luz tem características diferentes (intensidade de luz, comprimento de onda, cor, temperatura e oscilações) que podem causar efeito positivo ou negativo no comportamento, no desempenho e no custo de produção de frangos de corte.

Desta forma, com o avanço de tecnologias na iluminação de galpões na avicultura, a utilização de lâmpada de diodo emissor de luz (LED) é uma alternativa inovadora que pode melhorar a sustentabilidade da atividade, uma

vez que tem melhor eficiência energética, vida útil mais longa e pode emitir luz em diferentes comprimentos de ondas de forma isolada e/ou combinada.

Objetivo Geral

Analisar aspectos quantitativos e qualitativos dos efeitos da iluminância por meio de diodo emissor de luz (LED) na faixa do branco (400-760 nm) e do azul/verde (470 e 525nm), no comportamento e desempenho de frangos de corte, ao longo do ciclo de produção.

Objetivos específicos

- Caracterizar termicamente a instalação utilizada na criação das aves submetidas a diferentes comprimentos de onda e intensidade de iluminação;
- Mapear a variabilidade espacial da iluminância no módulo de produção;
- Analisar os efeitos da iluminância no comportamento e bem-estar dos frangos de corte;
- Analisar os efeitos do ambiente de produção sobre as aves, por meio de indicadores zootécnicos e parâmetros fisiológicos.

Revisão da Literatura

1. Avicultura de corte no Brasil

A avicultura de corte no Brasil foi consolidada como um segmento moderno, fortemente estimulado por políticas públicas, principalmente a partir dos anos de 1970, quando se iniciaram as exportações brasileiras de carne de frango. Esta evolução e expansão em diversas áreas do Brasil, principalmente na primeira década do século XXI, está relacionada às dinâmicas dos espaços rurais influenciadas por demandas comerciais e produtivas, o que tornou o Brasil um dos maiores exportadores mundiais de carne de frango (BELUSSO e HESPANHOL, 2010).

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2018) a avicultura apresenta um setor muito sólido, devido seus atributos de qualidade, sanidade e sustentabilidade, alcançando índices de produtividade equivalentes aos observados em países mais desenvolvidos e tornando-se uma das atividades econômicas que mais se desenvolve no setor agropecuário.

A produção brasileira de carne de frango totalizou 13,15 milhões de toneladas em 2017, número que superou em 1,86% do volume produzido pelo país em 2016, de 12,91 milhões de toneladas (USDA, 2018). De acordo com as estimativas da ABPA (2018), a produção de carne de frango no ano de 2018 deverá superar de 2 a 4%, o volume produzido em 2017. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos a produção de carne de frango brasileira deverá atingir 13,37 milhões de toneladas em 2018 (USDA, 2018).

Esse aumento se deve, principalmente, à maior demanda mundial pelo produto brasileiro; a demanda interna de frangos de corte deverá ampliar à medida que a economia brasileira se recupere, a inflação diminua e a expectativa de manutenção dos custos de produção seja alcançada (ABPA, 2017; USDA, 2018).

Entretanto, em virtude da greve dos caminhoneiros em maio de 2018 no Brasil, a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) junto aos seus associados, divulgaram que a paralisação gerou impactos totais de R\$ 3,150 bilhões ao setor produtor e exportador de aves, suínos, ovos e material genético. Assim, a ABPA manifesta sua preocupação com a elevação dos custos produtivos devido à forte alta dos preços do milho e da soja e ao estabelecimento

da tabela de frete mínimo. Por se tratar de um setor de intensivo uso rodoviário (com transporte de animais vivos, ração, insumos e outros), a avicultura será fortemente impactada pelos novos custos logísticos (ABPA, 2018).

Segundo Liboni et al. (2013), além do melhoramento genético e da nutrição, a sanidade é um importante aliado do sucesso da avicultura de corte, contando com práticas de biossegurança e vacinações, atuando principalmente na prevenção de problemas sanitários. Estas técnicas de manejo visam o melhor desempenho dos animais, associado à redução de custos de produção.

Entre as técnicas utilizadas para a criação das aves estão os programas de luz e a intensidade de iluminação (LIBONI et al., 2013). O programa de luz tem como finalidade regular o consumo de alimentos pelas aves, por isso, sua utilização deve ser bem planejada para não comprometer a curva de crescimento normal das aves e elevar a mortalidade e, conseqüentemente, a conversão alimentar (HEINZEN, 2006).

A iluminância, a distribuição, a cor e o tempo de exposição a luz, afetam o desempenho e o bem-estar do lote. O posicionamento adequado das fontes de luz e sua distribuição estimulam as aves a procurar alimento, água e regular a troca de energia entre o animal e o ambiente. Durante a fase de crescimento, a iluminação pode ser útil para moderar o ganho de peso e melhorar a eficiência da produção e a saúde do lote (MENDES et al., 2010).

Na criação de frangos de corte, diversos programas de luz, contínuo, intermitente e crescente, em diferentes intensidades, têm sido propostos com o objetivo de alcançar condições ambientais satisfatórias, para a obtenção de animais com maior ganho de peso, melhor conversão alimentar, qualidade de carcaça superior e livre de alterações metabólicas (ABREU e ABREU, 2006).

Desta forma, empresários da avicultura de corte brasileira têm investido constantemente em inovações tecnológicas, dentre elas o fator iluminação, permitindo novos conceitos e sistemas de criação de frangos de corte, com ênfase na busca por maior eficiência na produção, que tem como pilares a viabilidade econômica e técnica, voltado aos aspectos produtivos, sanitários e de bem-estar das aves (ABREU e ABREU, 2011).

2. Ambiência e bem-estar animal na avicultura de corte

A evolução dos estudos sobre a ambiência na avicultura de corte tem alcançado patamares notáveis, no que diz respeito às informações sobre a qualidade do ar, o ambiente termo acústico e a luminosidade nas diferentes fases de criação de frangos de corte (SILVA e VIEIRA, 2010).

Baêta e Souza, (2010) caracterizam o ambiente de produção como conjunto de elementos físicos, químicos, sociais e climáticos, que atuam simultaneamente e exercem influências sobre os animais de maneira favorável ou desfavorável ao desenvolvimento biológico, ao desempenho produtivo e reprodutivo das aves.

O bem-estar animal segundo Broom (1986), pode ser definido como o estado de um indivíduo em relação às suas tentativas de se adaptar ao seu ambiente. Ou seja, se refere a quanto tem de ser feito para o animal conseguir adaptar-se ao ambiente e ao grau de sucesso com que isto está acontecendo (HOTZEL e FILHO, 2004).

São consideradas as bases do bem-estar animal as chamadas “cinco liberdades” elaboradas no relatório pelo Governo do Reino Unido em 1965 e aperfeiçoadas pela Farm Animal Welfare Council em 2009 (FAWC, 2015):

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 de descanso confortável;
3. Livre de dor, ferimento 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 de estresse, assegurando condições e tratamento que evitem o sofrimento mental.

Desta forma Silva e Vieira (2010) salientam que a ambiência exerce grande influência na adaptação do animal ao ambiente no qual se encontra inserido. Assim, a ambiência pode ser definida como a soma dos impactos dos fatores biológicos e físicos nos animais, consistindo-se em um dos principais responsáveis pelo sucesso ou fracasso do sistema de produção avícola.

Entretanto, Pereira (2006) destaca que o conceito de ambiência é muito mais amplo e está diretamente relacionado às condições micrometeorológicas no interior das instalações, que é naturalmente influenciado pelas condições climáticas externas. A ação dos fatores meteorológicos varia de acordo com a posição geográfica da unidade de produção e época do ano, que por sua vez condicionam as variáveis ambientais, com existência de variações no período de 24h, portanto, a recomendação de um modelo único de instalação para diferentes regiões é praticamente inviável.

Desta forma, os conceitos de bem-estar animal e ambiência estão estreitamente ligados, consistindo em elementos relevantes aos principais problemas e as soluções na produção animal.

3. Transferência de energia e homeotermia para frangos de corte

As aves são animais homeotérmicos, ou seja, mantêm a temperatura do núcleo corporal dentro de limites relativamente estreitos (41,2 a 42,2°C), mesmo que a temperatura ambiental flutue e que sua atividade varie intensamente, por meio de processos de aumento ou diminuição do calor resultante do metabolismo e de conservação ou dissipação do calor corporal para o ambiente externo (BAÊTA e SOUZA, 2010; SCHIASSI et al., 2015).

A temperatura de núcleo corporal das aves se mantém bastante estável, entretanto, ocorrem variações de temperatura nas diferentes partes do organismo do animal (asa, cabeça, dorso, pé), associadas ao fluxo de calor entre o animal e o ambiente (BAÊTA e SOUZA, 2010).

A zona de termoneutralidade está relacionada a um ambiente térmico ideal, onde as aves encontram condições perfeitas para expressar suas melhores características produtivas (FURTADO et al., 2003). Baêta e Souza (2010) consideram o ambiente confortável com temperaturas entre 18 e 28°C e umidade relativa entre 50 e 70%. Segundo Dahlke et al. (2005) a temperatura termoneutra varia de acordo com a idade das aves (5 a 7 dias de idade: 32°C; 8 a 14 dias de idade: 30°C; 15 a 21 dias de idade: 26°C e de 22 a 42 dias de idade: 24°C).

As aves trocam calor com o ambiente em que vive por meio de quatro formas principais: condução, convecção e radiação, denominadas de trocas sensíveis; condensação e a evaporação, esta última constitui um dos mais

importantes mecanismos latentes de troca térmica dos animais (SILVA, 2008; BAÊTA e SOUZA, 2010).

As trocas sensíveis são caracterizadas por um diferencial de temperatura entre o animal e o ambiente (ÇENGEL e BOLES, 2007). A transferência de calor por condução exige contato entre as superfícies ou substâncias cujas temperaturas devem ser diferentes (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Na transferência de calor por convecção, o ar em contato com uma superfície aquecida é também aquecido, ocorrendo redução na sua densidade, o que causa a movimentação da massa de ar próximo da superfície, a convecção difere da condução por haver translocação de moléculas, bem como por depender da forma, do tamanho, e das características da superfície e ainda da intensidade da movimentação do ar; as trocas por radiação se dá por meio de ondas eletromagnéticas ou fótons através de meio transparente entre dois pontos ou mais que se encontra em diferentes temperaturas (ÇENGEL E BOLES, 2007; BAÊTA e SOUZA, 2010).

As trocas latentes são a evaporação e a condensação, nas quais os fluxos são causados por gradientes de pressão de vapor, que indica a quantidade de vapor d'água contida em cada volume de ar. No caso das aves, a troca por evaporação ocorre na forma da ofegação (resfriamento evaporativo respiratório), uma vez que a ausência de glândulas sudoríparas impossibilita a sudação (NASCIMENTO, 2010).

A perda de calor evaporativo nas aves ocorre pelo trato respiratório, quando a temperatura ambiente se eleva acima da zona de conforto térmico, ou seja, sofre estresse por calor, ela inicia uma hiperventilação com o objetivo de dissipar calor pelas vias aéreas superiores e manter o equilíbrio térmico (FURLAN e MACARI, 2002; BORGES et al., 2003 e FERREIRA, 2005). Desta forma, a frequência respiratória é considerada um indicador fisiológico importante para caracterização da condição de conforto ou estresse dos animais (ABBISAAB e SLEIMAN, 1995; SANTOS et al., 2006).

As aves expostas a elevada temperatura e umidade relativa do ar, sofrem aumento da frequência respiratória, que constitui a principal e mais eficiente forma de dissipar calor (OLIVEIRA NETO et al., 2000), resultando em perdas excessivas de dióxido de carbono (CO_2). Assim, a pressão parcial de CO_2 (pCO_2) diminui, levando à queda na concentração de ácido carbônico (H_2CO_3) e hidrogênio (H^+). Em resposta, os rins aumentam a excreção de HCO_3^- e reduzem

a excreção de H⁺ na tentativa de manter o equilíbrio ácido-base da ave. Esta alteração do equilíbrio ácido-base é denominada de alcalose respiratória (YAHAV et al., 1995; BORGES et al., 2003).

A verificação da frequência respiratória das aves é realizada visualmente, o que facilita sua mensuração e, conseqüente, tomada de decisão. Para frangos de corte existem diversas indicações a respeito da frequência respiratória ideal para o ciclo de criação em condição de conforto, cujos valores variam desde 20 mov.min⁻¹ (SWICK, 1998) a 160,4 mov.min⁻¹, aos 35 dias de idade (MARCHINI et al., 2007).

Pesquisa como a de Marchini et al. (2007), estipulou faixas para frequência respiratória (mov.min⁻¹) de frangos de corte machos até os 42 dias de idade, em que as aves foram mantidas em ambiente com temperatura dentro da zona de termoneutralidade (grupo TN) e no outro, as aves foram submetidas a temperatura ambiente de 38°C, das 12 às 13h00, do primeiro aos 27º dia de idade e, a 40 °C, por uma hora do 28º ao 42º dia de idade (grupo ST) e concluíram que a frequência respiratória reduz com a idade para as aves em termoneutralidade; e que frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada apresentam aumento na frequência respiratória e na temperatura cloacal.

3.1. Temperatura superficial corpórea

A produção de calor corporal é resultado da atividade metabólica do animal, que é influenciada por diversos fatores, entre eles a temperatura do ambiente externo, o tamanho, o peso, a nutrição e o isolamento térmico do animal (BAÊTA e SOUZA, 2010).

A temperatura de superfície corpórea de um animal refere-se à quantidade de energia térmica estocada por unidade de massa corporal. Essa energia pode ser aumentada ou diminuída pelos processos de termogênese e termólise, respectivamente. Nesses processos estão envolvidos mecanismos comportamentais, autônomos e adaptativos (SILVA, 2000).

O conforto térmico é de grande importância para as aves preservarem a temperatura corporal durante o crescimento e as mudanças térmicas ambientais (ABREU e ABREU, 2011). De acordo com Yahav et al. (1995), a temperatura

crítica alta para frangos de corte em crescimento/terminação é a partir de 29°C, com umidade relativa do ar acima de 70%.

Segundo Funk e Fonseca (2008), as aves possuem o aparelho termorregulador pouco desenvolvido, tornando-as sensíveis ao frio quando jovens e ao calor quando adultas. A perda de calor para o ambiente está relacionada com a temperatura superficial da ave, que consiste em um somatório das contribuições ponderadas pela área de cada parte do corpo (Nascimento et al, 2011).

Richards (1971) considera a temperatura superficial corpórea (TSC) de frangos de corte, com base na contribuição de cada parte do corpo da ave de acordo com os pesos (Equação 1):

$$TSC = 0,03T_{crista} + 0,70T_{dorso} + 0,12T_{asa} + 0,06T_{cabeça} + 0,09T_{perna} \quad (1)$$

Para Dahlke et al. (2005), a temperatura superficial média (TSM) é representada pelos pesos seguintes (Equação 2) e a temperatura corporal (TC) obtida pela Equação 3:

$$TSM = 0,12T_{asa} + 0,03T_{cabeça} + 0,15T_{perna} + 0,70T_{dorso} \quad (2)$$

$$TC = 0,7T_{cloacal} + 0,3TSM \quad (3)$$

Richards (1971) e Dahlke et al. (2005), evidenciam que as partes cobertas por penas contribuem de maneira diferente a perda de calor quando comparadas as partes de pele exposta.

Dahlke et al. (2005) avaliaram 360 frangos de corte de dois diferentes genótipos, sendo 180 da linhagem Cobb (rápido ganho de peso) e 180 da linhagem Isa Label JA 57 (crescimento lento), as aves foram criadas de 1 a 42 dias em 3 câmaras climáticas, sob três condições de temperatura: temperatura termoneutra de acordo com a idade das aves (5 a 7 dias de idade: 32°C; 8 a 14 dias de idade: 30°C; 15 a 21 dias de idade: 26°C e de 22 a 42 dias de idade: 24°C); temperatura alta, com a temperatura variando de 3 a 9°C acima da temperatura neutra e temperatura baixa com variações de 7 a 9°C abaixo da temperatura termoneutra. Os autores verificaram temperatura média superficial

(TMS) de 36,52°C para a condição termoneutra, de 34,23°C na condição de baixa temperatura e de 38,61°C sob estresse térmico por alta temperatura.

Fukayama et al. (2005) avaliaram o efeito do empenamento e da temperatura ambiente no desempenho zootécnico de aves e concluíram que a diminuição na cobertura de penas modifica a faixa de conforto térmico das aves, tornando-as mais adaptadas a altas temperaturas.

Segundo Nascimento (2010), a estimativa da temperatura superficial corpórea média de frangos de corte, deve ter como base a contribuição de cada parte do corpo da ave nas diferentes semanas de criação, uma vez que diversos aspectos fisiológicos das aves, como curva de crescimento e adaptação ao calor são variáveis.

A manutenção da temperatura corporal só é eficiente quando a temperatura ambiente estiver dentro dos limites toleráveis (NAVAS et al. 2016). A temperatura ambiente ideal para aves de corte em sua primeira semana de vida é de 32-35°C. Essa alta temperatura está associada ao fato de que a habilidade termorreguladora das aves só atinge sua plenitude entre 10 a 15 dias de vida. Já a partir de 49 dias de vida até o abate, essa temperatura ambiente ideal reduz para 20°C, devido ao desenvolvimento do sistema termorregulador, o aumento do metabolismo (crescimento rápido), a maior presença de penas como isolante térmico e a dificuldade de perda de calor por evaporação (ABREU e ABREU, 2011; NAVAS et al., 2016).

Uma das tecnologias atuais para avaliar a temperatura superficial emitida pela ave é o uso da luz infravermelha, ela que permite a identificação de valores distintos de temperatura radiante. Uma das vantagens dessa tecnologia é que as medições podem ser feitas sem causar perturbação aos animais o que proporcionaria maior precisão (NAVAS et al, 2016).

Todo objeto com temperatura acima do zero absoluto (0 Kelvin) emite radiação infravermelha (AUER, 2009). O processo de transferência de calor sempre ocorre quando existe diferença de temperatura entre corpos ou entre um corpo e o ambiente pelos mecanismos de radiação, condução e convecção. O método termográfico está relacionado apenas à radiação, em que os sensores termográficos trabalham na faixa da região infravermelha, do espectro eletromagnético (JARRETA NETO, 2009).

A termografia por infravermelho segundo Altoé e Oliveira Filho (2012), é uma técnica não invasiva a qual pode ser utilizada para determinar a temperatura

superficial de objetos e a observação de padrões de distribuição de calor. Segundo Brioschi (2011), é um método de diagnóstico por imagem, que por meio de sensor acoplado a um sistema computacional, mensura a radiação infravermelha emitida pela superfície cutânea, com sensibilidade de 0,05 °C, sem contato físico.

O cálculo dessa temperatura leva em consideração os fatores de emissividade da superfície do objeto medido e a compensação da temperatura refletida (AUER, 2009). O sensor da câmara termográfica converte a radiação captada em pulsos elétricos, os quais são amplificados e convertidos em sinais digitais. Estes sinais são visualizados como imagens coloridas, em uma escala de cinza ou em cores, correspondentes a temperatura do objeto. Posteriormente, estas imagens podem ser analisadas por softwares específicos (SANCHES, 2009).

As instalações avícolas devem assegurar um ambiente de conforto térmico que proporcione ao animal expressar todo o seu potencial genético para produção, motivo pelo qual novas ferramentas estão sendo aplicadas para medir o conforto térmico animal destacando-se as câmeras termográficas (NASCIMENTO et al., 2014).

Desta forma, a análise termográfica é um importante método para se medir a temperatura superficial das aves, sem interferência na rotina do animal. Outras ferramentas para medição de temperatura superficial, por exemplo, o termômetro a laser, interfere no comportamento da ave pela proximidade que se deve ter do animal, causando estresse e alteração nas temperaturas superficiais (KOTRBA et al., 2007; SILVA et al., 2011).

Com o objetivo de propor um índice de conforto térmico para frangos de corte, baseado em lógica Fuzzy, Nascimento et al., (2011) utilizaram imagens térmicas por infravermelho, para o registro dos dados de temperaturas superficiais das penas e da pele, considerando o grau de empenamento das aves. Para estimar as condições de conforto, alerta e perigo de estresse térmico de frangos de corte alojados em condições tropicais, sendo específico na estimativa de condições de perigo térmico.

As diferenças regionais na temperatura superficial através de imagens térmicas e o efeito do ambiente semiárido e do tamanho da partícula do milho no desempenho, qualidade do ovo e perda de calor sensível para poedeiras de pescoço pelado foram avaliadas por Souza Júnior. et al., (2012). Os autores

concluíram que a transferência de calor sensível se apresentou como mecanismo de dissipação térmica, em que o aumento nos níveis de radiação e temperatura do ar causaram diminuição significativa na perda de calor por radiação, mas a convecção foi elevada em alta temperatura ambiente, devido ao aumento na movimentação do ar.

A termografia por infravermelho apresenta como principais vantagens à rapidez de inspeção, a possibilidade de interpretação das imagens em tempo real e não invasiva, que pode ser utilizada para determinar a temperatura superficial de objetos e animais. Entre as desvantagens do método destaca-se a necessidade dos componentes inspecionados possuírem pequena espessura e o custo relativamente alto para aquisição dos equipamentos (TARPANI et al., 2009; ALTOÉ e OLIVEIRA FILHO, 2012).

As imagens processadas no estudo de Nääs et al. (2010a) indicaram que, as partes sem penas apresentaram maior temperatura devido à maior vascularização na presença de ambiente quente e que representam maior potencial de perda de calor sensível.

Nääs et al. (2010b) avaliaram a distribuição da temperatura superficial usando o processamento de imagens de câmera termográfica infravermelho, para caracterizar a temperatura superficial de frangos de corte de 42 dias de idade, no período anterior à apanha para o abate, e observaram uma alta correlação entre regiões sem penas e a temperatura ambiente, mostrando que estas áreas respondem rapidamente a alterações no ambiente do alojamento.

3. Índices de conforto térmico

As altas temperaturas associadas à umidade do ar, também elevada, afetam negativa e significativamente a temperatura retal e a frequência respiratória (MAGALHÃES et al., 1998) e, podem provocar sérios problemas relacionados ao conforto térmico e ao bem-estar dos animais. Com isso, o conforto térmico dentro das instalações está diretamente relacionado com o calor produzido pelos animais, o calor que é absorvido por meio da radiação solar, o calor trocado pelos materiais de cobertura, paredes, piso ou cama e às trocas térmicas provocadas pela ventilação, natural ou artificial (CASTRO, 2012; GRIFFITH, 1999).

Rodrigues et al., (2010) e Nascimento et al. (2011) evidenciam que as condições micrometeorológicas das instalações e a estimativa de conforto térmico na avicultura moderna são utilizadas como elementos decisivos para acionar sistemas de climatização no tempo correto, diminuindo perdas e aumentando rendimentos.

De acordo com Marta Filho (1993), para a determinação dos níveis de conforto térmico ambientais, diversos índices têm sido desenvolvidos, sendo dependentes de vários parâmetros inter-relacionados, como temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar.

Os índices de conforto térmico foram classificados por Nããs (1989) em: biofísicos (troca de calor entre o corpo e o ambiente), fisiológicos (baseiam-se nas relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura ambiente, temperatura radiante média, umidade relativa do ar e velocidade do ar) e subjetivos (sensações subjetivas de conforto em face às variações dos elementos de conforto térmico).

Segundo Savastano Jr. et al. (1996), são exemplos de índice de conforto térmico, o índice de temperatura ambiente e umidade (ITU), o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), temperatura efetiva (TE), entalpia específica (h ; $\text{kJ kg de ar seco}^{-1}$) e carga térmica radiante (CTR, W m^{-2}). Medeiros et al. (2005) salientam que desses índices, o mais empregado até a década de 80 para avaliar o ambiente térmico animal foi o ITU e na década de 90, o ITGU.

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) é baseado nas medidas da temperatura de globo negro, da temperatura de ponto de orvalho e da temperatura ambiente (BUFFINGTON et al., 1981). Para Bedford e Warner (1934), a temperatura de globo negro é uma maneira de se indicar os efeitos combinados de radiação, convecção e sua influência no organismo vivo, muito utilizado como parâmetro para a avaliação das condições internas das instalações (SEVEGNANI, 1997).

Teixeira (1996) verificou que o limite mínimo de ITGU para que os frangos de corte não sofram estresse por frio na primeira semana de vida é de 78,6, na segunda semana de vida é de 67,4 e para aves entre a terceira e sexta semana de vida é de 65. De acordo com Oliveira et al. (2006), os valores de ITGU confortáveis para aves de corte são de $81,3 \pm 0,31$ (uma semana de vida); 77 (segunda semana de vida) e $74,9 \pm 1,65$ (terceira semana de vida).

A entalpia específica (h ; $\text{kJ kg de ar seco}^{-1}$), dentre os índices de avaliação de conforto térmico estudados, 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).

Segundo Barbosa Filho (2004), os limites de h considerados ideais para as aves estão entre 64 e 70 $\text{kJ kg de ar seco}^{-1}$. A facilidade de aquisição das variáveis necessárias para seu cálculo facilita o seu uso por parte dos produtores, a entalpia expressa a quantidade de energia presente no ambiente (QUEIROZ et al., 2012).

4. Visão das Aves

Segundo Mendes et al. (2010) as aves possuem olhos relativamente maiores em comparação com os humanos, composta por dois tipos de células fotorreceptoras na retina do olho, sendo estas, os bastonetes e cones, responsáveis pelas condições de visão normais durante o dia.

Os humanos possuem visão colorida tricromática, que envolve três tipos de cone simples, fotorreceptores na retina com absorção máxima a 420, 530 e 560 nm. Estes são comumente referidos como cones sensíveis ao azul, verde e vermelho. Por outro lado, as aves possuem quatro tipos distintos de cones simples e um de cone duplo (BOWMAKER et al., 1997). O tipo de cone simples adicional na retina das aves faz com que as aves apresentem visão tetracromática, isto é, teoricamente são capazes de distinguir duas vezes mais cores comparadas aos seres humanos (OSÓRIO, et al., 1999). Este quarto tipo de cone simples pode ser ultravioleta-sensível (UVS) (MAIER, 1992), ou violeta-sensível (VS) (HART, 2002).

De acordo com Araújo et al. (2011), a luz incide sobre a retina das aves e atinge áreas associadas do cérebro, representadas pela glândula pineal, pelo hipotálamo e pelos fotorreceptores; por via transorbitária ou craniana as aves respondem mais ao estímulo luminoso quando a iluminação é produzida por raios do final do espectro, como o roxo e o laranja, produzindo mais hormônios reprodutivos.

A energia contida nos fótons presentes na luz é transformada em estímulos nervosos que regulam o ritmo circadiano, também chamado de biorritmo

(representa o controle fisiológico das atividades metabólicas do indivíduo através da luz), coordenando eventos bioquímicos e comportamentais que influenciam no desempenho das aves (ARAÚJO et al., 2011).

Através da adoção de programas de iluminação, é possível manipular os parâmetros comportamentais e produtivos das aves, sendo assim, a aplicação da luz se encontra totalmente integrada às práticas modernas de criação, em que se faz necessário o correto planejamento do programa de iluminação, levando em consideração critérios de produção e legislação, para se obter um melhor desempenho (MENDES et al., 2010).

A manipulação do período de iluminação na avicultura é uma ferramenta muito útil e de baixo custo (NUNES et al., 2013). De acordo Mendes et al. (2010) o período de iluminação é essencialmente uma alteração na intensidade luminosa, assim, é esperado que a cor, que é basicamente uma alteração na intensidade em certos comprimentos de onda, afete o crescimento e o comportamento das aves.

5. Sistemas de iluminação na avicultura

A importância do sistema de iluminação no aviário não está restrita apenas a suplementação artificial, mas também a fonte de luz, comprimento de onda, intensidade luminosa, frequência e a distribuição espacial das lâmpadas, o que pode afetar os resultados finais em termos de qualidade e quantidade da produção (DEEP et al., 2010).

O sistema de iluminação permite as aves estabelecer ritmicidade e sincronizar muitas funções essenciais, incluindo a temperatura do corpo e várias etapas metabólicas que facilitam a alimentação e a digestão. De igual importância, a luz estimula padrões de secreção de vários hormônios que controlam, em grande parte, o crescimento, a maturação e a reprodução (OLANREWAJU et al., 2006).

A fonte de luz mais usada na avicultura é a fluorescente, que oferecem várias vantagens, como vida útil 20 vezes mais longa e quatro vezes mais eficiência energética que as antecessoras incandescentes. As lâmpadas fluorescentes emitem comprimentos de onda sensíveis às aves, embora sejam deficientes em comprimentos de onda na faixa do ultravioleta (DENBOW et al., 1990).

Para Jordan e Tavares (2005) as lâmpadas incandescentes, apresentam baixa taxa de conversão lm W^{-1} , da ordem de 15 lm W^{-1} , além de pequena durabilidade (vida útil de 1000 h), fato que aumenta os gastos com reposição. Dessa forma, admitem-se três substituições mais comuns para a lâmpada incandescente: fluorescente, iodetos metálicos e de alta pressão de sódio.

Estudo comparativo testou o efeito das seguintes lâmpadas: incandescente (100 W), fluorescente compacta (34 W), florescente (28 W), fluorescente (40 W), mista (160 W) e vapor de sódio (70 W), na produção de frangos de corte. As configurações de iluminação avaliadas não proporcionaram alteração nas respostas produtivas das aves, no entanto, as lâmpadas fluorescentes (28 W) foram as que apresentaram menor consumo de energia elétrica (LIMA et al., 2014).

A disponibilidade de novas tecnologias para a iluminação de aviários permite a substituição dos sistemas tradicionais por fontes de luz mais econômicas e eficientes. As lâmpadas utilizadas para a iluminação de galpões de frangos de corte apresentam elevado consumo de energia elétrica, baixa durabilidade, necessidade de limpeza constante e dificuldades para o correto descarte, quando comparado aos sistemas de iluminação a base de diodos emissores de luz (LED). Diante dessa realidade as lâmpadas de LED têm despertado grande interesse, pois além de ser extremamente econômico, apresenta vida útil longa (PAIXÃO et al., 2011). No entanto, os efeitos dos espectros luminosos emitidos por esse tipo de lâmpada ainda é objeto de inúmeras pesquisas científicas.

Apesar de oferecer diversas vantagens, os LEDs ainda apresentam custo elevado, o que reduz o número de produtores avícolas dispostos a substituírem seus sistemas de iluminação. Para a produção avícola as lâmpadas LED apresentam a versatilidade de emissão de luz monocromática, o que possibilita oferecer as aves complementos de ondas específicos de acordo com o manejo de produção adotado. Segundo Ferreira (2010) a vida útil da LED pode chegar a 100.000 horas, o que a torna muito superior aos atuais sistemas de iluminação, e a eficiência também é maior quando comparada com as lâmpadas incandescentes ou fluorescentes.

No Brasil a utilização de lâmpadas LEDs na avicultura é algo bastante recente, porém em outros países essa tecnologia já vem sendo utilizada há bastante tempo. A literatura tem demonstrando que a iluminação de galpões

avícolas por LEDs pode melhorar o desempenho produtivo (MENDES et al, 2010; MENDES et al., 2013), além de reduzir o consumo de energia elétrica (OLANREWAJU et al., 2011).

Mendes et al. (2013) estudaram o desempenho de frangos de corte (machos e fêmeas) expostos a LED de cor branca 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 branca. 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.

Nunes et al. (2017) ao avaliar os efeitos da iluminação artificial com LED vermelha em substituição às lâmpadas fluorescentes, no regime de iluminação de poedeiras comerciais em fase de produção, por meio da avaliação dos índices zootécnicos e qualidade e peso dos ovos. Concluíram que o LED vermelho pode ser empregado em substituição à lâmpada fluorescente, por apresentar mesmo desempenho e maior peso médio dos ovos, por ser uma alternativa eficiente e sustentável.

Em trabalho feito por Paixão et al. (2011) avaliando o desempenho produtivo de frangos de corte submetidos a dois tipos de iluminação (lâmpada fluorescente compacta e LED branca), observaram que a lâmpada de LED branca apresentou o mesmo efeito da lâmpada fluorescente no desempenho produtivo das aves (consumo de ração, peso vivo, conversão alimentar e mortalidade), concluindo que a substituição seria viável.

Machado et al., (2014) com objetivo de avaliar a temperatura superficial e o desempenho das aves nas diferentes fases de criação em dois galpões Dark House e dois tipos de lâmpada (Fluorescente e LED) concluíram que a temperatura superficial das aves durante o ciclo de criação no sistema de iluminação de LED comparado ao fluorescente, mostrou maior uniformidade da temperatura das aves dentro do galpão o que torna o LED uma alternativa viável nas instalações avícolas.

5.1. Variabilidade espacial na iluminação artificial

Para se maximizar a produtividade, é imprescindível aliar um elevado potencial genético do plantel, a uma alimentação com nível nutricional adequado, em ambiente asséptico e ajustado às necessidades das aves. Neste contexto, o conhecimento do ambiente térmico, acústico e de iluminação no interior do galpão é de vital importância para que os frangos de corte atinjam todo o seu potencial produtivo (YANAGI JUNIOR et al., 2011).

A intensidade da luz interfere no comportamento de frangos de corte (ALVINO et al, 2009; KRISTENSEN et al., 2007), a sua distribuição, a cor e a duração da luz afetam o desempenho e o bem-estar do lote (MENDES et al.,2010). Assim como o fotoperíodo, a fonte de luz, o comprimento de onda, a distribuição espectral e a distribuição espacial das lâmpadas no galpão afetam a quantidade e a qualidade da produção (BUYSE e SIMONS, 1996; LEWIS e MORRIS, 1998).

Portanto, por estar relacionada ao desenvolvimento e à saúde das aves, a iluminação adequada contribui para a obtenção de melhores resultados zootécnicos e econômicos da atividade (KAWACHI et al., 2008; MORAES et al., 2008), além da possibilidade de redução do consumo de energia elétrica.

Um adequado projeto de sistemas de iluminação para galpões de frangos de corte é primordial para o bom desempenho das aves. Dentre as metodologias para análise, destaca-se a geoestatística, que possibilita o estudo da variabilidade espacial do nível de iluminância nos galpões por meio da interpolação por krigagem. Desta forma, é possível obter mapas de isolinhas para compreender a distribuição espacial auxiliando no planejamento e controle da iluminação (FARIA et al., 2008; MIRAGLIOTTA et al., 2006; YANAGI JUNIOR et al., 2011).

Segundo Yanagi Junior et al. (2011), a espacialização das variáveis relacionadas ao ambiente produtivo proporciona a obtenção de informações mais detalhadas sobre o sistema estudado, sendo que, com a análise geoestatística é possível prever valores em pontos não amostrados além de obter modelos de semivariogramas e seus parâmetros.

Um ponto importante a ser observado sobre os parâmetros do semivariograma, diz respeito ao valor do efeito pepita. O efeito pepita mede a

variabilidade espacial não explicada entre a menor distância amostral (DIGGLE e RIBEIRO JÚNIOR, 2007).

Outro aspecto relevante no estudo do ambiente de produção trata da homogeneidade das variáveis no interior da instalação, que pode ser avaliada por meio da espacialização destas variáveis (YANAGI JUNIOR et al., 2011).

O estudo e a determinação da variabilidade espacial e a interpolação de variáveis aleatórias regionalizadas podem ser realizados utilizando a metodologia geoestatística. Dentro dessa metodologia o semivariograma é muito utilizado na determinação da estrutura de variabilidade espacial e da amplitude da dependência espacial das variáveis. Basicamente o semivariograma permite o exame da correlação espacial entre os pontos medidos da amostra, para avaliar o grau de semelhança entre amostras vizinhas, esperando-se que quanto mais próximas, espacialmente, elas forem selecionadas menor será a semivariância entre elas (maior semelhança) e quanto mais afastada menor será a semelhança (maior semivariância) (RONDON, 2011).

A técnica da geoestatística permite descrever espacialmente a variabilidade e se a localização espacial varia continuamente na área (DIGGLE e RIBEIRO JÚNIOR, 2007).

MIRAGLIOTTA et al., (2006) evidencia que a espacialização das variáveis do ambiente térmico, acústico e de iluminância possibilitam entender a relação existente entre estes fatores do ambiente produtivo e sua variação espacial. Outros autores também utilizaram a geoestatística como metodologia para avaliar condições de transporte de frangos de corte para o abate (BARBOSA FILHO et al., 2009), avaliações do ambiente produtivo (DAMASCENO, 2008) e na iluminação por meio de diodo emissor de luz em diferentes comprimentos de onda (MORRIL, 2014).

6. Influência da iluminação no comportamento de frangos de corte

As condições ambientais podem influenciar a produção (SILVA e SILVA, 1998), o comportamento (DAWKINS, 1999) e a condição fisiológica dos animais (FURLAN et al., 1999). As aves submetidas a condições ambientais desfavoráveis apresentam comportamento alimentar e físico, característicos (AMARAL et al., 2011).

O comportamento natural dos frangos de corte vem sofrendo alterações com o processo de domesticação, mas alguns tipos específicos de comportamentos foram mantidos, principalmente aqueles relacionados à vocalização, dominância e agressividade (NÄÄS et al., 2008). Duncan e Mench (1993) salientam que o comportamento das aves durante o ciclo de produção pode ser utilizado para identificar estados de sofrimento do animal, principalmente os estados de febre, frustração e dor em vários sistemas de produção animal.

A atividade das aves está intimamente relacionada com o programa e o sistema de iluminação. A manifestação de determinados comportamentos pode ser influenciada pelas características e condições de alojamento, dentre estas, os estímulos luminosos, tais como a iluminância, comprimento de onda e programa de luz (LEWIS et al., 2009; LEWIS, 2010).

A produção de frangos de corte é altamente dependente do uso de iluminação artificial, esta que é um fator amplamente utilizado para influenciar o comportamento das aves durante o ciclo de produção. Sendo assim, a alteração da iluminância em determinados comprimentos de onda (cores de luz), também pode afetar o comportamento de frangos de corte (PRAYITNO et al., 1997; RUTZ e BERMUDEZ, 2004).

Com a utilização de luz monocromática, tem-se a possibilidade de oferecer comprimentos de ondas que evitem à ocorrência de comportamentos que tragam prejuízos a criação de frangos de corte. Prayitno et al. (1997) relatam que frangos de corte expostos a luz vermelha são mais ativos, o que reduz o aparecimento de problemas locomotores no final da criação. Sultana et al. (2013) estudaram o efeito da mistura de cores no comportamento e resposta ao medo, os resultados mostraram que a luz vermelha e vermelho-amarelo ativaram os movimentos e a resposta de medo em frango de corte, enquanto o azul e o verde-azul diminuíram os movimentos e passaram mais tempo sentados.

Com relação à influência da iluminação no comportamento das aves, de acordo com Prescott et al. (2004), a iluminância é um aspecto do manejo da iluminação que pode ter importantes consequências para o comportamento de frangos de corte, desempenho e bem-estar.

Estudos como os de Alvino et al. (2009) e Deep et al. (2012) relatam uma redução no comportamento exploratório e de conforto quando os frangos de corte foram expostos a baixa iluminância, 5 e 1 lx, respectivamente.

Comportamento agressivo como canibalismo também podem ser reduzidos com a diminuição da intensidade de luz ou com a utilização de diferentes comprimentos de onda, iluminação monocromática (OLANREWAJU et al. 2006).

De acordo com Bessei (2006), o período de iluminação pode ajudar a garantir padrões de comportamento e ritmos circadianos normais e saudáveis. Kristensen et al. (2007) em estudo com frangos de corte, constataram que as aves na 6ª semana do ciclo de produção passaram 61% do tempo descansando sobre a cama, mas este comportamento não foi afetado significativamente pela fonte luminosa ou pela iluminância. Porém, os frangos demonstraram maior incidência do comportamento de investigar o ambiente em locais mais escuros em comparação a ambientes mais claros.

Os contrastes de intensidade influenciam os ritmos de atividade nas aves, pois de acordo com Blatchford et al. (2009), os frangos de corte são mais ativos quando criados com alta iluminância (180-200 lx), em vez de baixa (5-6 lx). Em outro estudo Blatchford et al. (2012), mencionam que houve pouco efeito do contraste de luz (L): escuro (E), (20L: 4E e 16L: 8E), sobre o comportamento e a saúde dos frangos de corte, porém houve um forte efeito de contrastes para iluminância. A acentuada iluminância foi associada a intensos ritmos diários de comportamento, enquanto que reduzida iluminância suprimia tais ritmos. A iluminância também teve um efeito sobre a saúde, luz mais brilhante foi associada a menor claudicação e luz fraca associada a olhos maiores e mais pesados.

6.1. Efeito da iluminância sobre as aves

A iluminância baseia-se no fluxo luminoso por área (lm m^{-2}), não tem relação com o comprimento de onda ou cor, porém, exerce influência no desenvolvimento, na produtividade e no comportamento dos animais (PRESCOTT et al., 2004).

Existe uma grande diferença na iluminância natural e artificial. Segundo Thery (2001), em um dia de sol a iluminância pode atingir 100.000 lx, enquanto que a encontrada em aviários no nível das aves pode ser inferior a 5 lx (PRESCOTT e WATHES, 1999). O Farm Animal Welfare Council (FAWC, 1992) cita como recomendação pelo menos 20 lx. Outro fator é que o espectro de luz natural contém comprimentos de onda entre 350 e 700 nm, enquanto que fontes

de luz artificial apresentam uma variação marcada em seu espectro emitido em alguns comprimentos de ondas e, portanto, diferem na cor (PRESCOTT e WATHES, 1999).

Estudo realizado no Sudoeste do Paraná, dedicado ao monitoramento da iluminância (lx) em 30 aviários para frangos de corte, Mendes et al. (2008), estabeleceram malha de 15 pontos para cada aviário, com ênfase na distribuição espacial da iluminância e comparou lâmpadas fluorescentes e incandescentes. Os resultados mostraram que os aviários equipados com lâmpadas fluorescentes apresentaram maior iluminância no nível das aves (27,8 lx), enquanto que as lâmpadas incandescentes disponibilizaram apenas 13,6 lx.

A iluminância é usada para aumentar a atividade das aves, como é o caso dos primeiros dias. A luz tênue é mais efetiva para controlar comportamentos agressivos como canibalismo (OLANREWAJU et al., 2011). A luz de baixo fluxo luminoso (lx) também ajuda a aumentar a eficiência alimentar, pois acarreta numa menor atividade e menor desperdício de ração.

As carcaças de frangos de corte apresentaram menor percentual de gordura e maior percentagem de proteína, quando submetidos a alta iluminância, comparado as aves expostas a baixa iluminância (CHARLES et al., 1992). Estudos realizados por Yahav et al. (2000) mostraram que a iluminância da ordem de 10 lx melhorou a conversão alimentar de perus e resultou num aumento do peso corporal e diminuição da ingestão de alimentos.

Em geral, é recomendado fornecer iluminância não inferior a 20 lx, até os sete dias de idade, para assegurar que os pintinhos encontrem a ração e os bebedouros e, de 5 lx desta data até a apanha. Em aviários com condições controladas, os produtores têm utilizado *dimmers* que permitem controlar a iluminância de forma regular e por curtos períodos de tempo, durante a criação dos frangos. O objetivo dessa prática é regular a atividade das aves, para reduzir problemas ósseos e estimular o sistema cardiovascular (LEWIS e MORRIS, 2006).

A baixa iluminância também tem sido associada à redução na atividade das aves (NEWBERRY et al., 1988), dificuldade de expressar comportamento social, como discriminação (KRISTENSEN et al., 2007), diminuição da sincronia comportamental em grupos e melhoria na produtividade (ALVINO et al., 2009). Estudos também mostram que a baixa iluminância pode provocar efeitos

adversos nos frangos de corte, devido a transtornos em sua visão e ritmos comportamentais (PRESCOTT et al., 2004; BLANCHFORD et al., 2009).

Estudo realizado por Olanrewaju et al. (2011), avaliou o impacto de 5 níveis de iluminância (25, 10, 5, 2,5 e 0,2 lx) sobre frangos de corte. Os resultados indicaram que a exposição das aves a iluminância entre 0,2 e 25 lx, não ofereceu risco ao bem-estar das aves e apontou redução da hiperatividade e bicagem danosa das aves, bem como redução nos custos com energia elétrica.

6.2. Efeito do comprimento de onda sobre as aves

É importante compreender que a luz é composta por comprimentos de onda do espectro eletromagnético, que indicam diferentes cores. Aves expostas a comprimento de ondas curto, azul (450 nm) e verde (530 nm), apresentam melhor ganho de peso e eficiência alimentar (KRISTENSEN et al., 2007). Mendes et al. (2010) mencionam que durante os primeiros dias da criação, a luz de onda curta estimulou o crescimento das aves, enquanto que a luz de onda longa acelerou a maturidade sexual. Os autores informam também que aves exposta a luz azul e verde (ondas curtas) mantêm-se mais calmas do que as expostas à luz branca ou vermelha (ondas longas).

Estudos de Rozemboim et al. (1999), mostraram que frangos de corte criados sob iluminação com lâmpadas monocromáticas azul ou verde, tornaram-se significativamente mais pesados do que os que foram criados sob luz vermelha ou branca.

Avaliando o desempenho produtivo e o desenvolvimento de fibras musculares com a estimulação e liberação da testosterona em 276 frangos de corte mantidos sob iluminação artificial a partir de LEDs nas cores: vermelho, verde, azul e branco, Chen et al. (2008) observaram que, na fase inicial, os frangos mantidos sob a luz monocromática verde apresentaram melhor desempenho. Já na fase seguinte, os frangos se desenvolveram melhor sob a luz monocromática azul. Estes autores comprovaram neste experimento, que as cores azul e verde promoveram um melhor crescimento de fibras musculares devido à estimulação mais eficaz da secreção de testosterona.

O estímulo da luz monocromática verde (15 lx) contínua durante a incubação e, a criação sob luz branca (30 lx), após o nascimento das aves, aumentou significativamente o ganho de peso, o crescimento muscular do peito

e melhorou a conversão alimentar de frangos de corte machos. Este efeito no crescimento não causou quaisquer alterações visíveis na composição química do músculo do peito ou nas características de qualidade da carne (ZHANG et al., 2012).

O crescimento e o desempenho produtivo de frangos de corte foram aumentados quando as aves foram criadas sob luz monocromática verde, durante a fase inicial e, luz azul durante a fase posterior, a iluminância de 15 lx. A luz monocromática azul e verde promoveu o crescimento de células musculares devido à estimulação mais eficaz da secreção de testosterona em frangos de corte (CAO et al., 2008).

Os efeitos das luzes monocromáticas, LEDs nas cores vermelho, verde, azul e branco, sobre a resposta imunitária, incluindo a produção de anticorpos, proliferação de linfócitos no sangue periférico T e do nível de interleucina-1 β (IL-1 β) de soro em frangos a os 21 dias de idade, verificou-se aumento de 80,8% na proliferação de linfócitos T no sangue das aves que foram submetidas ao LED de cor verde, quando comparados ao LED vermelho. Os resultados também mostraram que as luzes verdes e azuis aumentaram a resposta imunitária, sugerindo que a luz azul pode desempenhar um papel em aliviar a resposta ao estresse em frangos (XIE et al., 2008).

Estudos mais recentes sobre a preferência dos frangos de corte por diferentes cores em relação à idade, período do dia e comportamento, indicou sensibilidade das aves por diferentes comprimentos de onda depois dos 21 dias e, que os comportamentos associados dependem da idade e do período do dia, em condições tropicais. As cores vermelho e branco foram mais apreciadas que azul e verde e, no período da noite, o vermelho foi a cor preferida, por estimular a atividade das aves (SENARATNA et al., 2012). Rierson (2011) relata que as aves tiveram preferência pelas cores branca e vermelha em comparação ao azul e verde.

Jiang et al. (2012), estudando o efeito da cor da luz no crescimento e emissão de resíduos em frangos de corte, avaliaram as cores (branco, verde, azul, vermelho, amarelo e roxo), os resultados encontrados apontam que a luz na cor amarelo melhorou o desempenho e diminuiu a produção de resíduos até os 30 dias de idade. Firouzi et al. (2014), avaliaram a iluminação verde, azul, vermelha e amarela no desempenho, resposta imunológica e índices hematológicos em frangos de corte, os resultados mostraram que a luz verde foi

eficaz na redução da mortalidade total, enquanto que a luz amarela foi benéfica para o crescimento das aves.

Avaliando o desempenho do crescimento e características hematológicas de frangos de corte criados sob várias fontes de luz monocromática (amarelo, azul, branco, verde, vermelho), Kim et. al. (2014), concluíram que os glóbulos vermelhos do sangue, contagem de plaquetas e hematócrito em % foram numericamente maiores na luz amarela, enquanto que a contagem de células brancas do sangue em % de hemoglobina permaneceu inalterada.

Morril (2014), ao avaliar efeitos da iluminação monocromática, dicromática e policromática, por meio de diodo emissor de luz em diferentes comprimentos de onda, azul/verde (470 e 525nm), azul (470 nm), verde (525 nm), vermelho (660 nm) e branco (400-760 nm) no desempenho e comportamento de frangos de corte (machos e fêmeas) no decorrer do ciclo de produção, os resultados mostraram que as aves submetidas aos comprimentos de onda na faixa do verde, azul e verde/azul foram as que apresentaram melhor desempenho produtivo a partir da 5ª semana, com menor incidência de comportamentos agressivos e de desconforto; e que a iluminação azul exerceu maior influência no desempenho das aves aos 42 dias de idade, mostrando maior ganho de peso e peso vivo.

7. Referências

ABBISAAB, S.; SLEIMAN, F. T. Physiological responses to stress of filial crosses compared to local Awassi sheep. *Small Ruminant Research*, v.16, n.1, p. 55-59, 1995.

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N. Influência da cortina e do programa de luz no desempenho produtivo de frangos de corte e no consumo de energia elétrica. *Embrapa - Comunicado Técnico*, p. 1-4. 2006.

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.

ALTOÉ, L.; OLIVEIRA FILHO, D. Termografia infravermelha aplicada à inspeção de edifícios. *Acta Tecnológica*, v.7, n.1, p.55-59, 2012.

ALVINO, G. M., ARCHER, G. S., MENCH, J. A. Behavior time budgest of broiler chickens reared in varying light intensities. *Applied Animal Behavior Science*, v. 118, n.1-2, p. 54-61, 2009.

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

ARAÚJO, W. A. G., ALBINO, L. F. T., TAVERNARI, F. C., GODOY, M. J. S. Programa de luz na avicultura de postura. Revista Conselho Federal de Medicina Veterinária, v.17, n. 52. p. 58-65, 2011.

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/noticia/projecoes-e-perspectivas-da-avicultura-e-da-suinocultura-2285>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

AUER, D. O Guia de Bolso Testo para Termografia, Teoria – Aplicação Prática – Dicas & Truques. São Paulo, 56 p. 2009.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em edificações rurais: conforto animal. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010. 269 p.

BARBOSA FILHO, J. A. D. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens. Piracicaba: USP - ESALQ, 2004. 140p. Dissertação Mestrado.

BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, F.M.C.; SILVA, I.J.O.; GARCIA, D.B.; SILVA, M.A.N.; FONSECA, B.H.F. Transporte de frangos: caracterização do microclima na carga durante o inverno. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.12, p.2.442-2.446, 2009.

BEDFORD, T.; WARNER, C.G. The globe temperature in studies of heating and ventilation. Investigators to the Industrial Health Research Board, p.458-473, 1934.

BELUSSO, D. E HESPANHOL, A. N. A evolução da avicultura industrial brasileira e seus efeitos territoriais. Revista Percurso – NEMO, v. 2, n. 1, p. 25-51, 2010.

BESSEI, W. Welfare of broilers. World's Poultry Science Journal, v.62, n.3, p.455- 66, 2006.

BLATCHFORD, R. A.; KLASING, K. C.; SHIVAPRASAD, H. L.; WAKENELL, P. S.; ARCHERAND, G. S.; MENCH, J. A. The effect of light intensity on the behavior, eye and leg health, and immune function of broiler chickens. Poultry Science, v.88, n.1, p.20-28, 2009.

BLATCHFORD, R. A.; ACHER, G. S.; MENCH, J. A. Contrast in light intensity, rather than day length, influences the behavior and health of broiler chickens. *Poultry Science*, v.91, n.8, p.1768-1774, 2012.

BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. *Ciência Rural*, v.33, n.5, p. 975-981, 2003.

BOWMAKER, J. K., HEATH, L. A., WILKIE, S. E., HUNT, D. M. Visual pigments and oil droplets from six classes of photoreceptor in the retinas of broiler. *Vision Research*, v. 37, n.16, p. 2183-2194, 1997.

BRIOSCHI, M. L. Metodologia de normalização de análise do campo de temperaturas em imagem infravermelha humana. Paraná: UFP. 2011. 115p. Tese Doutorado.

BROOM, D.M. Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal*, v.142, n.6, p.524-526, 1986.

BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*, v.24, n.3, p.711-14, 1981.

BUYSE, J.; SIMONS, P. C. N. Effect of intermittent lighting, light intensity and source on the performance and welfare of broilers. *World's Poultry Science Journal*, v. 52, n. 1, p. 121-130, 1996.

CAO, J., LIU, W., WANG, Z., XIE, D., JIA, L., CHEN, Y. Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers via stimulating testosterone secretion and myofiber growth. *Poultry Science*, v. 17, n.2, p.211–218, 2008.

CASTRO, A.C. Avaliação da eficiência térmica de materiais utilizados como sistemas de cobertura em instalações avícolas. - USP - ESALQ, 2012. 99p. Dissertação Mestrado.

ÇENGEL, Y.A.; BOLES, M.A. Energy, energy transfer and general energy analysis. In: *Thermodynamics – An Engineering Approach*. 5th ed. New York: McGraw-Hill. chap. 2, p 77-136, 2007.

CHARLES, R. G., ROBINSON, F. E., HARDIN, R. T., YU, M.W., FEDDES, J., CLASSEN, H. L. Growth, body composition, and plasma androgen concentration of male broiler chickens subjected to different regimens of photoperiod and light intensity. *Poultry Science*, v.71, n.10, p.1595–1605, 1992.

CHEN, Y.; CAO, J.; LIU, W.; WANG, Z.; XIE, D.; JIA, L. Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers via stimulating testosterone secretion and myofiber growth. Poultry Science Association, Inc. Journal of Applied Poultry Research. v.17, n. 2, p. 211-218. 2008.

DAHLKE, F.; GONZALES, E.; GADELHA, A. C.; MAIORKA, A.; BORGUES, S. A.; ROSA, P. S.; FARIA FILHO, D. E.; FURLAN, R. L. 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.

DAMASCENO, F.A. Bem-estar do animal e do trabalhador em galpões avícolas climatizados. Lavras: UFLA, 2008. 220p. Dissertação de Mestrado.

DAWKINS. M.S. The role of behaviour in the assessment of poultry welfare. World's Poultry Science Journal, v.55, v.3, p.295-303, 1999.

DEEP, A., SCHWEAN-LARDNER, K., CROWE, T. G., FANCHER, B., CLASSEN, H. L. Effect of light intensity on broiler behaviour and diurnal rhythms. Applied Animal Behaviour Science, v. 136, n.1, p. 50-56, 2012.

DEEP, A., SCHWEAN-LARDNER, K., CROWE, T.G., FANCHER, B.I., CLASSEN, H.L. Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics and welfare. Poultry Science, v. 89, n.11, p.2326–2333, 2010.

DENBOW, D.M.; LEIGHTON, A. T.; HULET, R. M. Effect of light sources and light intensity on growth performance and behavior of female turkeys. British Poultry Science, v. 31, n.3, p.439-443-1990.

DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. Model-based geostatistic. New York: Springer, 2007. 230 p.

DUNCAN, I.J.H.; MENCH, J.A. Behaviour as an indicator of welfare in various systems. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON POULTRY WELFARE, 4., 1993, Potters Bar. Proceedings... Potters Bar: Universities Federation for Animal Welfare, 1993. p.69-80.

FARIA, F. F.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; MATARAZZO, S. V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. Ciência Rural, v. 38, n. 9, p. 2498-2505, dez. 2008.

FAWC - Farm Animal Welfare Council. Report on the welfare of broiler chickens. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, p. 9, 1992.

FAWC - Farm Animal Welfare Council. Animal welfare defined: the Five Freedoms, 2009. Disponível em:

http://cfhs.ca/info/understanding_animal_welfare/. Acesso em 16 de junho de 2015.

FERREIRA, R. A. F. Manual de Luminotécnica. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2010.

FERREIRA, R. A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 528p.

FIROUZI, S.; NAZARPAK, H. H.; HABIBI, H.; JALALI, S. S.; NABIZADEH, Y.; REZAAE, F.; ARDALI, R.; MARZBAN, M. Effects of Color Lights on Performance, Immune Response and Hematological Indices of Broilers. *Journal World's Poult.* v.4, n.2, p. 52-55, 2014.

FUKAYAMA, E. H.; SAKOMURA, N.K.; NEME, R.; FREITAS, E. R. Efeito da temperatura ambiente e do empenamento sobre o desempenho de frangos leves e semipesadas. *Ciência Agrotecnologia*, v.29, n. 6, p.1272 -1 280, 2005.

FUNCK, S. R. E FONSECA, R. A. Avaliação energética e de desempenho de frangos com aquecimento automático a gás e a lenha. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.1, p.91–97, 2008.

FURLAN, R.L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2º ed. Jaboticabal: FUNEP. Cap. 17, p.209-228, 2002.

FURLAN, R.L.; MACARI, M.; MORAES, V.M.B. Alterações hematológicas e gasométricas em diferentes linhagens frangos de corte submetidos ao estresse calórico agudo. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.1, n.1, p.77-84,1999.

FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P.V.de; TINÔCO, I.de F. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de acondicionamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.559-564, 2003.

GRIFFITH, B. T.; A, D. Buildings research using infrared imaging radiometers with laboratory thermal chambers. *Proceedings of the SPIE*, v. 3700, 1999.

HART, N.S. Vision in the peafowl (Aves: *Pavo cristatus*). *Journal of Experimental Biology*, v. 205, p.3925-3935, 2002.

HEINZEN, F.L. A realidade em uma pequena empresa da avicultura catarinense. Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/82486523/arealidade-em-uma-pequena-empresa-da-avicultura-catarinense>>. Acesso em: 15 de julho de 2016.

HÖTZEL, M. J., FILHO, L. C. P. M. Bem-estar Animal na Agricultura do Século XXI. *Revista de Etologia*, v.6, n.1, p.03-15, 2004.

JARRETA NETO, C. Termografia aplicada à detecção e dimensionamento de descontinuidades em tubulações de compósito. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 103p. Dissertação de Mestrado.

JIANG, J., Pan, J., Wang, Y., Ye, Z., Ying, Y. Effect of Light Color on Growth and Waste Emission of Broilers. In: International Livestock Environment Symposium. Valencia, 2012.

JORDAN, R.A.; TAVARES, M. H. F. Análise de diferentes sistemas de iluminação para aviários de produção de ovos férteis. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.3, p.420-423, 2005.

KAWACHI, I. M. et al. Efeito de programas de Luz sobre o desempenho e rendimento de carcaça, cortes comerciais e vísceras comestíveis de frangos de corte. ARS Veterinária, v. 24, n. 1, p. 59-65, 2008.

KIM, C. N.; LEE, S.R.; LEE, S. J. Effects of Light Color on Energy Expenditure and Behavior in Broiler. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. v.27, n.7, 2014.

KOTRBA, R.; KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; BARTOS, L. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. Journal of Thermal Biology, v.32, n.2, p.355–359, 2007.

KRISTENSEN, H. H.; PRESCOTT, N.B.; PERRY, G.C. The behavior of broiler chickens in different light sources and illuminances. Applied Animal Behaviour Science, v.103, n. 1-2, p.75-89, 2007.

LEWIS, P. D.; MORRIS, T. R. Responses of domestic poultry to various light sources. World's Poultry Science Journal, v. 54, n. 1, p. 7-25, 1998.

LEWIS, P., MORRIS, T. Lighting for broilers. In Poultry Lighting: The Theory and Practice, p. 145–148, 2006.

LEWIS, P.D.; DANISMAN, R.; GOUS, R.M. Photoperiodic responses of broilers. 1. Growth, feeding behaviour, breast meat yield and testicular growth. British Poultry Science., n.50, p.657-666, 2009.

LEWIS, P.D. Lighting, ventilation and temperature. British Poultry Science, v. 51, supplement 1, p. 35-43, 2010.

LIBONI, B. S.; YOSHIDA, S. H.; PACHECO, A. M.; MONTANHA, F. P.; SOUZA, L. F. A.; ASTOLPHI, J. L.; ASTOLPHI, M. Z. Diferentes programas de luz na criação de frangos de corte. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária. n.20, 2013.

LIMA, K. A.O.; NÄÄS, I.A.; GARCIA, R. G.; BORILLE, R.; FABIANA R. CALDARA, F. R. Impact of different light sources on broiler rearing environment. *Engenharia Agrícola*. v.34, n.3, p.428-434, 2014.

MACARI, M.; FURLAN, R. L. Ambiência na produção de aves em clima tropical. In: SILVA, I. J. (Ed.) *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, cap.2, p. 31-87. 2001.

MACHADO, E. S.; NÄÄS, I. A.; GARCIA, R. G.; ARAÚJO, F.E.; LIMA, N. D.S.; NUNES, K. C. Termografia infravermelha como medida de bem-estar para frangos de corte em diferentes fases de criação. Encontro de Pesquisa, Ensino e Extensão – ENEPEX - 8º ENEPE UFGD – 5º EPEX UEMS, 2014.

MAGALHÃES, J.A.; TAKIGAWA, R.M.; TAVARES, A.C.; TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A. Determinação da tolerância de bovinos e bubalinos ao calor do trópico úmido. In: reunião da sociedade brasileira de zootecnia, 35. 1998, Botucatu. Anais. Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.70-2.1998.

MAIER, E.J. Spectral sensitivities including the ultraviolet of the passeriform bird *Leiothrixlutea*. *Journal of Comparative Physiology A*, v. 170, n.6, p. 709-714, 1992.

MARCHINI, C.F.P.; SILVA, P.L.; NASCIMENTO, M.R.B.M.; TAVARES, M. Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. *Archives of Veterinary Science*, v.12, n.1, p. 41-46, 2007.

MARTA FILHO, J. Método quantitativo de avaliação de edificações para animais, através da análise do mapeamento dos índices de conforto térmico. Botucatu: UNESP, 1993. 159p. Tese Doutorado.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Índice térmico de produtividade ara frangos de corte. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, n.4, p.660-665, 2005.

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.

MENDES, A. S.; REFATTI, R.; POSSENTI, J.C. A iluminação na avicultura. *Avicultura Industrial*, p.34-40, 2008.

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

MIRAGLIOTTA, M. Y.; NÄÄS, I. A.; MANZIONE, R. L.; NASCIMENTO, F.F. Spatial analysis of stress conditions inside broiler house under tunnel ventilation. *Scientia Agricola*, v. 63, n. 5, p. 426-432, 2006.

MORAES, D. T.; LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C.; CANÇADO, S. V.; GONZALEZ, M.L.; AGUILAR, C. A. L.; LANA, A. M Q. Efeitos dos programas de luz sobre o desempenho, rendimento de abate, aspectos econômicos e resposta imunológica em frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 60, n.1, p. 201-208, 2008.

MORRIL, W. B. B. Iluminação por diodo emissor de luz e sua influência na produção de frangos de corte. Recife: UFRPE, 2014. 83p. Tese Doutorado.

NÄÄS, I. A., NASCIMENTO, G. R.; BARACHO, M. S.; MOURA, D.J. Utilização de Imagens Termográficas na Produção de Frangos de Corte. Artigo técnico, publicado em 19 de Maio de 2010a. Disponível em: <http://pt.engormix.com/MA-avicultura/administracao/artigos/utilizacao-imagens-termograficasproducao-t268/124-p0.htm>. Acesso em: 14 de maio de 2016.

NÄÄS, I. A., ROMANINI, C. E. B., NEVES, D. P., . NASCIMENTO, G. R.; VERCELLINO, R. A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. *Scientia Agricola*, v.67, n.5, p.497-502, 2010b.

NÄÄS, I.A. Princípios de conforto térmico na produção animal. São Paulo: Ed. Ícone, 1989. 183 p.

NASCIMENTO, G. R.; PEREIRA, D. F.; NÄÄS, I.A.; RODRIGUES, L. H. A. Índice fuzzy de conforto térmico para frangos de corte. *Revista Engenharia Agrícola*, v.31, n.2, p.219-229, 2011.

NASCIMENTO, G. R.; NÄÄS, I. A.; BARACHO, M. S.; PEREIRA, D. F.; NEVES, D. P. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 18, n. 6, p. 658-663, 2014.

NASCIMENTO, S. T. Determinação do balanço de calor em frangos de corte por meio das temperaturas corporais. Piracicaba: USP - ESALQ, 2010. 149p. Dissertação Mestrado.

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. *Revista Nutritime*, v.13, n.1, p.4550-4557, 2016.

NEWBERRY R. C., HUNT, J. R., GARDINER, E. E. Influence of light-intensity on behavior and performance of broiler-chickens. *Poultry Science*, v. 67, n.7, p. 1020-1025, 1988.

NUNES, K. C; GARCIA, R. G.; BORILLE, R.; NÄÄS, I. A.; SANTANA, M. R. LED como fonte de luz na avicultura de postura. *Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer*, v.9, n.17; p.1766. 2013.

NUNES, K. C.; GARCIA, R. G.; NÄÄS, I. DE A.; EYNG, C.; CALDARA, F.; SGAVIOLI, S.; ROMBOLA, L.G. Iluminação artificial com fitas de LED em substituição à lâmpada fluorescente para poedeiras comerciais. *Archivos Zootecnia*. v.66, n.253, p. 1-5. 2017.

OLANREWAJU, H. A.; THAXTON, J. P.; DOZIER, W. A.; PURSWELL, J. L.; ROUSH, W. B.; BRANTON, S. L. A review of lighting programs for broiler production. *International Journal of Poultry Science*, v. 5, n. 4, p. 301-308, 2006.

OLANREWAJU, H. A.; PURSWELL, J. L.; COLLIER, S. D.; BRANTON, S. L. Effect of varying light intensity on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens grown to heavy weights. *International Journal Poultry Science*. v.10, n.12, p. 921–926. 2011.

OLIVEIRA NETO, A.R.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; ROSTAGNO, H.S.; FERREIRA, R.A.; MAXIMIANO, H.C.; GASPARINO, E. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas controladas e dois níveis de energia metabolizável. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.1, p.183-190, 2000.

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.

OSÓRIO, D., VOROBYEV, M., JONES, C.D. Colour vision of domestic chicks. *Journal of Experimental Biology*, v.202, n.21, p.2951-2959, 1999.

PAIXÃO, S. J.; MENDES, A. S.; RESTELATTO, R.; MAROSTEGA, J.; SOUZA, C. DE.; POSSENTI, J. C. Desempenho produtivo de frangos de corte criados com dois tipos de lâmpadas. In: Congresso de ciência e tecnologia da

UTFPR, 2011, Dois Vizinhos. Anais... Dois Vizinhos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011. p. 339.

PEREIRA, A. K. Fatores térmicos ambientais e qualidade do ar no desempenho produtivo de frango de corte criados em alta densidade sob sistemas de ventilação positiva. Viçosa: UFV, 2006. 97p. Dissertação de Mestrado.

PRAYITNO, D. S., PHILLIPS, C. J. C., STOKES, D. K. The effects of color and intensity of light on behavior and leg disorders in broiler chickens. *Poultry Science*, v. 76, n.12, p.1674–1681, 1997.

PRESCOTT, N. B.; KRISTENSEN, H. H.; WATHES, C. M. Light. In: *Measuring and Auditing Broiler Welfare*. C. Weeks and A. Butterworth, ed. CAB Int., Wallingford, UK. p. 101–116, 2004.

PRESCOTT, N.B., WATHES, C. M. Spectral sensitivity of the domestic fowl (*Gallus g.domesticus*). *British Poultry Science*, v. 40, n.3, p.332-339, 1999.

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. Núcleo de Estudos em Ambiência Agrícola e Bem-estar Animal (NEAMBE), 2012.

RICHARDS, S.A. The significance of changes in the temperature of the skin and body core of the chicken in the regulation of heat loss. *Journal of Physiology*, v. 216, n.1, p.1-10, 1971.

RIERSON, R. Broiler preference for light color and feed form, and the effect of light on growth and performance of broiler chicks. Kansas State University. 2011. Master of Science Thesis.

RODRIGUES, V. V.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. *International Journal of Biometeorology*, v.1, n.55, p.455-459, 2010.

RONDON, C. E. Variabilidade espacial de medidas de Iluminância em habitações populares em Cuiabá-MT. - Cuiabá – MT: UFMO, 2011. 110p. Tese de Doutorado.

ROZENBOIM, I.; BIRAN, I.; UNI, Z.; ROBINZON, B.; HALEVY O. The effect of monochromatic light on broiler growth and development. *Poultry Science*. v.78, n.1, p.135-138, 1999.

RUTZ, F. e BERMUDEZ, V. L. Fundamentos de um programa de luz para frangos de corte. In: Mendes, A. A, Nääs, I. A.; Macari, M. *Produção de frangos de corte*. Campinas: Facta, p.157-168. 2004.

SANCHES, I. J. Superposição de imagens de termografia e ressonância magnética: Uma nova modalidade de imagem médica tridimensional. Curitiba: UTFPR, 2009. 168p. Tese de Doutorado.

SANTOS, J.R.S.; SOUZA, B.B.; SOUZA, W.H.; CEZAR, M.F.; TAVARES, G.P. Respostas fisiológicas e gradientes térmicos de ovinos das raças Santa Inês, Morada Nova e de seus cruzamentos com a raça Dorper às condições do semiárido nordestino. Ciências Agrotécnicas, v.30, n.5, p.995-1001, 2006.

SAVASTANO JR, H.; LUZ, P. H. C.; FARIA, D. E.; et al. Estudo do desempenho de alguns sistemas de cobertura, visando o conforto térmico em aviários, e sua interrelação com a produção animal. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1996, Curitiba Anais... Campinas: Facta, 1996. p. 65,1996.

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

SENARATNA, D.; SAMARAKONE, T.S.; MADUSANKA, A.A.P.; GUNAWARDANE, W.W.D.A. Preference of broiler chicken for different light colors in relation to age, session of the day and behavior. Tropical Agricultural Research. v. 23, n.3, p. 193-203, 2012.

SEVEGNANI, K.B. Avaliação de tinta cerâmica em telhados de modelos em escala reduzida, simulando galpões para frangos de corte. Campinas: Unicamp, 1997. 64p. Dissertação de Mestrado.

SILVA, G. A.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; ZOTTI, C. A.; ALCÂNTARA, M. D. B.; MARQUES, B. A. Aplicação da termografia na avaliação da resposta fisiológica e gradientes térmicos de cabras anglos nubianas criadas no semiárido paraibano. V Congresso Brasileiro de Biometeorologia. Esalq/ USP, São Paulo, 17 a 19 de abril de 2011.

SILVA, I. J. O.; SILVA, M. A. N. Dicas de sucesso: fique por dentro de algumas medidas simples, voltadas à climatização da produção de frangos, que podem garantir o sucesso da criação neste verão. Avicultura Industrial, v.88, n.1059, p.46-47, 1998.

SILVA, R. G. Introdução à Bioclimatologia Animal. São Paulo, Nobel 2000. 286p.

SILVA, R.G. Biofísica ambiental – os animais e seu ambiente. Jaboticabal: Funep, 2008. 386 p.

SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C. Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: o caso da avicultura de corte brasileira. Archivos de Zootecnia, v. 59, n. 1, p. 113-31, 2010.

SOUZA JÚNIOR, J. B. F. Termorregulação e produção de ovos de galinhas label rouge em ambiente equatorial semiárido. Mossoró: UFERSA, 2012. 56p. Dissertação de Mestrado.

SULTANA, S.; HASSAN, MD.R.; CHOE, H. S.; RYU, K. S. The effect of monochromatic and mixed LED light colour on the behaviour and fear responses of broiler chicken. Avian Biology Research, v. 6, n. 3, p. 207-214, 2013.

SWICK, R.A. Broiler management in warm climates. American Soybean Association Technical Bulletin, Singapore, v.P040, p.1-5, 1998.

TARPANI, J. R.; ALMEIDA, E. G. R.; SIMÊNCIO E. C. A.; MOTA, L. P.; PAZ, J. H. A. A.; GUALBERTO, A. R. M.; CARDOSO, F. L. A., GATTI, C. A. Inspeção Termográfica de Danos por Impacto em Laminados de Matriz Polimérica Reforçados por Fibras de Carbono. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v.19, n.4, p. 318-328, 2009.

TEIXEIRA, V. H. Resfriamento adiabático evaporativo na edificação de maternidade para suínos. Jaboticabal: Unesp-FCA, 1996. 93p. Tese de Doutorado.

THERY, M., Forest light and its influence on habitat selection. Plant Ecology, v. 153, n.1, p. 251–261, 2001.

USDA - U.S. Department of Agriculture. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso em: 15 de junho de 2018.

XIE, D., WANG, Z. X., DONG, Y. L., CAO, J., WANG, J. F., CHEN, J. L., CHEN, Y. X. Effects of Monochromatic Light on Immune Response of Broilers. Poultry Science, v. 87, n.10, p.1535–1539, 2008.

YAHAV, S., HURWITZ, S., ROZENBOIM, I. The effect of light intensity on growth and development of turkey toms. Poultry Science, v. 41, n.1, p.101–106, 2000.

YAHAV, S.; GOLDFELD, S.; PLAVNIK, I.; HURWITZ, S. Physiological responses of chickens and turkeys to relative humidity during exposure to high ambient temperature. Journal of Thermal Biology, v. 20 n.3, p.245-253, 1995.

YANAGI JUNIOR, T.; AMARAL, A. G.; TEIXEIRA, V. H. e LIMA, R. R. Caracterização espacial do ambiente termoacústico e de iluminância em galpão comercial para criação de frangos de corte. *Engenharia Agrícola*, v.31, n.1, p.1-12, 2011.

ZHANG, L., ZHANG, H. J., QIAO, X., YEU, H. Y., WU, S. G., YAO, J.H. e QI, G. H. Effect of monochromatic light stimuli during embryogenesis on muscular growth, chemical composition, and meat quality of breast muscle in male broilers. *Poultry Science*, v.91, n.4, p.1026–1031, 2012.

Capítulo 1 – Variabilidade espacial da iluminância por diodo emissor de luz em módulos de criação para frango de corte

Resumo

A intensidade da iluminação e sua distribuição espacial no aviário afetam o comportamento, o bem-estar e o desempenho produtivo de frangos de corte. Portanto, objetivou-se com este estudo avaliar a distribuição espacial da iluminância por diodo emissor de luz (LED), tipo bastão nos comprimentos de onda branco e azul/verde, em diferentes níveis de iluminância no módulo de produção experimental para frangos de corte. Foram analisados três níveis de iluminância: 5; 20 e 150 lx, com a utilização de lâmpadas de LED, tipo bastão, composto por 24 LEDs, correspondentes a faixa do branco (400-760 nm) e do azul/verde (470 e 525nm). O arranjo da distância entre os bastões de LED foi definido conforme a iluminância pretendida, assim como a quantidade de lâmpadas utilizadas. A variação da iluminância no box de produção foi determinada com auxílio da geoestatística, em que se considerou malha amostral de 40 pontos, com espaçamento de 0,32 x 0,32m, aferidas com auxílio de um luxímetro, para o estudo da variabilidade espacial e a construção de mapas de krigagem. O uso da geoestatística possibilitou definir áreas com diferentes variabilidades espaciais para a variável iluminância, identificando áreas específicas no módulo de produção onde a iluminância não estava na intensidade pretendida.

Palavras-chave: avicultura, distribuição espacial, iluminação artificial

Chapter 2 - Spatial variability of light emitting diode in breeding modules for broiler chicken

Abstract

The intensity of illumination and its spatial distribution in the aviary affect the behavior, well-being and productive performance of broilers. Therefore, the objective of this study was to evaluate the spatial distribution of white-light-emitting diode (LED) illuminance in white and blue / green wavelengths at different levels of illuminance in experimental production modules for broiler chickens. Three levels of illuminance were analyzed: 5; 20 and 150 lx, with the use of LED bulbs, consisting of 24 LEDs, corresponding to the range of white (400-760 nm) and blue / green (470 and 525 nm). The arrangement of the distance between the LED sticks has been defined according to the desired illuminance, as well as the number of lamps used. The variation of the illuminance in the production box was determined with the help of geostatistics, in which a sample mesh of 40 points with a spacing of 0,32 x 0,32 m, measured with the aid of a luxmeter, was considered for the study of spatial and the construction of kriging maps. Using geostatistics, it was possible to define areas with different spatial variabilities for the illuminance variable, identifying specific areas in the production module where the illuminance was not at the desired intensity.

Keywords: poultry, spatial distribution, artificial lighting

1. Introdução

A iluminação artificial tem sido amplamente utilizada para promover o desempenho produtivo das aves. Estudos apontam que o programa de iluminação, a intensidade e o comprimento de onda de luz formam os três principais fatores que influenciam o crescimento, o consumo de alimentos, o ganho de peso, a eficiência alimentar e o bem-estar de frangos de corte (OLANREWAJU et al., 2014; DEEP et al., 2010).

A intensidade da luz interfere no comportamento de frangos de corte (ALVINO et al, 2009; OLANREWAJU et al., 2011; OLANREWAJU et al., 2014), a sua distribuição, a cor e a duração da luz afetam o desempenho e o bem-estar do lote (MENDES et al., 2010; QUEIROZ et al, 2017). Assim como o fotoperíodo, a fonte de luz, o comprimento de onda, a distribuição espectral e a distribuição espacial das lâmpadas no galpão de produção afetam a quantidade e a qualidade da produção (DEEP et al., 2010; PAIXÃO et al., 2011).

O posicionamento adequado das fontes de luz e sua distribuição estimulam as aves a procurar alimento, água e calor durante a fase de recria. Durante a fase de crescimento, a iluminação pode ser útil para moderar o ganho de peso e otimizar a eficiência da produção e a saúde do lote (MENDES et al., 2010). Desta forma, a avaliação dos níveis de iluminâncias é importante para o planejamento do programa de iluminação (RIBEIRO et al., 2016).

Um adequado projeto de sistemas de iluminação para galpões de frangos de corte é primordial para o bom desempenho das aves. Dentre as metodologias para análise, destaca-se a geoestatística, que possibilita o estudo da variabilidade espacial do nível de iluminância nos galpões por meio da interpolação por krigagem. Desta forma, é possível obter mapas de isolinhas para compreender a distribuição espacial auxiliando no planejamento e controle da iluminação (FARIA et al., 2008; MIRAGLIOTTA et al., 2006; YANAGI JUNIOR et al., 2011; MORRIL, 2014; RIBEIRO et al, 2016; QUEIROZ et al, 2017).

A espacialização das variáveis relacionadas ao ambiente produtivo proporciona a obtenção de informações mais detalhadas sobre o sistema estudado, sendo que, com a análise geoestatística é possível prever valores em pontos não amostrados além de obter modelos de semivariogramas e seus parâmetros (YANAGI JUNIOR et al., 2011).

O uso de lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) na produção de frangos de corte tem demonstrado alta eficiência luminosa, menor consumo de energia e maior vida útil quando comparado com as lâmpadas fluorescentes compactas, normalmente utilizadas nas instalações. Vários estudos avaliaram o uso de LED nas instalações e verificaram que não houve prejuízo à produção, além de contribuir para a economia de energia elétrica e redução do custo de manutenção do sistema de iluminação artificial (ER et al., 2007; GONGRUTTANANUN, 2011; PEREIRA et al., 2012; BORILLE et al., 2013; NUNES et al., 2013, RIBEIRO et al., 2016).

A influência do uso do LED e suas variações de cores na produção de ovos, na produção de frangos de corte e no comportamento das aves foram avaliados por vários autores (MIN et al., 2012; SILVA et al., 2012; HUBER-EICHER et al., 2013; HASSAN et al., 2014; MORRIL, 2014), entretanto poucas pesquisas são realizadas objetivando análise do efeito da iluminância e sua distribuição espacial no galpão de produção de frangos de corte.

Portanto, objetivou-se com este estudo avaliar a melhor distribuição espacial dos níveis de iluminâncias no interior de boxes de produção para frangos de corte equipados com lâmpadas de diodo emissor de luz (LED), tipo bastão nos comprimentos de onda branco e azul/verde, em diferentes níveis de iluminância nos boxes de produção experimental para frangos de corte.

2. Material e Métodos

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado em um galpão experimental para produção de frangos de corte, em outubro de 2017, no município de Carpina, estado de Pernambuco, na Estação Experimental de Pequenos Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (EEPAC/UFRPE), 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 (ALVARES et al., 2013).

O galpão experimental possui dimensões de 9,35 m de largura por 30,40 m de comprimento; altura de pé-direito de 2,84 m, sem a presença de forro; as laterais da instalação possuem fechamento em alvenaria, com mureta de 0,25 m

e tela plástica; telhado em duas águas, coberto com telhas de fibrocimento de 4 mm, beiral 1,5 m e orientação Nordeste-Sudoeste (Figura 1).

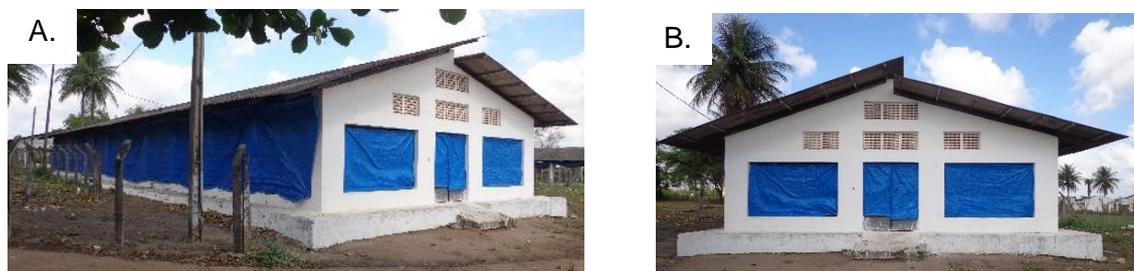


Figura 1. (A) Vista externa longitudinal e (B) transversal do galpão experimental para o alojamento das aves, Carpina – PE, 2017.

Os boxes de criação apresentavam área de 2,912 m²; 2,24 m de comprimento por 1,30 m de largura (Figura 2). Foram analisados três níveis de iluminância: 5 lx (I1); 20 lx (I2) e 150 lx (I3), com a utilização de lâmpadas de diodo emissor de luz (LED), tipo bastão, modelo SYM-MT24RGB-S-BAR-24-0,52 composto por 24 LEDs, correspondentes a faixa do branco (400-760 nm – C1), e azul/verde (470 e 525nm – C2).

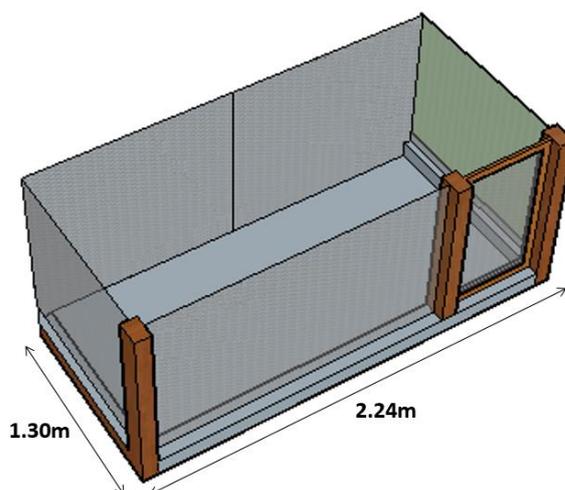


Figura 2. Dimensões do box de criação

Os bastões de LED foram instalados em tubos de PVC fixado longitudinalmente nas laterais dos boxes, a uma altura de 0,60 m do piso, para o alcance da iluminância da ordem de 150 lx e, a 0,80 m do piso para iluminâncias de 5 e 20 lx. A distância entre os bastões de LED foi definida

conforme a iluminância desejada, assim como a quantidade. Sendo utilizados um para a iluminância de 5 lx branca e azul/verde; um para a iluminância de 20 lx branca e azul/verde; seis para a iluminância de 150 lx branca e sete para a iluminância de 150 lx azul/verde.

A alimentação das lâmpadas foi ajustada por meio da mudança de tensão e corrente por um transformador, conforme metodologia estabelecida por Er et al. (2007). Para evitar a influência das interações fontes de iluminação e iluminância no box adjacente, foram utilizadas lonas plásticas pretas junto à tela de polietileno.

Foi realizado um estudo de variabilidade espacial da iluminância (lx) promovida pelo sistema de iluminação, em uma malha composta por 40 pontos, distribuídos uniformemente sob o piso dos boxes, em seus respectivos sistemas de iluminação, com espaçamento de 0,32 x 0,32 m entre cada ponto (Figura 3). A malha apresentou as seguintes dimensões: 1,30 m de largura por 2,24 m de comprimento, os dados foram registrados por meio de um luxímetro digital (Digital Lux Meter, MLM-1011) (Figura 4). Esse estudo foi realizado no período noturno, sem a presença dos animais, do comedouro, do bebedouro e da cama no interior dos boxes experimentais.

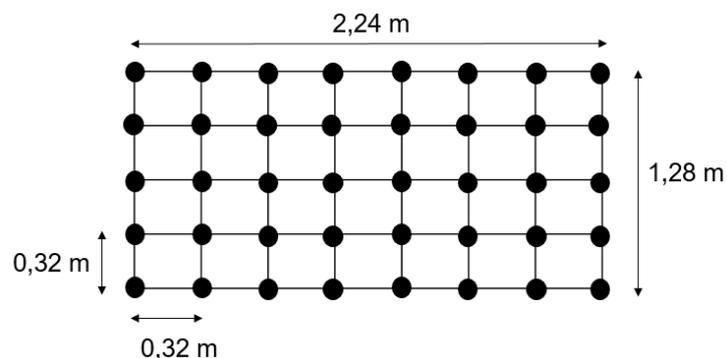


Figura 3. Malha regular dos pontos de registro da iluminância nos boxes de produção.



Figura 4. Luxímetro digital (Digital Lux Meter, MLM-1011).

A distribuição da iluminância foi analisada pela estatística descritiva, calculando-se a média, a mediana, o coeficiente de variação, o coeficiente de assimetria e o coeficiente de curtose. E a hipótese de normalidade dos dados analisada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 1% de probabilidade. E a variabilidade da iluminância foi avaliada de acordo com o critério de classificação do coeficiente de variação (C.V.) de Warrick e Nielsen (1980), de baixa variabilidade para $CV < 12\%$, média variabilidade para $12\% < CV < 62\%$ e alta variabilidade para $CV > 62\%$.

Foi verificado se a média e a covariância dos valores não apresentaram tendência, ou seja, se existe estacionaridade. O motivo desta análise se deve ao fato de que os dados devem satisfazer a condição de estacionaridade. E a dependência espacial verificada por meio de ajustes de semivariogramas (VIEIRA, 2000), com base na pressuposição de estacionaridade da hipótese intrínseca, a qual é estimada pela Equação 1.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Em que:

$N(h)$ é o número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ separados por uma distância h . O semivariograma é representado graficamente por $\gamma(h)$ versus h . Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\gamma(h)$ são estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita, C_0 ; patamar, $C_0 + C_1$; o alcance, a ; e a razão entre o efeito pepita e o patamar $(C_0)/(C_0 + C_1)$).

O alcance é a distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente. Patamar é o valor do semivariograma correspondente a seu alcance (a). Deste ponto em diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as amostras. Efeito pepita revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras. O efeito pepita mede a variabilidade não explicada em função da distância da amostragem utilizada, como variações locais, erros de análise, erros de amostragem e outros.

Para analisar o grau da dependência espacial da iluminância, foi utilizada a classificação de Cambardella et al. (1994), em que a dependência espacial é considerada fraca, quando a razão foi superior a 75 %; dependência espacial moderada, quando a razão foi superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % e dependência espacial forte, quando a razão foi inferior ou igual a 25 %. Essa metodologia tem sido usada por diversos autores (CARVALHO et al., 2012; PEREIRA et al., 2012; PONCIANO et al., 2013; MORRIL, 2014; YANAGI JUNIOR et al., 2011; RIBEIRO, 2015; RIBEIRO et al., 2016).

Os modelos de semivariogramas considerados foram ajustados por meio do programa GS+, e posteriormente foi realizada a interpolação dos dados por krigagem, a qual permitiu o desenvolvimento de mapas de isolinhas por meio do programa Surfer, com o objetivo da visualização espacial das iluminâncias. Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, considerou-se o maior valor do coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada pelo programa GEO-EAS, em que se observou a média próxima a “zero” e o desvio padrão próximo a “um”.

3. Resultados e Discussão

A análise do conjunto dos valores das médias, medianas, coeficientes de assimetria e curtose e o uso do teste Kolmogorov- Smirnov, evidenciou a normalidade dos dados analisados ao nível de 1% de significância (Tabela 1). Os valores para média e mediana ficaram próximos, segundo Little e Hills (1978), quando esse fato ocorre é porque, os dados apresentam ou se aproximam da distribuição normal, indicando que as medidas de tendência central não são dominadas por valores atípicos na distribuição (CAMBARDELLA et al., 1994).

A variável iluminância apresentou variabilidade média (Tabela 1), de acordo com o critério de classificação do coeficiente de variação (C.V.) de Warrick e Nielsen (1980). Os elevados valores de coeficiente de variação podem ser considerados como os primeiros indicadores da existência de heterogeneidade.

Tabela 1. Análise estatística descritiva da iluminância (lux) nos sistemas de iluminação estudados.

Estatística	Iluminância (lux)					
	Branca			Azul/verde		
	5lx	20lx	150lx	5lx	20lx	150lx
Média	7,53	19,85	122,50	6,38	19,58	127,05
Mediana	7,00	17,00	129,00	5,00	17,00	127,5
Mínimo	4,00	8,00	48,00	4,00	7,00	66,00
Máximo	14,00	41,00	180,00	12,00	42,00	175,00
Assimetria	0,75	0,99	-0,48	1,02	0,97	-0,32
Curtose	-0,39	0,61	-0,57	0,001	0,32	-0,46
C,V(%)	35,73	41,77	28,43	36,86	44,55	22,50
Desv, Padrão	2,69	8,29	34,83	2,35	8,72	28,59
KS	*	*	*	*	*	*

Coefficiente de Variação (%), KS = teste Kolmogorov-Smirnov, (*) Distribuição normal com nível de 1% de significância

As estimativas para os parâmetros do semivariograma experimental para a variável iluminância nos dois sistemas de iluminação avaliados estão listados na Tabela 2. O método de ajuste que melhor representou os dados foi o modelo esférico, corroborando com as análises de luminosidade realizadas por Yanagi Junior et al. (2011) em galpões para frangos de corte e Ribeiro et al. (2016) na produção de ovos em quatro andares de gaiolas para poedeiras.

Tabela 2. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as médias de iluminância (lux).

Iluminância	Modelo	Parâmetros dos semivariogramas				Validação Cruzada			
		Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)	$C_0/(C_0+C_1)$ (%)	Média	Desv. Padrão	r^2	
LED branco	5lx	Esférico	0,01	8,23	1,40	0,12	-0,01	0,47	0,96
	20lx	Esférico	0,10	96,29	1,37	0,10	-0,01	0,44	0,97
	150lx	Esférico	12,00	1685,00	1,89	0,71	-0,00	0,95	1,00
LED azul/verde	5lx	Esférico	0,01	9,03	1,66	0,11	-0,01	0,56	1,00
	20lx	Esférico	0,10	98,64	1,36	0,10	-0,02	0,60	0,96
	150lx	Esférico	1,00	912,90	1,52	0,11	-0,01	0,27	1,00

C_0 = Efeito pepita, (C_0+C_1) = patamar, $C_0 / (C_0+C_1)$ = efeito pepita em relação ao patamar. $C_0 / C_0+C_1 \leq 25\%$ = forte dependência espacial; $25\% < C_0 / C_0+C_1 \leq 75\%$ = moderada dependência espacial; $75\% < C_0 / C_0+C_1 < 100\%$ = fraca dependência espacial; $C_0 / C_0+C_1 = 100\%$ = variável independente espacialmente (efeito pepita puro).

A análise geoestatística dos dados mostrou que a variável iluminância (lx) apresentou forte dependência espacial nos sistemas de iluminação (Tabela 2), apresentando a razão do efeito pepita em relação ao patamar ($C_0 / (C_0+C_1)$) de 0,12; 0,10 e 0,71% para os níveis de iluminância de 5, 20 e 150lx na cor branca, respectivamente; e 0,11; 0,10 e 0,11% para os níveis de iluminância de 5, 20 e 150lx na cor azul/verde, respectivamente. A análise dos semivariogramas para iluminância não indicou nenhuma direção preferencial, ou seja, como afirma Vieira (2000), nesse caso, os dados não possuem anisotropia, a variabilidade espacial dos dados ocorre da mesma maneira em todas as direções.

Com exceção da iluminância de 150 lx para o comprimento de onda na faixa do branco, os dados avaliados apresentaram valores próximos a nulos de efeito pepita. Segundo Faria et al. (2008) o efeito pepita reflete a variabilidade não explicada em função da distância da amostragem utilizada, como variações locais, erros de análise, erros de amostragem, assim toda a variabilidade especial foi explicada nos tratamentos. Pereira et al. (2012), avaliando diferentes tipos de lâmpadas para galpões de frangos de corte também encontraram valor de efeito pepita igual a zero na grande maioria dos sistemas.

De acordo com Cambardella et al. (1994) o efeito pepita com valor inferior a 25% do valor obtido pelo patamar, indica uma forte dependência espacial na variável estudada. Esse resultado foi obtido para todas variáveis analisadas,

corroborando resultados obtidos por Morril (2014) ao analisar diferentes cores de LED para criação de frangos de corte e por Ribeiro et al. (2016), na análise da distribuição espacial dos níveis de iluminâncias no interior de galpões para produção de ovos equipados com lâmpadas de LED e fluorescente compacta. Entretanto, Yanagi Junior et al. (2011), avaliando a luminosidade em galpões para frangos de corte, encontraram fraca dependência espacial para a variável iluminação.

A partir da dependência espacial dos modelos de semivariograma foram estimados os valores de iluminâncias por krigagem. Logo, foi possível construir mapas de distribuição espacial para os três níveis de iluminância nas duas fontes de iluminação, permitindo visualizar a variabilidade espacial dos dados e as diferenças entre as intensidades e comprimentos de ondas emitidos pelas lâmpadas de LED.

A Figura 5 ilustra a espacialização da iluminância registrada nos boxes de produção equipados com seus respectivos sistemas de iluminação. A disposição e quantidades das fontes de iluminação adotados para os níveis de iluminância pretendidas, foi a que apresentou melhor distribuição de luz no módulo de produção.

Todos os tratamentos atingiram variação próxima ao pretendido, e ofereceram iluminância em todos os pontos do módulo de produção, de no mínimo 4lx. Corroborando com a recomendação de Bessei (2006); Lin et al. (2006) e Owada et al. (2007) que a iluminância pode ser de baixa intensidade, entretanto, acima de zero, em torno de no mínimo 1-5 lx.

Estudo realizado por Olanrewaju et al. (2011), avaliou a influência de 5 níveis de iluminância (25, 10, 5, 2,5 e 0,2 lx) sobre frangos de corte. Os resultados indicaram que a exposição das aves a iluminância entre 0,2 e 25 lx, não ofereceu risco ao bem-estar das aves e apontou redução da hiperatividade e bicagem danosa das aves, bem como redução nos custos com energia elétrica

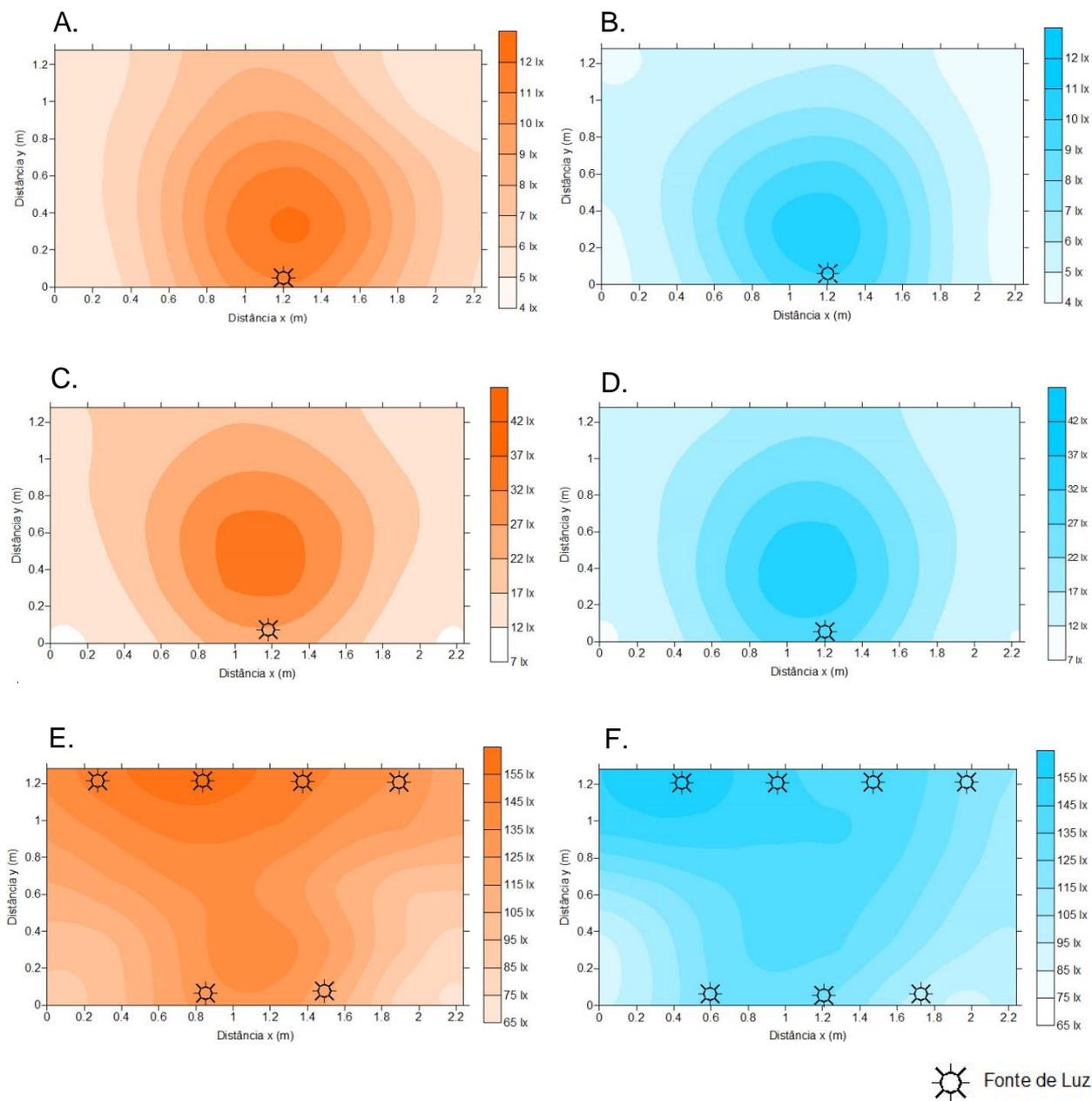


Figura 5. Mapas de krigagem para variável iluminância (lx) para os níveis de iluminância 5lx - branco (A), 5lx - azul/verde (B), 20lx - branco (C), 20lx - azul/verde (D), 150lx - branco (E) e 150lx - azul/verde (F).

4. Conclusões

Uso da geoestatística possibilitou definir áreas com diferentes variabilidades espaciais para a variável iluminância, identificando áreas específicas no módulo de produção com a iluminância adequada.

O arranjo dos bastões de LED utilizado, supriu a necessidade luminosa pretendida, no entanto, novos estudos com diferentes arranjos são necessários para determinar o mais eficiente e com menor custo econômico.

5. Referências

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. v. 22, n.6, p. 711–728 2013.

ALVINO G. M.; ARCHER G. S.; Mench, J. A. Behavioural time budgets of broiler chickens reared in varying light intensities. *Applied Animal Behaviour Science*, v.118, n.1-2, p.54–61, 2009.

BESSEI, W. Welfare of broilers: a review. *World's Poultry Science Journal*. v.62, n.3, p. 455-466, 2006.

BORILLE, R.; GARCIA, R. G.; ROYER, A. F. B.; SANTANA, M. R.; COLET, S.; NAAS, I. A.; CALDARA, F. R.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; ROSA, E. S.; CASTILHO, V. A. R. The use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 15, n. 2, p. 135-140, 2013.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.

CARVALHO, T. M. R.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; BUENO, L. G. F.; LIMA, K. A. O. Use of geostatistics on broiler production for evaluation of different minimum ventilation systems during brooding phase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.1, p.194-202, 2012.

DEEP, A., SCHWEAN-LARDNER, K., CROWE, T.G., FANCHER, B.I., CLASSEN, H.L. Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics and welfare. *Poultry Science*, v. 89, n.11, p. 2326–2333, 2010.

ER, D.; WANG, Z.; CAO, J.; Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. *The Journal Applied Poultry Research*, v. 16, n. 4, p. 605-612, 2007.

FARIA, F. F.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; MATARAZZO, S. V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. *Ciência Rural*, v. 38, n. 9, p. 2498-2505, 2008.

GONGRUTTANANUN, N. Influence of red light on reproductive performance, eggshell ultrastructure, and eye morphology in Thai-native hens. *Poultry Science*, v. 90 n. 12, p. 2855-2863, 2011.

HASSAN, R.; SULTANA, S.; CHOE, H. S.; RYU, K. S. Effect of combinations of monochromatic LED light color on the performance and behavior of laying hens. *Japan Poultry Science*, v. 51, n.3, p. 321-326, 2014.

HUBER-EICHER, B.; SUTER, A.; SPRING-STÄHLI, P. Effects of colored light-emitting diode illumination on behavior and performance of laying hens. *Poultry Science*, v. 92, n.4, p. 869–873, 2013.

LIN, H.; JIAO, H.C.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poultry Science Journal*, v.62, n.1, p.71-86, 2006.

LITTLE, T. M.; HILLS, F. J. *Agricultural Experimentation: Design and Analysis*. New York: John Wiley & Sons, 1978. p.350

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.

MIN, J. K.; HOSSAN, M. S.; NAZMA, A.; JAE, C. N.; HAN, T. B.; HWAN, K. K.; DONG, W. K.; HYUN, S. C.; HEE, C. C.; OK, S. S. Effect of monochromatic light on sexual maturity, production performance and egg quality of laying hens. *Avian Biology Research*, v. 5, n. 2, p. 69-74, 2012.

MIRAGLIOTTA, M. Y.; NÄÄS, I. A.; MANZIONE, R. L.; NASCIMENTO, F.F. Spatial analysis of stress conditions inside broiler house under tunnel ventilation. *Sciencia Agricola*, v. 63, n. 5, p. 426-432, 2006.

MORRIL, W. B. B. Iluminação por diodo emissor de luz e sua influência na produção de frangos de corte. 2014. 83f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

NUNES, K. C.; GARCIA, R. G.; BORILLE, R.; NÄÄS, I. A.; SANTANA, M. R. Led como fonte de luz na avicultura de postura. *Enciclopédia Biosfera*, v.9, n.17; p. 1765, 2013.

OLANREWAJU, H. A.; PURSWELL, J. L.; COLLIER, S. D.; BRANTON, S. L. Effect of varying light intensity on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens grown to heavy weights. *International Journal Poultry Science*. v.10, n.12, p. 921–926. 2011.

OLANREWAJU, H. A.; MILLER, W. W.; MASLIN, W. R.; COLLIER, S. D.; PURSWELL, J. L.; BRANTON, S. L. Effects of strain and light intensity on growth performance and carcass characteristics of broilers grown to heavy weights. *Poultry Science*, v.93, n.8, p.1890-1899, 2014.

OWADA, A. N., NÄÄS, I. D. A., MOURA, D. J. D.; BARACHO, M. D. S. Estimativa de bem-estar de frango de corte em função da concentração de amônia e grau de luminosidade no galpão de produção. *Engenharia Agrícola*, vol.27, n.3, pp.611-6182, 2007.

PAIXÃO, S.J.; MENDES, A.S.; RESTELATTO, R.; MAROSTEGA, J.; SOUZA, C.; POSSENTI, J. C. Preferência de frangos de corte criados sob distintos tipos de lâmpadas. In: Congresso de Ciência e Tecnologia da UTFPR Campus Dois Vizinhos - Paraná, p. 343-346, 2011.

PEREIRA, P. A.; YANAGI JUNIOR, T.; SILVA, J. P.; LIMA, R. R.; CAMPOS, A. T.; ABREU, L. H. P. Technical evaluation of artificial lighting systems for broiler houses. *Revista Engenharia Agrícola*, v.32, n.6, p.1011-1024, 2012

PONCIANO, P. F.; YANAGI, T.; FERRAZ, G. A. E. S.; SCALON, J. D.; SCHIASSI, L. Spatial variability of fair dry bulb temperature and black globe humidity index in a broiler house during the heating phase. *Revista Engenharia Agrícola*, v.33, n.3, p.432-444, 2013.

QUEIROZ, M. L. V.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; SALES, F. A. L.; LIMA, L. R.; DUARTE, L. M. Variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte com sistema de nebulização. *Revista Ciência Agronômica*, v.48, n.4, p.586-595, 2017.

RIBEIRO, P. A. P.; YANAGI JUNIOR, T.; OLIVEIRA, D. D.; FERRAZ, G. A. E. S.; LOURENÇONI, D. Spatial illuminance variability and energy consumption in aviaries for laying hens equipped with compact fluorescent lamps and light emitting diode. *Engenharia Agrícola*, v.36, n.6, p.962-971, 2016.

RIBEIRO, P. A. P. Avaliação do ambiente termo-lumínico e de produção em galpões de poedeiras comerciais equipados com diferentes tipos de lâmpadas. 2015. 125f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

SILVA, G. F.; TAVARES, B. O.; PEREIRA, D. F. Comportamento de poedeiras em função de diferentes fontes de iluminação monocromáticas. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v.6 n.3, p. 148-158, 2012.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R. F.; Alvarez, V.; Schaefer, C. E. G. R. (ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v.1, p.1-53.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). Applications of soil physics. New York: Academic, 1980. cap.2, p. 319-344.

YANAGI, T.; AMARAL, A. G.; TEIXEIRA, V. H.; LIMA, R. R. Caracterização espacial do ambiente termoacústico e de iluminância em galpão comercial para criação de frangos de corte. Engenharia Agrícola, v.31, n.1, p.1-12, 2011.

Capítulo 2 - Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes fontes de iluminação e iluminâncias

Resumo

A iluminância adequada em aviários para frangos de corte pode levar à melhoria da eficiência do ambiente de alojamento e do bem-estar das aves. Neste contexto, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o comportamento e o bem-estar de frangos de corte sob efeito da iluminância por lâmpadas de diodo emissor de luz na faixa do branco (400-760 nm) e azul/verde (470-525 nm), ao longo do ciclo de produção. O experimento foi conduzido de outubro a dezembro de 2017, no município de Carpina, estado de Pernambuco, na Estação Experimental de Pequenos Animais e contou com 384 pintos de um dia (lote misto), linhagem Cobb 500, submetidos a quatro níveis de iluminância: 5 lx; 20 lx; 150 lx e 5-20 lx (5lx na 1a,2a e 6a semana e 20 lx na 3a,4a e 5a semana). Utilizou-se programa de iluminação contínuo, 18 horas de luz e 6 horas de escuro dia-1, para todos os fatores de variação estudados. Foram avaliados os comportamentos ingestivos, postura, conforto e natural, agressividade e desconforto das aves. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2 e as variáveis comportamentais das aves foram determinadas pela frequência dos eventos e sua probabilidade de ocorrência pelo teste Qui-Quadrado. As aves submetidas aos comprimentos de onda na faixa do azul/verde e iluminância de 20 lx e 5-20 lx, apresentaram comportamentos ingestivos e de conforto mais expressivos, o que evidencia melhor bem-estar nessas condições de alojamento.

Palavras-chave: avicultura, bem-estar animal, iluminação artificial

Chapter 2 - Behavior of broilers submitted to different lighting sources and illuminances

Abstract

Proper illuminance in poultry for broiler chickens may lead to improved housing efficiency and broiler welfare. In this context, the objective of this research was to evaluate the behavior and welfare of broiler chickens under illumination effect by light-emitting diode in white band (400-760 nm) and blue / green (470-525 nm), throughout the production cycle. The experiment was conducted from October to December 2017, in the municipality of Carpina, state of Pernambuco, at the Experimental Station of Small Animals and had 384 day-old chicks (mixed batch), Cobb 500 strain, submitted to four levels of illuminance: 5 lx; 20 lx; 150 lx and 5-20 lx (5 lx at 1st, 2nd and 6th weeks and 20 lx at 3rd, 4th and 5th weeks). A continuous lighting program was used, 18 hours of light and 6 hours of dark day-1, for all the variation factors studied. The ingestive behaviors, posture, comfort and natural, aggressiveness and discomfort of the broiler were evaluated. The design was completely randomized, in a 4x2 factorial scheme and the behavioral variables of the broiler were determined by the frequency of the events and their probability of occurrence by the Chi-Square test. The broiler submitted to wavelengths in the blue / green range and illuminance of 20 lx and 5-20 lx, presented more expressive ingestive and comfort behaviors, which shows better well-being in these housing conditions.

Keywords: poultry, animal welfare, artificial lighting

1. Introdução

As linhagens modernas de frangos de corte possuem alto potencial genético, no entanto, devem ser fornecidas condições adequadas para permitir que as aves expressem plenamente esse potencial e lucrem com sua melhor produtividade. Um requisito essencial é o controle ambiental adequado (VERCELLINO et al, 2013). As aves submetidas a condições ambientais desfavoráveis apresentam comportamento alimentar e físico, característicos (AMARAL et al., 2011).

O comportamento das aves é um reflexo do seu estado de bem-estar em um determinado momento, e isso está relacionado à fatores internos (fisiológicos) e fatores externos (ambientais). Há vários comportamentos naturais que indicam bem-estar, assim como há comportamentos indesejáveis. A interpretação correta dos comportamentos expressos pelas aves, incluindo a sua frequência, duração e sequência, podem ser utilizados para estimar o seu bem-estar (COSTA et al., 2012).

Nas aves, o comportamento é um dos parâmetros 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 frangos (CORDEIRO et al., 2011). A frequência da manifestação de comportamentos pode ser influenciada pelas características e condições de alojamento, dentre estas, os estímulos luminosos, tais como a intensidade luminosa, cor e programa de luz (LEWIS, 2010), assim se faz necessário estudar os princípios da iluminação e sua importância diante da produção dos frangos de corte.

A iluminação é uma componente essencial do ambiente físico e um poderoso fator exógeno, que afeta o desenvolvimento fisiológico, os processos comportamentais e o bem-estar das aves domésticas (ONBASILAR et al., 2007; PARVIN et al., 2014). A iluminância desempenha um papel fundamental na saúde dos frangos de corte (BLATCHFORD et al., 2012).

A intensidade da iluminação é usada para aumentar a atividade das aves, como é o caso dos primeiros dias. A luz tênue é mais efetiva para controlar comportamentos agressivos como canibalismo (OLANREWAJU et al., 2011; OLANREWAJU et al., 2014). A luz de baixo fluxo luminoso (lx) também ajuda a

aumentar a eficiência alimentar, pois acarreta numa menor atividade e menor desperdício de ração.

Entretanto, alguns estudos mostraram que a baixa intensidade de luz tem efeitos negativos nas características de carcaça do frango, uniformidade precoce e maciez da carne, e está relacionada à incidência de doença na perna, defeitos oculares, distrofia, distúrbios esqueléticos (BLATCHFORD et al. 2009; DEEP et al., 2012; FIDAN et al., 2015; SENARATNA et al., 2016; RAULT et al., 2017). A alta intensidade de luz pode melhorar a atividade (BLATCHFORD et al., 2012; RAULT et al., 2017) e beneficiar a saúde óssea (BLATCHFORD et al., 2009), aumentar o crescimento e a porcentagem de músculo do peito (DEEP et al., 2013), além de propiciar a expressão dos comportamentos de conforto para frangos de corte (ALVINO et al., 2009). No entanto, a iluminação de alta intensidade pode aumentar os comportamentos agressivos e, portanto, comprometer a saúde e o bem-estar das aves (KJAER e VESTERGAARD, 1999).

É importante compreender que a luz é composta por comprimentos de onda do espectro eletromagnético, que indicam diferentes cores. Aves expostas a comprimento de ondas curto, azul (450 nm) e verde (530 nm), apresentam melhor ganho de peso e eficiência alimentar (KRISTENSEN et al., 2007; MORRIL, 2014). Mendes et al. (2010) mencionam que durante os primeiros dias da criação, a luz de onda curta estimulou o crescimento das aves, enquanto que a luz de onda longa acelerou a maturidade sexual. Os autores informam também que aves exposta a luz azul e verde (ondas curtas) mantêm-se mais calmas do que as expostas à luz branca ou vermelha (ondas longas).

Zhang et al. (2016), avaliaram o efeito do uso de lâmpadas de diodos emissores de luz (LED) na cor verde e na cor branca com iluminância de 30lx e do escuro (controle) na incubação e no desempenho de crescimento pós-eclosão de pintainho (1-6 dias de vida), e concluíram que fornecer iluminação artificial de LED na cor verde durante a incubação não tem efeito prejudicial sobre o desenvolvimento dos olhos, coração e fígado de embriões e pintainhos, mas tem benefícios potenciais em termos de aumento do crescimento do pintinho durante os primeiros estágios pós-nascimento. Além disso, os ovos férteis estimulados com LED verde durante a incubação não causaram efeito de superaquecimento.

Neste contexto, objetivou-se com esse estudo avaliar o comportamento e o bem-estar de frangos de corte sob efeito da iluminância por lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) na faixa do branco (400-760 nm) e azul/verde (470-525 nm), ao longo do ciclo de produção (42 dias).

2. Material e Métodos

Área de estudo

O experimento foi conduzido de 27 de outubro a 08 de dezembro de 2017, no município de Carpina, estado de Pernambuco, na Estação Experimental de Pequenos Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (EEPAC/UFRPE), latitude de 7,85° S, longitude de 35,24° O e altitude de 180 m (Figura 1). O clima da região é caracterizado como megatérmico (As), com precipitação de inverno e estação seca do verão até outono, segundo classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). Durante o período experimental, a precipitação acumulada foi de 15 mm com temperatura mínima de 20°C, temperatura máxima de 35°C e umidade média de 45% (APAC, 2017).

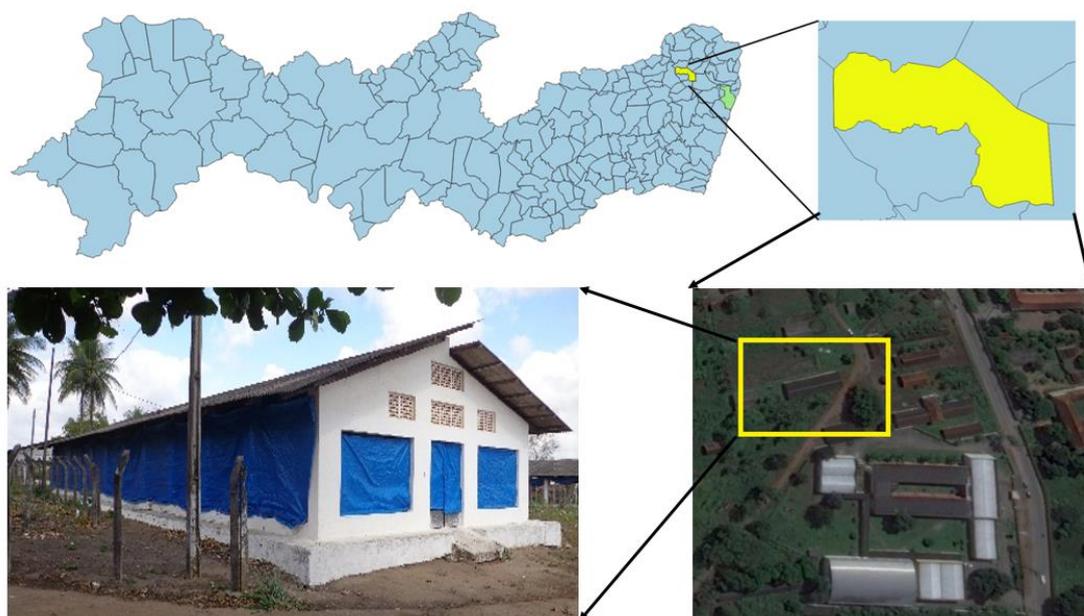


Figura 1. Localização da área de estudo.

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado em um galpão experimental para produção de frangos de corte, com dimensões de 9,35 m de largura por 30,40 m de comprimento; altura de pé-direito de 2,84 m, sem a presença de

forro; as laterais da instalação possuem fechamento com mureta de 0,25 m de alvenaria e tela plástica, piso de concreto e cama de maravalha; o galpão possui corredor central de 2,20 m de largura; telhado em duas águas, coberto com telhas de fibrocimento de 4 mm, beiral 1,5 m e orientação Nordeste-Sudoeste (Figuras 2 e 3). Durante o período experimental, a temperatura mínima, máxima e média do ar no interior do galpão foram da ordem de 23,7; 33,8 e 27,6°C, respectivamente; a umidade relativa mínima, máxima e média do ar no interior do galpão foram 52; 90 e 75%, respectivamente.

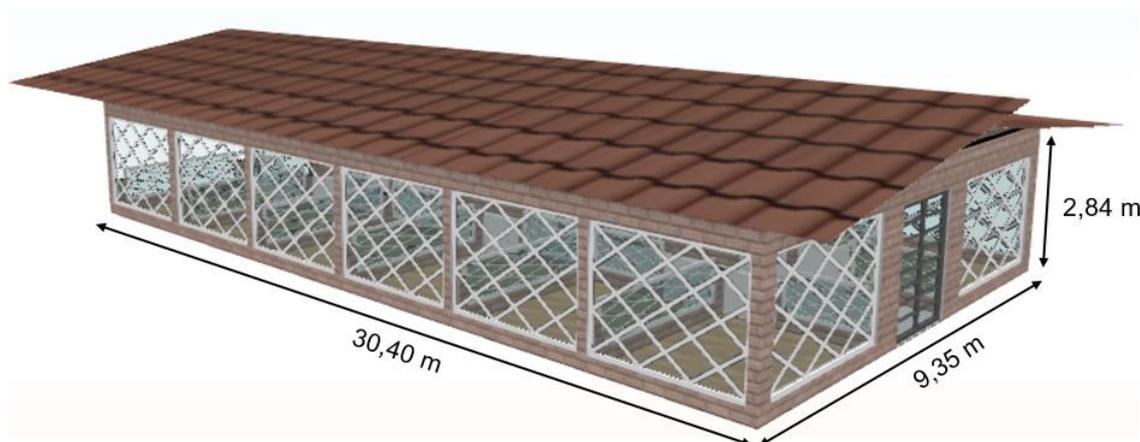


Figura 2. Dimensões do galpão experimental.

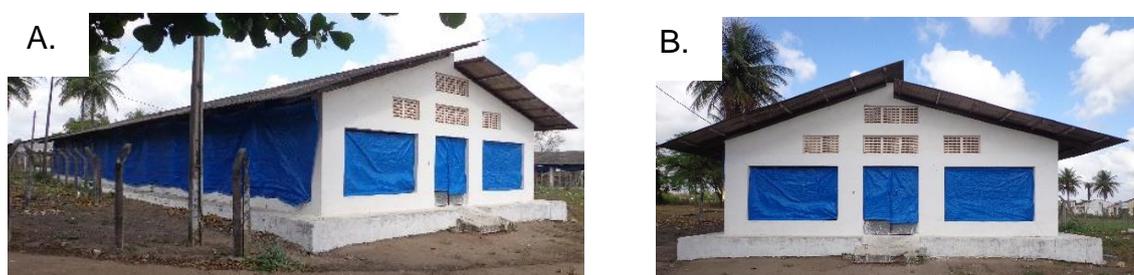


Figura 3. (A) Vista externa longitudinal e (B) transversal do galpão experimental para o alojamento das aves, Carpina – PE, 2017.

Manejo das aves

Foram adquiridos 384 pintos de um dia (lote misto), linhagem Cobb 500, de incubatório comercial. Para a realização do experimento, foram utilizados 24 boxes, cada um com área de 2,912 m²; para cada tratamento foram utilizados 3 boxes (repetições) sendo 2 boxes de 2,24 m de comprimento por 1,30 m de largura, e um box de 1,12 m de comprimento por 2,60 m de largura (Figura 4). Em cada box foi distribuído um total de 16 aves.

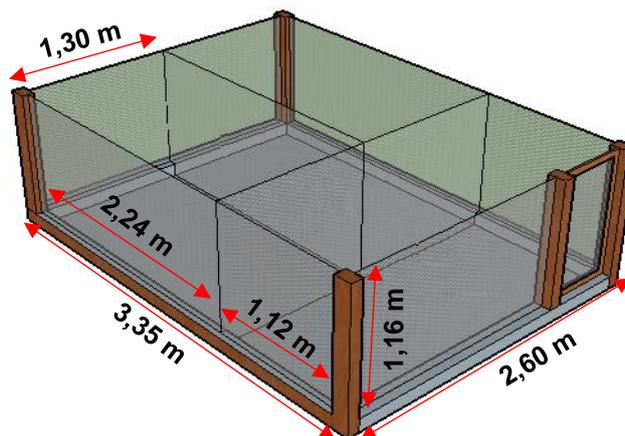


Figura 4. Ilustração do box experimental dividido em três mini boxes.

As aves foram submetidas a todas as recomendações de vacinação na fase inicial (Marek, Gumboro, Newcastle e Bronquite) (Manual Cobb 500™, 2008). Nos boxes de contenção as aves foram expostas a fonte de aquecimento por resistência elétrica de 150W, instaladas a altura de 0,50 m do piso e manejadas conforme o perfil de distribuição das aves, nas duas primeiras semanas do ciclo de produção e acionadas apenas a noite, nesta fase as cortinas permaneceram fechadas.

A ração e a água foram fornecidas à vontade em comedouros e bebedouros próprios de acordo com a fase de criação das aves. O período de criação foi de 42 dias.

Tratamentos

O experimento contou com quatro iluminâncias: 5 lx (I1); 20 lx (I2); 150 lx (I3) e 5-20 lx (5lx na 1ª, 2ª e 6ª semana e 20 lx na 3ª, 4ª e 5ª semana - I4), com a utilização de lâmpadas de diodo emissor de luz (LED), tipo bastão na cor monocromático branca (C1) e dicromático azul/verde (C2). Foi usado o programa de luz contínuo, 18 horas de luz (12h de iluminação natural e 6h de iluminação artificial) e 6 horas de escuro dia⁻¹ (18L:6E) em todos os fatores de variação e suas combinações, acionado por temporizador analógico modelo TMAØBC (Extraton indústria eletrônica LTDA), com acionamento das lâmpadas às 23h30 até às 05h30, quando o sistema de iluminação era desligado. As aves foram distribuídas nos boxes de produção conforme a intensidade de iluminação (I1, I2, I3 e I4) e fontes de luz (C1 e C2), com três repetições cada. Buscando evitar

interferências entre os diferentes sistemas de iluminação, foram instaladas lonas plásticas de coloração preta entre os boxes de produção.

Os bastões de LED foram fixados em um tubo de PVC fixado longitudinalmente nas laterais e/ou no centro dos boxes a uma altura de 0,60 m do piso nos tratamentos de iluminância de 150 lx, e a 0,80 m do piso nos demais tratamentos, de forma a manter a melhor malha de distribuição da iluminância dentro dos boxes. A distância entre os bastões de LED foi definida conforme a iluminância pretendida, assim como a quantidade. Sendo utilizados um para iluminância de 5lx branca e azul/verde; um para iluminância de 20lx branca e azul/verde; seis para iluminância de 150lx branca e sete para iluminância de 150lx azul/verde, por repetição. A alimentação das lâmpadas foi ajustada por meio da mudança de tensão e corrente por um transformador, conforme metodologia estabelecida por Er et al. (2007).

Comportamento das aves

Para a aquisição das imagens foram utilizadas oito microcâmeras coloridas modelo VMD S3020 IR, com infravermelho e lente de 3,6 mm (Figura 5), divididas sobre cada box experimental, com sistema wireless de transmissão dos dados digitais para um notebook, em que foram armazenados os vídeos e, posteriormente, realizada a análise visual pelo software Intelbras iSIC 6 (Figura 5C).

O comportamento dos frangos de corte foi avaliado por meio da análise de imagens digitais, em intervalos de tempo contínuos de 10 minutos, a cada hora do dia (totalizando 240 minutos diários por tratamento experimental), segundo metodologia adotada por Schiassi et al. (2015). Neste sentido, foram analisados cinco dias (um dia por semana), durante o período experimental.

A distribuição das câmeras no galpão se deu de forma a permitir o monitoramento das aves em cada iluminância e fonte de iluminação sem nenhuma interferência de equipamentos instalados no box (Figura 5A e 5B). As aves foram devidamente identificadas com violeta genciana, na cabeça, no dorso e nas asas (Figura 5D), para facilitar a visualização do observador. Foram avaliadas cinco aves por tratamento, possibilitando o monitoramento de 40 aves no total.

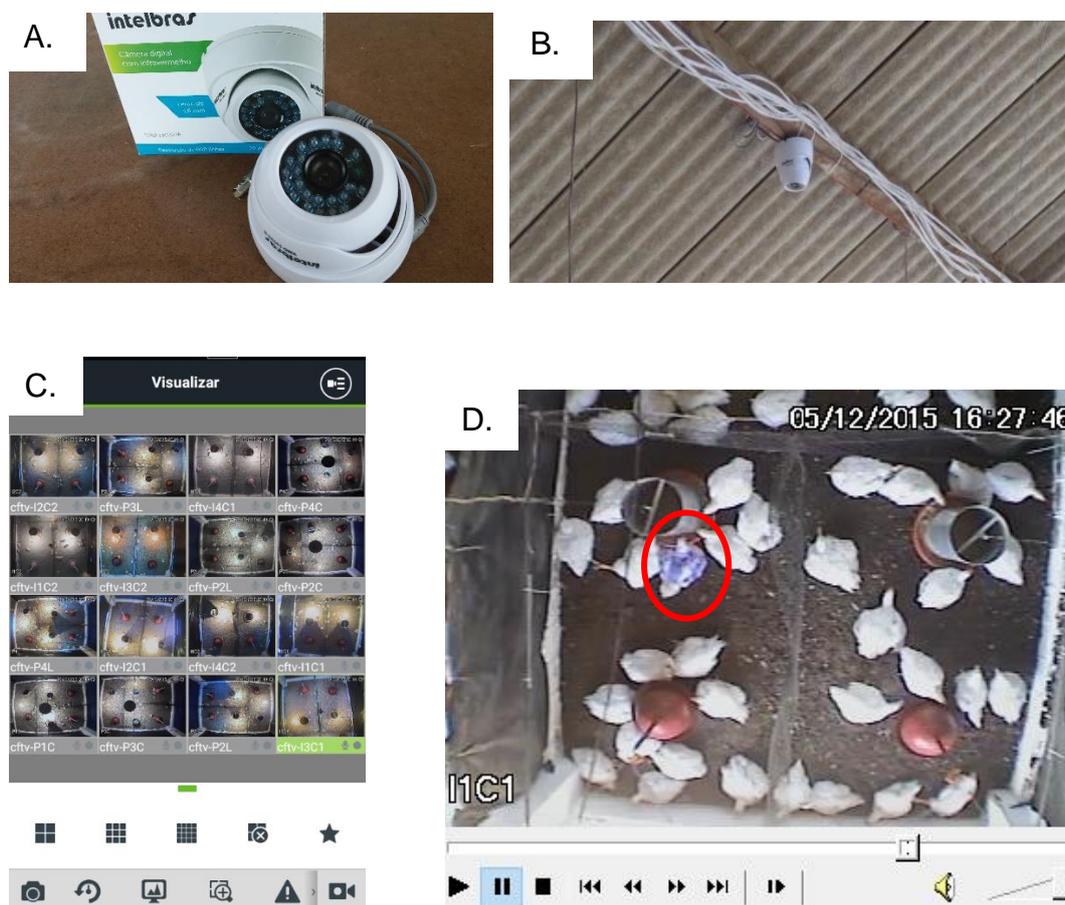


Figura 5. Câmeras utilizadas para registro de microfímagens das aves (A, B) e visualização do tratamento avaliado pelo software Intelbras iSIC 6 (C, D).

Foram verificadas as reações comportamentais com ênfase na caracterização do bem-estar animal e quantificadas com base no etograma comportamental adaptado (Tabela 1), descrito em estudos realizados por Rudkin e Stewart (2003); Alves et al. (2004); Barbosa Filho (2004); Mollenhorst et al. (2005); Nazareno et al. (2009); Morrill (2014); Lima et al. (2014) e Schiassi et al. (2015). Determinando-se a frequência e a porcentagem do tempo de observação em cada comportamento listado no etograma em seus respectivos tratamentos.

Tabela 1. Etograma comportamental para frangos de corte.

Comportamentos	Descrição
Sentada	Comportamento caracterizado quando o corpo das aves está em contato com o solo, piso ou cama.
Comendo	Consumindo ou bicando alimento do comedouro.
Bebendo	Consumindo água do bebedouro.
Explorando penas	Explorando o empenamento com o bico, tanto para manutenção, quanto para investigação.
Bicar não agressivamente	Bicar levemente outras aves, geralmente na região inferior ventral do pescoço, dorso, base e ponta da cauda ou abdômen.
Bicar agressivamente	Bicar forte de outra ave provocando reação agressiva ou defensiva, geralmente direcionada à região superior da cabeça e crista ou na região inferior dorsal do pescoço.
Bicar objetos	Bicar direcionada a objetos ou partes do box, com exceção ao comedouro e bebedouro.
Movimentos de conforto	Movimentos de esticar as asas e pernas do mesmo lado do corpo simultaneamente, sacudir e ruflar as penas, levantar parte de ambas as asas próximo ao corpo ou estender as pontas das asas e/ou bater asas.
Ciscando	Quando a ave explora seu território com seus pés e bico, direcionados ao piso.
Banho de “areia”	Revolvendo-se no substrato de cama ou no solo na área do piquete, espalhando-o pelo corpo.
Parada	Comportamento caracterizado quando a ave não apresenta nenhum movimento, ou aparentemente não se enquadra em nenhum dos comportamentos anteriores.
Movimento de desconforto	Movimentos de agressividade, esticar todo o corpo para aumentar a área de contato com a cama, bico aberto.

Para análise dos dados foi adotado delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo os tratamentos experimentais representados pelas diferentes combinações dos fatores de variação, iluminância e fonte de luz. As variáveis comportamentais das aves foram determinadas pela frequência dos eventos e sua probabilidade de ocorrência pelo teste Qui-Quadrado (X^2), por meio do software Statistcal Analysis System (SAS, 2007).

3. Resultados e Discussão

O estudo do comportamento assume papel importante dentro da produção animal, uma vez que as técnicas de manejo, alimentação e instalações interferem e dependem do comportamento animal.

A Tabela 2 apresenta a frequência e a porcentagem de tempo em que os frangos de corte expressaram comportamentos sob influência dos níveis de iluminância (5 lx - I1; 20 lx - I2; 150 lx - I3 e 5-20 lx - I4) e comprimentos de onda (branco - C1 e azul/verde - C2).

Nota-se que para a postura em pé as aves expostas a iluminância de 5lx azul/verde (I1C2) apresentaram maior frequência, seguido pelas aves submetidas a 20lx azul/verde (I2C2), 530 e 498, respectivamente. A iluminância de 5-20lx azul/verde (I4C2) demonstrou que as aves permaneceram menos tempo em pé, com frequência de 374. Neste sentido observa-se que as aves de I1C2 e I2C2 se mostraram mais ativa (em pé), e ocorreu o maior interesse em procurar o comedouro com frequência de observação da ordem de 341 e 354, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Frequência (Freq) e percentual (Perc., %) do tempo despendido na expressão comportamental dos frangos de corte submetidos aos tratamentos I1C1 (5lx/branca); I1C2 (5lx/azul/verde); I2C1 (20lx/branca); I2C2 (20lx/azul/verde); I3C1 (150lx/branca); I3C2 (150lx/azul/verde); I4C1 (5-20lx/branca) e I4C2 (5-20lx/azul/verde).

Trat.		Comportamentos												Total	
		Pé	Sen	Beb	Com	Bar	Boj	Bag	Bnag	Cisc	Exp	Mconf	Par		Mdesc
I1C1	Freq	393	807	129	208	11	9	1	5	52	88	36	649	12	2400
	Perc	2,05	4,2	0,67	1,08	0,06	0,05	0,01	0,03	0,27	0,46	0,19	3,38	0,06	12,5
I1C2	Freq	530	670	140	341	8	4	0	4	36	75	38	551	3	2400
	Perc	2,76	3,49	0,73	1,78	0,04	0,02	0	0,02	0,19	0,39	0,2	2,87	0,02	12,5
I2C1	Freq	397	803	128	213	18	14	1	13	41	115	22	627	8	2400
	Perc	2,07	4,18	0,67	1,11	0,09	0,07	0,01	0,07	0,21	0,6	0,11	3,27	0,04	12,5
I2C2	Freq	498	702	115	354	10	15	1	3	36	100	29	534	3	2400
	Perc	2,59	3,66	0,6	1,84	0,05	0,08	0,01	0,02	0,19	0,52	0,15	2,78	0,02	12,5
I3C1	Freq	392	808	120	210	9	2	2	3	60	89	31	665	9	2400
	Perc	2,04	4,21	0,63	1,09	0,05	0,01	0,01	0,02	0,31	0,46	0,16	3,46	0,05	12,5
I3C2	Freq	418	782	97	229	14	21	2	11	54	92	28	647	5	2400
	Perc	2,18	4,07	0,51	1,19	0,07	0,11	0,01	0,06	0,28	0,48	0,15	3,37	0,03	12,5
I4C1	Freq	377	823	138	180	18	8	2	5	26	122	26	672	3	2400
	Perc	1,96	4,29	0,72	0,94	0,09	0,04	0,01	0,03	0,14	0,64	0,14	3,5	0,02	12,5
I4C2	Freq	374	826	104	199	12	11	1	5	58	119	51	632	8	2400
	Perc	1,95	4,3	0,54	1,04	0,06	0,06	0,01	0,03	0,3	0,62	0,27	3,29	0,04	12,5
Total	Freq	3379	6221	971	1934	100	84	10	49	363	800	261	4977	51	19200
	Perc	17,6	32,4	5,06	10,07	0,52	0,44	0,05	0,26	1,89	4,17	1,36	25,92	0,27	100
Qui-quadrado		G.L.												Probabilidade	
387,3283		84												<0,0001	

Atividades comportamentais desenvolvidas pelos frangos de corte: em pé (Pé); sentado (Sen); bebendo (Beb); comendo (Com); banho de areia (Bar); bicagem agressiva (Bag); bicagem não agressiva (Bnag); ciscando (Cisc); explorando penas (Exp); movimento de conforto (Mconf); parada (Par) e movimento de desconforto (Mdesc).

A maior frequência de acesso das aves ao bebedouro foi no tratamento I1C2, e a menor em I3C2, com valores na ordem de 140 e 97, respectivamente (Tabela 2), assim nota-se que os frangos de corte submetidos a baixa iluminância (5lx), não tiveram dificuldade em localizar o bebedouro e o comedouro dentro do box de produção, esses comportamentos são uma motivação particularmente forte em frangos de corte que são selecionados para se desenvolver rapidamente (SCHWEAN - LARDNER e CLASSEN, 2010).

Entretanto, Carvalho et al. (2013) evidenciam que quando as aves estão submetidas a ambientes desconfortáveis, com altas temperaturas, o primeiro

efeito visível nos animais é a redução no consumo alimentar e aumento no consumo de água.

Os frangos de corte avaliados não apresentaram efeitos negativos quando submetidos a iluminância de 5lx e nem a combinação de 5-20lx.

Os comportamentos de sentada e parada foram os que mais se destacaram em todos os tratamentos. Apresentando a maior frequência sentada (826) e parada (672) nas aves expostas ao tratamento I4C2 e I4C1, respectivamente (Tabela 2). A postura sentada permite que as aves tenham maior contato com a cama, o que permite maior troca de calor (SANTOS et al., 2010; CARVALHO et al., 2013). Lima et al. (2014), salientam que o estado de ócio (sentada e parada), pode estar relacionado a inatividade natural dos frangos de corte quando próximos a idade de abate, quando podem passar até 80% do seu tempo em repouso.

Entretanto, Barbosa Filho et al. (2007) relatam que este comportamento pode ser visualizado com facilidade quando as aves se encontram em condições de estresse térmico, pois ocorre a necessidade de não se movimentarem muito em ambientes com valores de temperatura acima do desejado, visto que o contato com a cama, que certamente estaria a uma temperatura inferior à do corpo do animal, favorece a troca de calor por condução. As aves utilizam esse mecanismo de defesa uma vez que, ficando paradas, gastam menos energia (SEVEGNANI et al., 2005; BARBOSA FILHO et al., 2007).

Nota-se que nos comportamentos de conforto e natural, para os níveis de iluminância com LED branco (C1), os tratamentos I2C1 e I3C1 apresentaram maior e menor frequência de observação, respectivamente, da ordem de 223 e 194. Enquanto que, as aves submetidas a iluminância azul/verde apresentaram maior frequência de observação (250) no tratamento I4C2 e menor (165) no tratamento I1C2 (Tabela 2). Os comportamentos de conforto e natural as aves apresentam quando estão em estado de termoneutralidade, sendo esses, bicar não agressivamente, bicar objetos, ciscar, explorar penas, banho de areia, movimentos de conforto.

Os resultados indicaram maior frequência dos movimentos de desconforto e bicar agressivamente nas aves submetidas a iluminância com LED branco (C1), com frequência de observação da ordem de 38, enquanto que as aves sob iluminância azul/verde (C2) apresentaram frequência de 23 (Tabela 2),

resultados semelhantes foram mostrados por Morril (2014) e Mendes et al. (2010).

O bem-estar do animal é afetado quando ele não consegue se adaptar ao ambiente que o rodeia e aos fatores de estresse, esta incapacidade de adaptação pode manifestar mudanças fisiológicas e comportamentais no animal. Quando o comportamento natural do animal não é mais apresentado ou quando há mudanças em sua frequência, isso pode indicar que o bem-estar foi adversamente alterado (SCHWEAN - LARDNER e CLASSEN, 2010).

Na Figura 6, verifica-se a porcentagem de tempo despendido pelas aves no comedouro durante o acionamento da iluminação artificial. Os animais expostos a I2C2 (Figura 6B) apresentaram a melhor resposta, permanecendo 55% do tempo analisado no comedouro. Entre as aves submetidas a luz branca, aquelas que permaneceram mais tempo no comedouro foram as submetidas ao I2C1 (Figura 6B), com as aves permanecendo 18% do tempo no comedouro, o que corrobora Morril (2014) e Zhang et al. (2016).

Nos tratamentos com 5 lx (Figura 6A), 150 lx (Figura 6C) e 5-20 lx (Figura 6D), os frangos de corte submetidos a LED azul/verde, apresentaram maior frequência de acesso ao comedouro, 27; 28 e 28%, respectivamente, quando comparados as aves sob LED branco (8; 5 e 13% respectivamente).

Keeling (2002), salienta que o comportamento alimentar dos animais pode ser dividido em uma fase apetitiva, onde é a fase de procura por alimento, e no ato consumatório, que é a real ingestão de alimento. Em frangos de corte, a fase apetitiva pode ser caracterizada pelo comportamento de ciscar, na qual é o momento que a ave explora o local em busca de alimento. Além disso, o comportamento alimentar pode ser registrado como eventos de visitas aos comedouros (CARVALHO et al. 2013; MORRIL, 2014; LIMA et al 2014; SCHIASSI et al. (2015)).

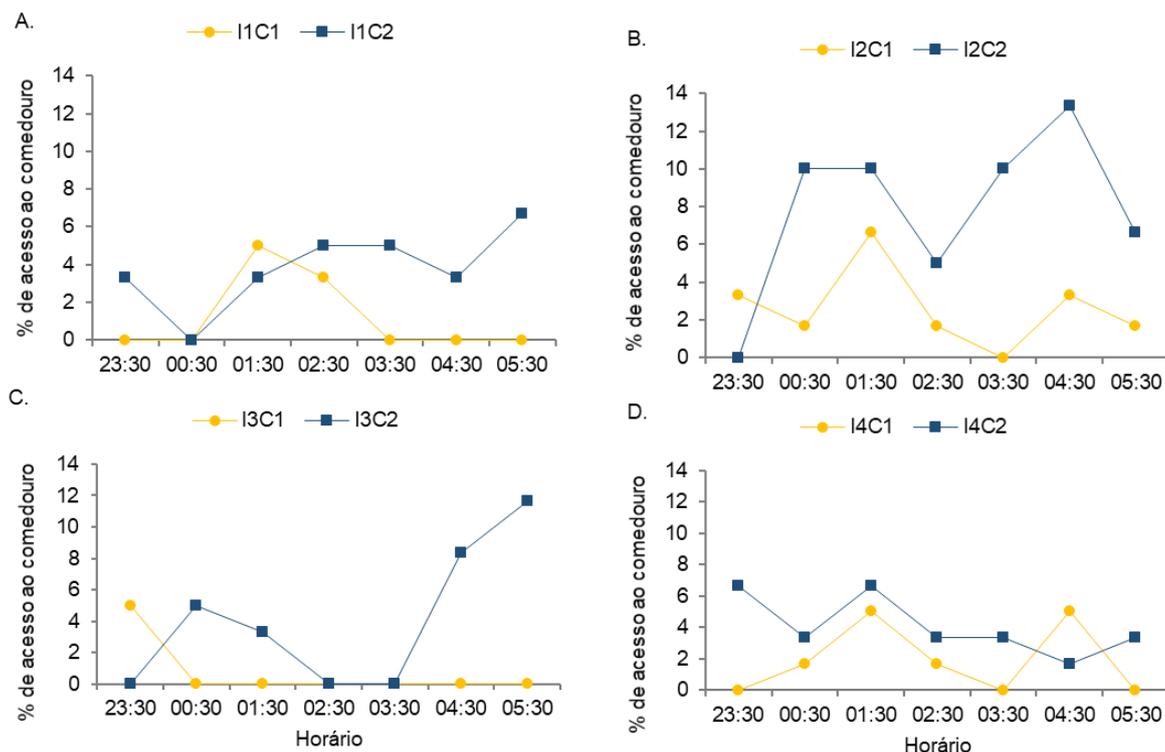


Figura 6. Percentagem de tempo de acesso ao comedouro pelas aves submetidas a 5lx/branca (I1C1) e 5lx/azul/verde (I1C2) - A; 20lx/branca (I2C1) e 20lx/azul/verde (I2C2) - B; 150lx/branca (I3C1) e 150lx/azul/verde (I3C2) - C e 5-20lx/branca (I4C1) e 5-20lx/azul/verde (I4C2) – D.

Na Figura 7, observa-se a percentagem de tempo despendido pelas aves no bebedouro, sob o efeito dos níveis de iluminância e comprimentos de onda estudados. Dos animais submetidos a iluminância com LED azul/verde, o tratamento I1C2 (Figura 7A) apresentaram maior resposta, permanecendo 15% do tempo analisado no bebedouro.

Dos tratamentos com luz branca, o que mais se expressou foi o tratamento I4C1 (Figura 7D), com as aves permanecendo 12% do tempo bebendo. Este resultado diverge do encontrado por Deep et al. (2012) onde a intensidade da luz não teve nenhum efeito sobre a expressão do comportamento beber. Corroborando os estudos de Alvino et al. (2009) em que, foram encontradas diferenças no tempo realizando a atividade quando comparadas aves expostas a 5 e 200 lx, onde as aves expostas a 5lx permaneceram mais tempo bebendo.

Nos tratamentos com 20 lx (Figura 7B) e 150 lx (Figura 7C) os frangos de corte submetidos a LED azul/verde, apresentaram 3 e 12%, respectivamente, de

percentagem de tempo despendido no bebedouro, enquanto que as aves sob LED branco permaneceram 3% em ambos os tratamentos.

O aumento na ingestão de água no horário mais quente do dia tem a função de refrigerar o organismo e diminuir a desidratação causada pela perda de calor devido ao aumento da taxa respiratória por meio do processo de ofegação (NAVAS et. al., 2016). Nestas condições, o alto calor específico da água faz com ela mantenha a temperatura corporal das aves constante, frente à flutuação ocorrida na temperatura ambiente (SANTOS et al., 2010).

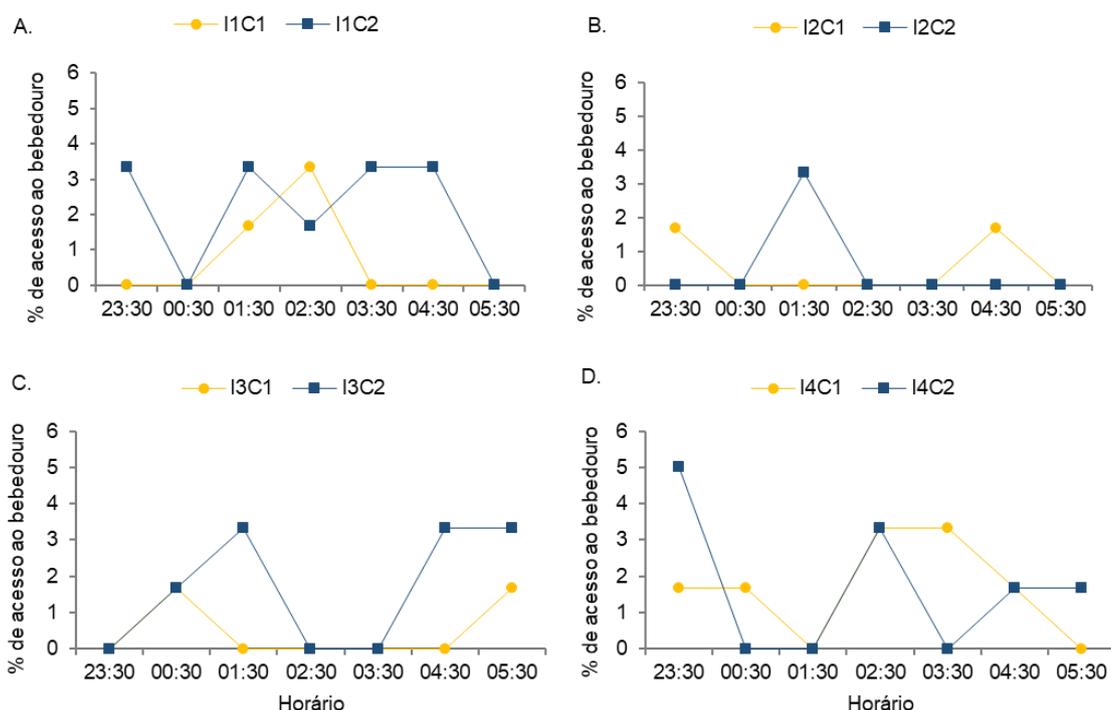


Figura 7. Percentagem de tempo de acesso ao bebedouro pelas aves submetidas a 5lx/branca (I1C1) e 5lx/azul/verde (I1C2) - A; 20lx/branca (I2C1) e 20lx/azul/verde (I2C2) - B; 150lx/branca (I3C1) e 150lx/azul/verde (I3C2) - C; 5-20lx/branca (I4C1) e 5-20lx/azul/verde (I4C2) – D.

Na Figura 8, observa-se a percentagem de tempo despendido pelas aves em movimentos de conforto e natural, dentre os tratamentos sob iluminação com LED azul/verde os tratamentos I1C2 (Figura 8A), I2C2 (Figura 8B), I3C2 (Figura 8C) e I4C2 (Figura 8D) permaneceram 28; 10; 23 e 22%, respectivamente, do tempo realizando movimentos de conforto e natural. As aves expostas a I3C1 (Figura 8C), foram as que apresentaram maior expressão sob LED branco, totalizando 23% do tempo em movimentos de conforto. Os tratamentos I1C1

(Figura 8A), I2C1 (Figura 8B) e I4C1 (Figura 8D), apresentaram 10; 13 e 12% de tempo despendido em movimentos de conforto e natural.

Comportamentos de conforto são considerados os mais importantes em relação ao bem-estar animal. Isso se deve ao fato de que eles geralmente são realizados depois que todas as outras necessidades básicas foram atendidas e, portanto, estão mais sujeitas a mudanças na frequência do que os comportamentos necessários, como comer e beber (SCHWEAN - LARDNER e CLASSEN, 2010; LIMA et al., 2014). Eles incluem banhos de areia, exploração de penas, ciscar, bater asas, rufar penas, esticar-se, bicar objetos e bicar não agressivamente (APPLEBY e HUGHES (1991); MOLLENHORST et al. (2005); SCHWEAN - LARDNER e CLASSEN, 2010; KIM et al. (2014).).

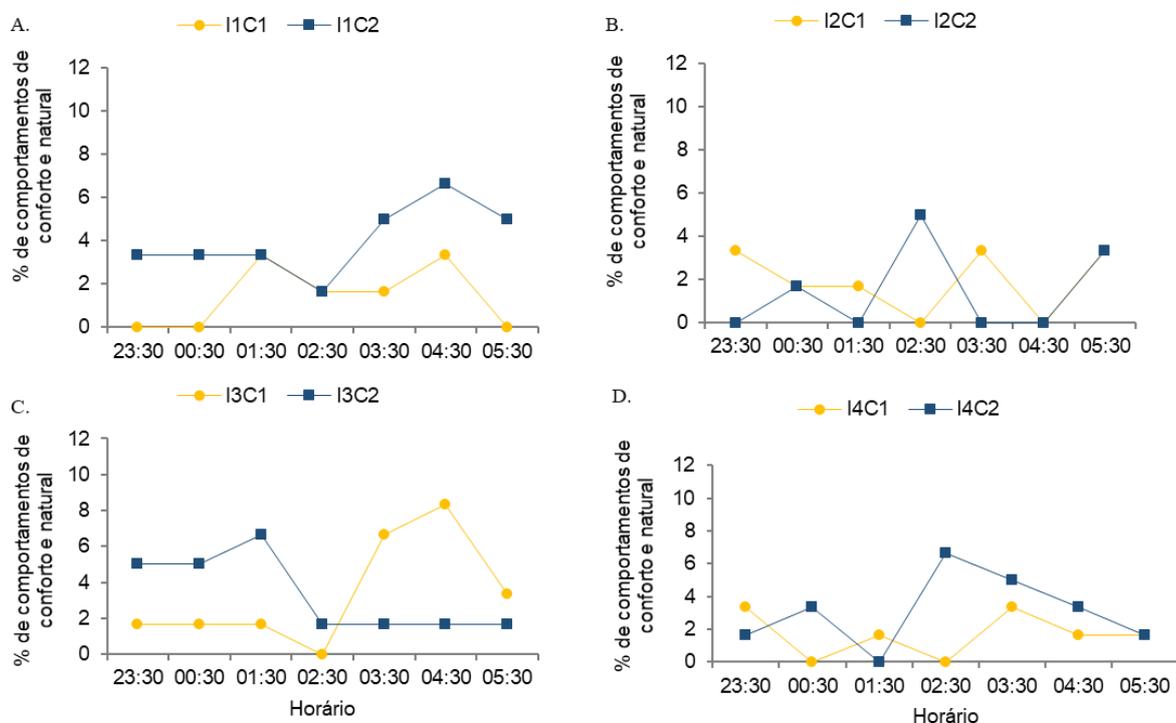


Figura 8. Porcentagem do tempo despendido pelas aves em movimentos de conforto e natural submetidas a 5 lx/branca (I1C1) e 5 lx/azul/verde (I1C2) - A; 20 lx/branca (I2C1) e 20 lx/azul/verde (I2C2) - B; 150 lx/branca (I3C1) e 150 lx/azul/verde (I3C2) - C; 5-20 lx/branca (I4C1) e 5-20 lx/azul/verde (I4C2) - D.

4. Conclusão

As aves submetidas aos comprimentos de onda na faixa do azul/verde e iluminância de 20 lx e 5-20lx apresentaram comportamentos ingestivos e de conforto mais expressivos, o que evidencia melhor bem-estar nessas condições de alojamento.

5. Referências

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. v. 22, n.6, p. 711–728 2013.

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.

ALVINO G. M.; ARCHER G. S.; Mench, J. A. Behavioural time budgets of broiler chickens reared in varying light intensities. *Applied Animal Behaviour Science*, v.118, n.1-2, p.54–61, 2009.

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

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Climas. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/>. Acesso em: 15 de junho de 2017.

APPLEBY, M.C.; HUGHES, B.O. Welfare of laying hens in cages and alternative systems: environmental, physical and behavioral aspects. *World's Poultry Science Journal*, v. 2, n. 47, p. 109-128, 1991.

BARBOSA FILHO, J. A. D. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens. Piracicaba: USP - ESALQ, 2004. 140p. Dissertação Mestrado.

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

BLATCHFORD, R. A.; KLASING, K. C.; SHIVAPRASAD, H. L.; WAKENELL, P. S.; ARCHERAND, G. S.; MENCH, J. A. The effect of light intensity on the behavior, eye and leg health, and immune function of broiler chickens. *Poultry Science*, v.88, n.1, p.20-28, 2009.

BLATCHFORD, R. A.; ACHER, G. S.; MENCH, J. A. Contrast in light intensity, rather than day length, influences the behavior and health of broiler chickens. *Poultry Science*, v.91, n.8, p.1768-1774, 2012.

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

CORDEIRO, M.B., TINÔCO, I.F.F., MESQUITA FILHO, R.M de, SOUSA, F.C de. Análise de imagens digitais para a avaliação do comportamento de pintainhos de corte. *Engenharia Agrícola*. v. 31, n. 3, p. 418-426, 2011.

COSTA, L.S., PEREIRA, D.F., BUENO, L.G.F., PANDORFI, H. Some Aspects of Chicken Behavior and Welfare. *Brazilian Journal of Poultry Science*. v.14, n.3, p.159-232, 2012.

DEEP, A.; SCHWEAN-LARDNER, K.; CROWE, T. G.; FANCHER, B. I.; CLASSENA, H. L. Effect of light intensity on broiler behavior and diurnal rhythms. *Applied Animal Behaviour Science*, v.136, n.1, p.50-56, 2012.

DEEP, A.; RAGINSKI, C.; SCHWEAN-LARDNER K.; FANCHER, B. I.; CLASSENA, H. L. Minimum light intensity threshold to prevent negative effects on broiler production and welfare. *British Poultry Science*, v.54, n.6, p.686-694, 2013.

ER, D.; WANG, Z.; CAO, J.; CHEN, Y. Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research*. v.16, n.4, p.605–612, 2007.

FIDAN, E. D.; TURKYILMAZ, M. K.; NAZLIGUL, A. Effects of noise and light intensities on stress and fear reactions in broilers. *Indian Journal of Animal Sciences*, v.85, n.12, p.1375-1378, 2015.

KEELING, L. Behaviour of fowl and other domesticated birds. In Jensen, P. (Ed.), *The Ethology of Domestic Animals. An Introductory Text*. Cabi Publishing, Oxon, UK, p. 107-108, 2002.

KIM, N.; LEE, S. R.; LEE, S. J. Effects of light color on energy expenditure and behavior in broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. v.27, n.7, p.1044-1049, 2014.

KJAER, J. B; VESTERGAARD, K. S. Development of feather pecking in relation to light intensity. *Applied Animal Behaviour Science*, v.62, n. 2-3, p.243-254, 1999.

KRISTENSEN, H. H.; PRESCOTT, N.B.; PERRY, G.C. The behavior of broiler chickens in different light sources and illuminances. *Applied Animal Behaviour Science*, v.103, n. 2-3, p.75-89, 2007.

LEWIS, P.D. Lighting, ventilation and temperature. *British Poultry Science*, v. 51, supplement 1, p. 35-43, 2010.

LIMA, K.A.O.; GARCIA, R.G.; NÄÄS, I.A.; CALDARA, F.R.; SANTANA, M.R.; ROYER, A.F.B; CASTILHO, V.A.R. Impacto da iluminação artificial no comportamento de frangos de corte. *Revista Agrarian*, v.7, n.24, p.301-309, 2014.

Manual da Cobb 500™ - Suplemento: Desempenho e Nutrição para Frangos de Corte. Disponível em: http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/NILVAKAZUESAKO MURA/suplemento_cobb_500.pdf. Acesso em: 10 julho de 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.

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

MORRIL, W. B. B. Iluminação por diodo emissor de luz e sua influência na produção de frangos de corte. 2014. 83f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

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. *Revista Nutritime*, v.13, n.1, p.4550-4557. 2016.

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.

OLANREWAJU, H. A.; PURSWELL, J. L.; COLLIER, S. D.; BRANTON, S. L. Effect of varying light intensity on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens grown to heavy weights. *International Journal Poultry Science*. v.10, n.12, p. 921–926. 2011.

OLANREWAJU, H. A.; MILLER, W. W.; MASLIN, W. R.; COLLIER, S. D.; PURSWELL, J. L.; BRANTON, S. L. Effects of strain and light intensity on growth performance and carcass characteristics of broilers grown to heavy weights. *Poultry Science*, v.93, n.8, p.1890-1899, 2014.

ONBASILAR, E. E.; EROL, H.; CANTEKIN, Z.; KAYA, U. Influence of intermittent lighting on broiler performance, incidence of tibial dyschondroplasia, tonic immobility, some blood parameters and antibody production. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. v. 20, n.4, p.550–555, 2007.

PARVIN, R.; MUSHTAQ, M. M. H.; KIM, M. J.; CHOI, H.C. Light emitting diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for behaviour, physiology and welfare of poultry. *Worlds Poultry Science Journal*. v.70, n.3, p.543–556, 2014.

RAULT, J. L.; CLARK, K.; GROVES, P. J, CRONIN, G. M. Light intensity of 5 or 20lux on broiler behavior, welfare and productivity. *Poultry Science*, v.96, n.4, p.779-787, 2017.

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

SANTOS, M. J. B.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; MORRIL, W. B.; PEDROSA, E. M. R.; Guiselini, C. Comportamento bioclimático de frangos de corte caipira em piquetes enriquecidos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.5, p.554–560, 2010.

SAS - Statistical Analysis System. 2007. *SAS Companion for the Microsoft Windows Environment*. Version 8, Cary: 2007.

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

SCHWEAN - LARDNER, K.; CLASSEN, H. Programa de luz para frangos de corte. Aviagen, 2010. 46p.

SENARATNA, D.; SAMARAKONE, T. S.; GUNAWARDENA, W. W. D. A. Red color light at different intensities affects the performance, behavioral activities and welfare of broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 29, n.7, p.1052-1059, 2016.

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

VERCELLINO, R. A.; MOURA, D. J.; NÄÄS, I. A.; MAIA, A. P.; MEDEIROS, B. B. B.; SALGADO, D. D.; CARVALHO, T. M. R. The influence of side-curtain color in broiler chick behavior. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas, v. 15, n. 3, p. 173-179, 2013.

ZHANG, L.; ZHU, X. D.; WANG, X. F.; LI, J. L.; GAO, F.; ZHOU, G. H. Green Light-emitting Diodes Light Stimuli during Incubation Enhances Posthatch Growth without Disrupting Normal Eye Development of Broiler Embryos and Hatchlings. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. v.29, n.11, p.1562-1568, 2016.

Capítulo 3 - Iluminância à base de diodo emissor de luz no desempenho de frangos de corte

Resumo

Esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de analisar aspectos quantitativos dos efeitos da iluminância por meio de diodo emissor de luz, na faixa do branco (400-760 nm) e azul/verde (470-525 nm) no desempenho de frangos de corte, ao longo do ciclo de produção (42 dias). O experimento foi conduzido de outubro a dezembro de 2017, no município de Carpina, estado de Pernambuco e contou com 384 pintos de um dia (lote misto), linhagem Cobb 500, submetidos a quatro níveis de iluminância, 5 lx; 20 lx; 150 lx e 5-20 lx (5lx na 1^a,2^a e 6^a semana e 20 lx na 3^a,4^a e 5^a semana). Utilizou-se programa de luz contínuo, 18 horas de luz e 6 horas de escuro dia⁻¹. As variáveis fisiológicas registradas foram a temperatura cloacal (C°), a temperatura de superfície corpórea (°C) e a frequência respiratória (mov.min⁻¹). Para determinação do desempenho produtivo foram utilizados indicadores zootécnicos peso vivo (kg), ganho de peso (kg), consumo de ração (kg) e conversão alimentar. As análises dos dados foram realizadas adotando-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2. As aves submetidas a fonte de iluminação à base de diodo emissor de luz nas faixas do azul/verde apresentaram melhor desempenho produtivo (peso vivo e ganho de peso) nas primeiras semanas do ciclo de produção. As iluminâncias de 20 lx e 5-20 lx proporcionaram as aves melhor desempenho ao final do ciclo de produção (peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar).

Palavras-chave: avicultura, biofotônica, iluminação artificial

Chapter 3 - ILLUMINANCE BASED ON LIGHT EMITTING DIODE IN PERFORMANCE OF BROILER CHICKEN PRODUCTION

Abstract

This research was conducted with the objective of analyzing quantitative aspects of the effects of the illuminance by light emitting diode, in the range of white (400-760 nm) and blue / green (470-525 nm) in the performance of broilers, throughout the production cycle (42 days). The experiment was conducted from October to December 2017, in the municipality of Carpina, in the state of Pernambuco and consisted of 384 day-old chicks (mixed lot), Cobb 500 strain, submitted to four levels of illuminance 5 lx; 20 lx; 150 lx and 5-20 lx (5 lx at the 1st, 2nd and 6th weeks and 20 lx at the 3rd, 4th and 5th week). A continuous light program was used, 18 hours light and 6 hours dark day⁻¹. The physiological parameters recorded were cloacal temperature (C°), body surface temperature (°C) and respiratory rate (mov.min⁻¹). To determine the productive performance, we used zootechnical indicators live weight (kg), weight gain (kg), feed intake (kg) and feed conversion ratio. Data were analyzed using a completely randomized design in a 4x2 factorial scheme. The broilers submitted to the light emitting diode base in the blue / green bands presented better productive performance (live weight and weight gain) in the first weeks of the production cycle. The illuminations of 20 lx and 5-20 lx provided the birds with better performance at the end of the production cycle (live weight, weight gain and feed conversion).

Keywords: poultry, biophotonics, production, artificial lighting.

1. Introdução

A avicultura está em constante desenvolvimento nas últimas décadas, devido à maior demanda por proteína animal pela sociedade, o que impulsiona o desenvolvimento do setor (CARVALHO et al., 2016). Os avanços da genética, nutrição e manejo fizeram da produção brasileira de frangos de corte um grande complexo agroindustrial (NAZARENO et al, 2011).

Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2018), a produção de frango foi de 13,15 milhões de toneladas em 2017 – assumindo o segundo lugar mundial, que antes era da China. O Brasil ocupa posição de destaque no cenário da avicultura mundial, como o maior exportador de carne de frango (USDA, 2018).

Segundo Vogado et al. (2016) a avicultura tem se mostrado promissora, em virtude dos avanços científicos e tecnológicos ocorridos nas áreas de nutrição, manejo, sanidade, genética, produtos veterinários e ambiência. Como consequência desse crescimento da cadeia produtiva e de novos conceitos sobre bem-estar animal, novos estudos e tecnologias vêm sendo desenvolvidas via institutos federais e iniciativa privada para que haja maximização do desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas a avicultura.

A avicultura de corte conta com programas de iluminação preestabelecidos para cada linhagem produzida, contidas no manual das mesmas, desse fato pode-se observar a importância da iluminação no desempenho produtivo das aves. A luz afeta o comportamento e o desempenho das aves, a produção de ovos e o estado sanitário do lote. É por este motivo que se utiliza iluminação artificial, para melhorar os resultados produtivos. Neste sentido, é indispensável o conhecimento sobre como a fonte de luz, o manejo da iluminância e a exposição a diferentes comprimentos de onda afetam as aves.

A iluminação artificial tem sido amplamente utilizada para promover o desempenho produtivo das aves. Estudos apontam que o programa de iluminação, a intensidade e o comprimento de onda de luz formam os três principais fatores que influenciam o crescimento, o consumo de alimentos, o ganho de peso, a eficiência alimentar e o bem-estar de frangos de corte (OLANREWAJU et al., 2006; OLANREWAJU et al., 2014; DEEP et al., 2010).

O posicionamento adequado das fontes de luz e sua distribuição estimulam as aves a procurar alimento, água e calor durante a fase de recria. Durante a

fase de crescimento, a iluminação pode ser útil para moderar o ganho de peso e otimizar a eficiência da produção e a saúde do lote (MENDES et al., 2010).

O estímulo da luz monocromática verde (15 lx) contínua durante a incubação, e a criação sob luz branca (30 lx), após o nascimento das aves, aumentou significativamente o ganho de peso, o crescimento muscular do peito e melhorou a conversão alimentar de frangos de corte machos. Este efeito no crescimento não causou quaisquer alterações visíveis na composição química do músculo do peito ou nas características de qualidade da carne (ZHANG et al., 2012).

Desta forma, com o avanço de tecnologias na iluminação de galpões na avicultura, a utilização de lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) tem-se destacado por apresentar economia de energia e por proporcionar benefícios técnico-econômicos ao sistema de produção (BORILLE et al, 2013; SANTANA et al., 2014).

Nesse contexto, este estudo foi conduzido com o objetivo de analisar aspectos quantitativos dos efeitos da iluminância por meio de diodo emissor de luz (LED) na faixa do branco (400-760 nm) e azul/verde (470-525 nm) no desempenho de frangos de corte, ao longo do ciclo de produção (42 dias).

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido de 27 de outubro a 08 de dezembro de 2017, no município de Carpina, estado de Pernambuco, na Estação Experimental de Pequenos Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (EEPAC/UFRPE), 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 (ALVARES et al., 2013). Durante o período experimental, a precipitação acumulada foi de 15 mm com temperatura mínima de 20°C, temperatura máxima de 35°C e umidade média de 45% (APAC, 2017).

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado em um galpão experimental para produção de frangos de corte, com dimensões de 9,35 m de largura por 30,40 m de comprimento; altura de pé-direito de 2,84 m, sem a presença de forro; as laterais da instalação possuem fechamento com mureta de 0,25 m de alvenaria e tela plástica, piso de concreto e cama de maravalha; o galpão possui

corredor central de 2,20 m de largura; telhado em duas águas, coberto com telhas de fibrocimento de 4 mm, beiral 1,5 m e orientação Nordeste-Sudoeste (Figura 1).



Figura 1. (A) Vista externa longitudinal e (B) transversal do galpão experimental para o alojamento das aves, Carpina – PE, 2017.

Manejo das aves

Foram adquiridos 384 pintos de um dia (lote misto), linhagem Cobb 500, de incubatório comercial. Para a realização do experimento, foram utilizados 24 boxes, cada um com área de 2,91 m²; para cada tratamento foram utilizados 3 boxes (repetições) sendo 2 boxes de 2,24 m de comprimento por 1,30 m de largura, e um box de 1,12 m de comprimento por 2,60 m de largura (Figura 2). Em cada box foi distribuído um total de 16 aves.

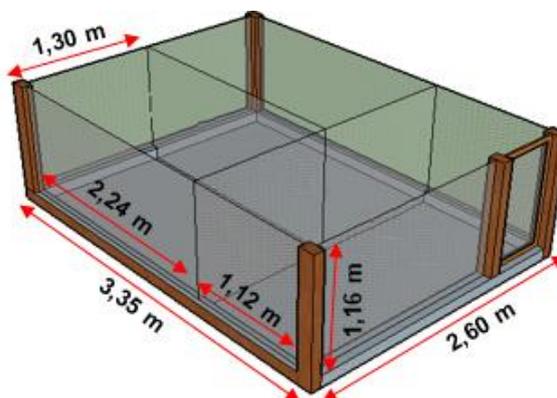


Figura 2. Ilustração do box experimental dividido em três mini boxes.

As aves foram submetidas a todas as recomendações de vacinação na fase inicial (Marek, Gumboro, Newcastle e Bronquite) (Manual da Cobb 500™, 2008). Nos boxes de contenção as aves foram expostas a fonte de aquecimento por resistência elétrica de 150W, instaladas a altura de 0,50 m do piso e manejadas conforme o perfil de distribuição das aves, nas duas primeiras semanas do ciclo de produção e acionadas apenas a noite, nesta fase as cortinas permaneceram fechadas.

A ração e a água foram fornecidas à vontade em comedouros e bebedouros próprios de acordo com a fase de criação das aves. O período de criação foi de 42 dias, de acordo com o manual da linhagem estudada Cobb 500 (Manual da Cobb 500™, 2008).

Na fase de 1 a 7 dias de idade foi fornecida ração comercial pré-inicial, de 8 a 36 dias foi fornecida ração inicial e de 37 a 42 dias foi fornecida ração de acabamento. As composições centesimais das rações estão dispostas na Tabela 1 (MORRIL, 2014).

Tabela 1. Composição centesimal das rações fornecidas para os frangos de corte, de acordo com a idade.

Componentes (%)	Pré-inicial	Inicial	Acabamento
Proteína Bruta	22,00	15,00	18,50
Extrato Etéreo	3,50	2,50	3,00
Matéria Fibrosa	3,90	9,50	5,00
Matéria Mineral	6,20	8,00	7,00
Cálcio (máx.)	1,00	1,20	1,30
Fósforo (min.)	0,70	0,90	0,45
Umidade (máx.)	13,00	13,00	12,50

Tratamentos

O experimento contou com quatro iluminâncias: 5 lx (I1); 20 lx (I2); 150 lx (I3) e 5-20 lx (5lx na 1ª, 2ª e 6ª semana e 20 lx na 3ª, 4ª e 5ª semana - I4), com a utilização de lâmpadas de diodo emissor de luz (LED), tipo bastão na cor monocromático branca (C1) e dicromático azul/verde (C2). Foi utilizado programa de luz contínuo, 18 horas de luz (12h de iluminação natural e 6h de iluminação artificial) e 6 horas de escuro. dia⁻¹ (18L:6E) em todos os fatores de variação e suas combinações, acionado por temporizador analógico modelo TMAØBC (Extraton indústria eletrônica LTDA), com acionamento às 23h30 até às 05h30, quando o sistema de iluminação era desligado.

Buscando evitar interferências entre os diferentes sistemas de iluminação, foram instaladas lonas plásticas de coloração preta entre os boxes de produção. As aves foram distribuídas nos boxes de produção conforme a intensidade de iluminação (I1, I2, I3 e I4) e fontes de luz (C1 e C2), com três repetições cada (Figura 3).

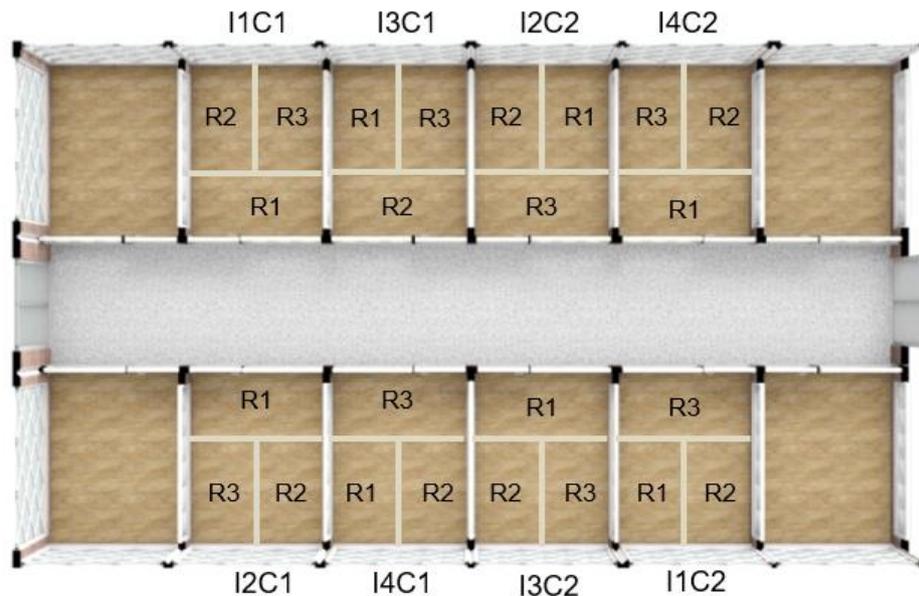


Figura 3. Representação esquemática da distribuição dos boxes. Em que, I1C1 (5lx/branca); I1C2 (5lx/azul/verde); I2C1 (20lx/branca); I2C2 (20lx/azul/verde); I3C1 (150lx/branca); I3C2 (150lx/azul/verde); I4C1 (5-20lx/branca) e I4C2 (5-20lx/azul/verde).

Os bastões de LED foram fixados em um tubo de PVC fixado longitudinalmente nas laterais e/ou no centro dos boxes a uma altura de 0,60 m do piso nos tratamentos de iluminação de 150 lx, e a 0,80 m do piso nos demais tratamentos, de forma a manter a melhor malha de distribuição da iluminação dentro dos boxes. A distância entre os bastões de LED foi definida conforme a iluminação pretendida, assim como a quantidade. Sendo utilizados um para iluminação de 5lx branca e azul/verde; um para iluminação de 20lx branca e azul/verde; seis para iluminação de 150lx branca e sete para iluminação de 150lx azul/verde, por repetição. A alimentação das lâmpadas foi ajustada por meio da mudança de tensão e corrente por um transformador, conforme metodologia estabelecida por Er et al. (2007).

Registro de dados

Variáveis meteorológicas

As variáveis meteorológicas foram registradas por meio de dataloggers, modelo HOBO U12-12 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA) (Figura 4A) instalados no centro geométrico dos boxes nos diferentes tratamentos, para

registrar a iluminância (I, lx), temperatura do ar (Ta, °C), umidade relativa do ar (UR, %), e a temperatura de globo negro (Tgn, °C), o que permitiu a caracterização térmica nos tratamentos avaliados.

Na área externa às instalações um datalogger foi instalado a 1,5 m de altura da superfície do solo, no interior de um abrigo meteorológico, para representação do microclima do local (Figura 4B).

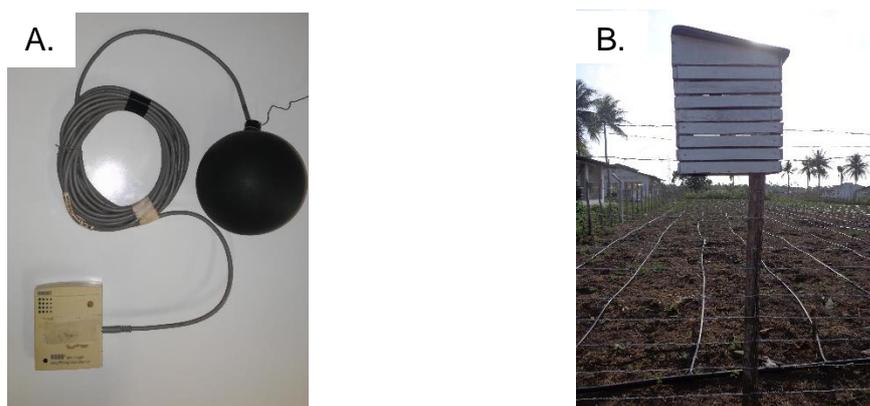


Figura 4. Detalhe dos equipamentos utilizados para o registro das variáveis ambientais. Hobo e globo negro (A) e abrigo meteorológico (B).

Para a caracterização térmica dos ambientes monitorados foram utilizados os índices de temperatura de globo e umidade (ITGU) proposto por Buffington et al. (1981), Equação 1, e a entalpia específica (H; kJ kg ar seco⁻¹) proposta por Rodrigues et al. (2010), Equação 2.

$$ITGU = Tgn + 0,36Tpo - 330,08 \quad (1)$$

Em que:

Tgn - Temperatura de globo negro (K);

Tpo - Temperatura de ponto de orvalho (K).

$$H = 1,006 * Tbs + \frac{UR}{Patm} * 10^{\frac{7,5 * Tbs}{237,3 + Tbs}} * (71,28 + 0,052 * Tbs) \quad (2)$$

Em que:

Tbs - Temperatura de bulbo seco (°C);

UR - Umidade relativa (%);

Patm - Pressão atmosférica local (mmHg).

Parâmetros fisiológicos

Os parâmetros fisiológicos avaliados foram: temperatura de superfície corpórea média (C°), temperatura cloacal (C°) e frequência respiratória (mov.min⁻¹).

Para avaliação da temperatura da superfície corpórea dos frangos de corte, foram registradas imagens térmicas por meio de uma câmera termográfica, FLIR®, modelo E60 (Figura 5). Os parâmetros de ajuste prévio da câmera para cada animal em estudo, foram: a emissividade da superfície corporal das aves 0,95 (NÄÄS et al., 2010b; BARACHO et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2011), condição termo-higrométrica no instante do registro da imagem e a distância entre a câmera termográfica e o objeto alvo (1,0 m).

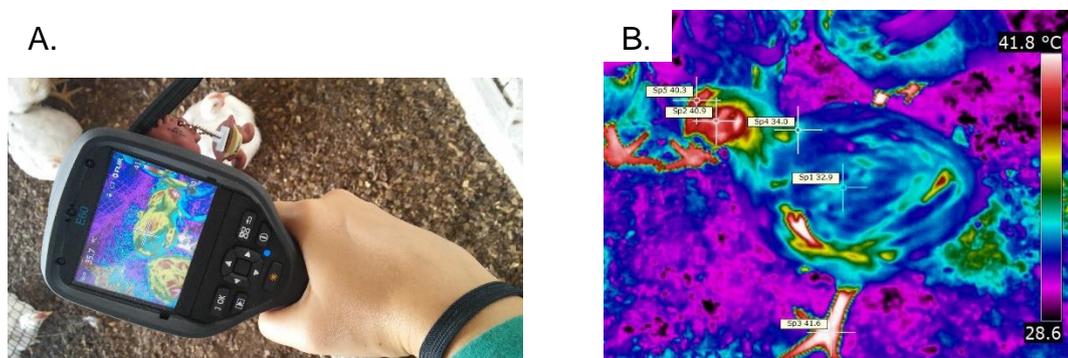


Figura 5. Câmera termográfica, FLIR®, modelo E60 (A) e registro da imagem termográfica das aves estudadas (B).

A temperatura corporal média das aves foi determinada por meio das equações propostas por Nascimento (2010), de acordo com as diferentes semanas de criação (Tabela 2).

Tabela 2. Modelos de regressão linear múltipla para determinação da temperatura superficial corpórea média (T_c) das aves durante o ciclo de produção.

Semana	Modelo
1 ^a	$T_c = 0,11 \cdot T_{asa} + 0,10 \cdot T_{cabeça} + 0,15 \cdot T_{pé} + 0,56 \cdot T_{dorso} + 3,45$
2 ^a	$T_c = 0,07 \cdot T_{asa} + 0,10 \cdot T_{cabeça} + 0,16 \cdot T_{pé} + 0,47 \cdot T_{dorso} + 7,5$
3 ^a	$T_c = 0,23 \cdot T_{asa} + 0,13 \cdot T_{cabeça} + 0,60 \cdot T_{dorso}$
4 ^a	$T_c = 0,27 \cdot T_{asa} + 0,16 \cdot T_{cabeça} + 0,07 \cdot T_{pé} + 0,45 \cdot T_{dorso}$
5 ^a	$T_c = 0,46 \cdot T_{asa} + 0,07 \cdot T_{pé} + 0,32 \cdot T_{dorso} + 0,12 \cdot T_{crista}$
6 ^a e 7 ^a	$T_c = 0,27 \cdot T_{asa} + 0,10 \cdot T_{cabeça} + 0,05 \cdot T_{pé} + 0,50 \cdot T_{dorso} + 0,10 \cdot T_{crista}$

Na determinação da temperatura cloacal das aves foi utilizado um termômetro clínico digital modelo TS-101 PM (Thecline), escala de 32 a 42,9 °C, resolução 0,1 °C e erro máximo de $\pm 0,2$ °C; a variação da frequência respiratória foi realizada pela contagem do número de movimentos abdominais realizados pela ave min^{-1} .

A determinação destes parâmetros foi realizada em intervalos de 4 h, às 5, 9, 13, 17 e 21 h, uma avaliação semanal. As aves foram escolhidas aleatoriamente, 1 por repetição, em todos os tratamentos, totalizando 24 aves, devidamente identificadas, de maneira a permanecessem fixas durante o dia selecionado para o acompanhamento.

Desempenho produtivo

Os indicadores zootécnicos como: ganho de peso (GP, kg), conversão alimentar (CA), consumo de ração (CR, kg), peso vivo (PV, kg) foram obtidos a partir da relação entre o consumo de ração, o peso corporal e idade de abate e comparados aos índices zootécnicos considerados como ideais para frangos de corte.

Para o cálculo do ganho de peso, as aves foram pesadas semanalmente, o que permitiu determinar o GP médio (Equação 3); o índice de conversão alimentar foi dado pela razão do consumo de ração pelo ganho de peso semanal (Equação 4).

A determinação do consumo de ração foi realizada por diferença, entre a quantidade de ração fornecida e a quantidade de sobra semanalmente em cada comedouro (Equação 5).

$$GP_s = P_f - P_i \quad (3)$$

Em que:

GP_s – Ganho de peso semanal (kg)

P_i – Peso inicial (kg)

P_f – Peso final (kg)

$$CA_s = \frac{CR}{GP} \quad (4)$$

Em que:

CA_s – Conversão alimentar semanal

CR – Consumo de ração (kg)

GP - Ganho de peso (kg)

$$CR_s = R_f - S \quad (5)$$

Em que:

CR_s – Consumo de ração semanal (kg)

R_f – Ração fornecida (kg)

S – Sobra (kg)

Análise de dados

Para análise dos dados foi adotado delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo os tratamentos experimentais representados pelas diferentes combinações dos fatores de variação, iluminância e fonte de luz. Os dados foram analisados por meio do seguinte modelo estatístico (Equação 6):

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + l_i + S_j + (l \times S)_{ij} + e_{ijk} \quad (6)$$

Em que:

\hat{Y}_{ijk} é a i -ésima observação de uma das variáveis;

μ : é a média geral;

l_i : é o efeito fixo da iluminância;

S_j : é o efeito fixo da fonte de luz;

$(l \times S)_{ij}$: é o efeito da interação entre a iluminância e fonte de luz;

e_{ijk} : é o erro aleatório.

Os dados das variáveis fisiológicas e de desempenho foram submetidos a análise de variância meio do software Statistical Analysis System (SAS, 2007) e as inferências obtidas, avaliadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

Caracterização térmica das instalações

Durante a 1ª semana do ciclo de produção a variação da temperatura interna foi de 4,6°C, com temperatura mínima de 27,7°C e máxima de 32,4°C, limite próximo a faixa de conforto para o período que é de 32 a 35°C. O pico da temperatura durante a semana ocorreu às 12h00min no ambiente interno, ultrapassando os 32°C (Figura 6A). No intervalo entre 16h00 e 07h00, a temperatura ficou abaixo do limite mínimo exigido. Temperaturas muito abaixo da zona de conforto podem desencadear quadros hipotérmicos e induzir a síndrome da hipertensão pulmonar em frangos de corte (CORDEIRO et al 2010; BAÊTA e SOUZA, 2010; ABREU e ABREU, 2011).

Cordeiro et al. (2010) salientam que o aquecimento de um galpão avícola no Brasil não é uma tarefa fácil, uma vez que a maioria das instalações são abertas e sem nenhum isolamento térmico, situação semelhante a que foi encontrada no galpão experimental estudado.

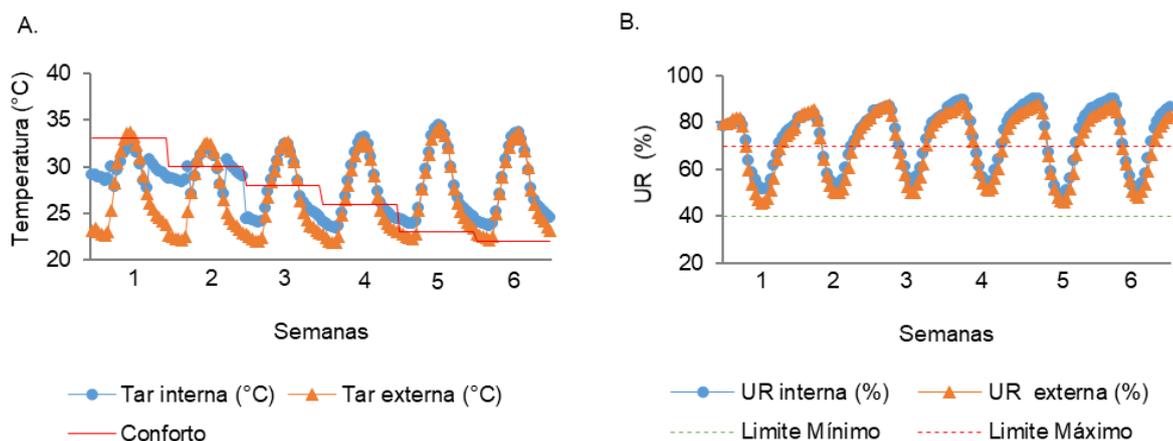


Figura 6. Variação média horária semanal da (A) temperatura do ar (°C) e (B) umidade relativa do ar no interior do galpão experimental e no ambiente externo.

Na 2ª semana ocorreu variação 5,4°C, com mínima de 27,1°C e máxima de 32,5°C, com valor próximo ao limite máximo exigido e abaixo do limite mínimo para essa fase de produção, que é de 29 a 32°C (Figura 6A), de acordo com valores adaptados de Baêta e Souza (2010); Abreu e Abreu (2011) e Navas et al (2016).

Com o desenvolvimento das aves, maturação do sistema termorregulador e aumento da reserva energética, a zona de conforto térmico é reduzida de 32°C para 26°C, isso na 4ª semana do ciclo de produção (ABREU e ABREU, 2011). Na última semana, admitem-se valores de temperatura do ar entre 21 e 22°C (SANTOS et al., 2014), devido ao desenvolvimento do sistema termorregulador, o aumento do metabolismo (crescimento rápido), a maior presença de penas como isolante térmico (NAVAS et al., 2016).

Com isso, torna-se fundamental a preocupação com o estresse térmico em frangos de corte, em que se verifica temperatura acima do limite crítico superior entre às 05h00 e 21h00 h (4ª semana) e durante todo o dia para a 5ª e 6ª semanas. A inadequação micrometeorológica a necessidade térmica das aves ocorreu devido à ausência de sistema de climatização artificial.

A exposição de frangos de corte a altas temperaturas causa redução na ingestão de alimentos, prejudicando a taxa de crescimento, o rendimento de carcaça e qualidade da carne, além disso, o animal irá gastar mais energia para tentar conseguir dissipar esse calor, ocasionando um menor ganho de peso (NAVAS et al., 2016).

A Figura 6B ilustra a variação da umidade relativa do ar (UR) no interior do galpão experimental e no ambiente externo. De acordo com estas condições verifica-se que a média da UR no interior das instalações ficou próxima a condições recomendadas entre às 05h00 e 21h00, durante o período experimental.

Em galpões de frango de corte, além do acúmulo de umidade na cama, proporcionada pelas excretas das aves, a umidade do ar afeta diretamente as trocas térmicas entre os animais e o ambiente de criação. Os dejetos, rico em microrganismos, podem apresentar variações no teor de umidade, produção de amônia e população de coliformes, dependendo do material usado como cama e de seu manejo. A faixa de UR considerada satisfatória para a melhor produção de frangos de corte está entre 50 e 70% (SARMENTO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006; BAÊTA e SOUZA, 2010; ABREU e ABREU, 2011).

A Figura 7 apresenta a relação entre a temperatura (A) e da umidade relativa do ar (B) no interior do galpão e no ambiente externo, na escala de 15 min ao longo dos 42 dias de monitoramento. Nota-se que o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,8995 (Figura 7A) e 0,9669 (Figura 7B), respectivamente, o que indica boa associação linear entre as variáveis estudadas. Observa-se, pelos coeficientes angulares das equações, que em média, os valores da temperatura e umidade relativa do ar no interior do galpão experimental foi de 2 e 3% superior em relação ao ambiente externo, para temperatura e umidade relativa do ar.

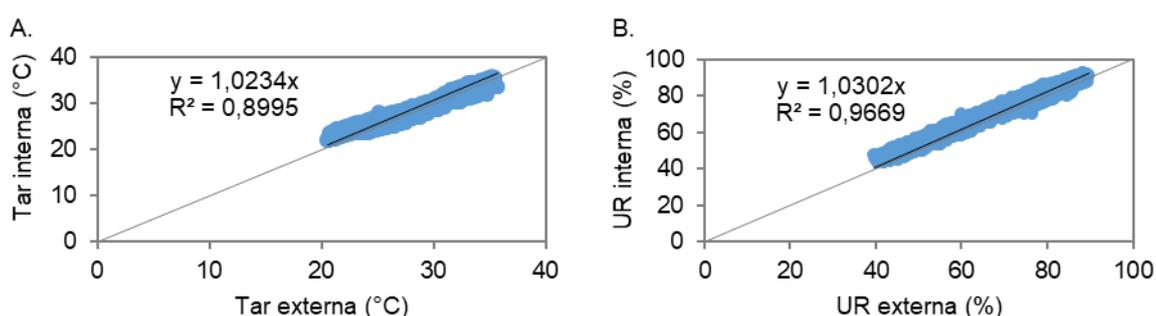


Figura 7. Análise da relação funcional entre a temperatura (A) e a umidade relativa do ar (B) interna e externa ao galpão experimental.

Nota-se na Figura 8A, que o ITGU (interno) na 1ª semana apresentou valor médio de 78,6, ou seja, abaixo do limite de conforto indicado, que é na faixa de 81 a 85. Na 2ª semana o valor médio de ITGU correspondeu a 78,1, portanto,

próximo ao valor sugerido de 77 (OLIVEIRA et al., 2006; MENEGALI, et al., 2010).

Barbosa Filho (2004) aponta que o limite inferior e superior de ITGU para a 3ª semana, encontram-se entre 74 e 80, faixa considerada adequada para as aves. O valor do ITGU para essa fase do ciclo de produção foi de 75,2, o que enquadra o ambiente interno da instalação dentro da faixa de conforto térmico recomendado as aves (Figura 8A).

Na 4ª, 5ª e 6ª semanas os valores médios de ITGU foram de 76,0; 76,6 e 75,8, respectivamente (Figura 8A). Menegali, et al. (2010) salientam que frangos de corte acima de 15 dias de idade sofrem por desconforto quando estão em ambientes com ITGU superiores a 75.

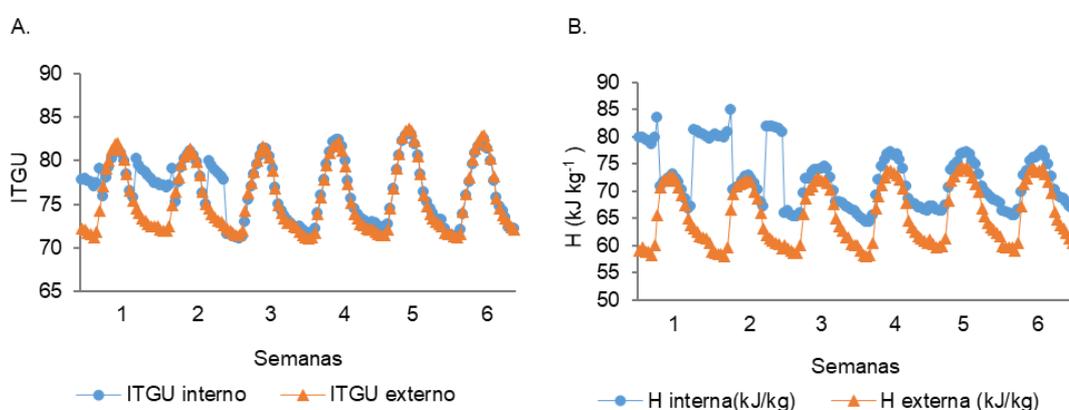


Figura 8. Variação média diária (A) Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e (B) Entalpia (H, kJ kg⁻¹) no interior do galpão experimental e no ambiente externo.

Devido à importância do efeito combinado da temperatura e da umidade relativa do ar para a condição de conforto térmico ambiental, realizou-se a determinação da entalpia específica (Figura 8B), para ampliar a caracterização térmica no alojamento das aves.

Dessa forma, verifica-se que na 1ª semana do ciclo de produção o galpão não atendeu a exigência térmica das aves. O valor médio semanal de entalpia foi de 75,8 kJ kg⁻¹ de ar seco, portanto, acima do valor indicado que é de 73,3 kJ kg⁻¹ de ar seco (SANTOS et al., 2012). Nas semanas seguintes (2ª, 3ª, 4ª, 5ª e 6ª) estes resultados ultrapassaram os limites recomendados, assumindo valores da ordem de 76,4; 69,4; 70,0; 71,3 e 70,7 kJ kg⁻¹, respectivamente (Figura 8B). Os limites ideais de entalpia se encontram entre 64,68 e 58,13 kJ kg⁻¹ (2ª e 3ª semanas) e 52,53 kJ kg⁻¹, da 4ª a 6ª semanas.

Analisando os índices de conforto térmico ITGU e H (Figura 8), observa-se que o microclima no interior da instalação permaneceu fora da zona considerada de conforto para as aves, apresentando situações de estresse térmico. Essa condição de alojamento pode interferir negativamente no desenvolvimento produtivo, entretanto, as limitações climáticas podem ser amenizadas pelo manejo racional do microclima no interior das instalações, bem como pelo uso de técnicas de modificações térmicas ambientais (LIMA, et al., 2007; VIGODERIS et al., 2010; CARVALHO et al. 2012).

Um dos maiores problemas no alojamento de frangos de corte é a elevada temperatura do ar no interior do galpão, esta que associada com as características físicas e fisiológicas das aves limita o desempenho produtivo de frangos de corte.

Parâmetros fisiológicos

As respostas fisiológicas das aves não apresentaram diferença significativa entre os quatro níveis de iluminância estudados em relação a frequência respiratória das aves (Figura 9A), o que indica um ambiente experimental homogêneo.

A maior frequência respiratória foi registrada nas aves no horário das 13h00. No horário das 05h00 e das 21h00 as aves se mantiveram dentro da faixa de conforto (60 mov. min^{-1}) (NASCIMENTO et al., 2012). A variação da temperatura cloacal não apresentou efeito significativo entre as aves expostas aos níveis de iluminância (Figura 9B). Observa-se que os valores não ultrapassaram o limite crítico, indicador de estresse térmico. De acordo com Marchini et al. (2007) temperatura cloacal da ordem de $41,4^{\circ}\text{C}$ é característico de aves livres de estresse térmico intenso.

A temperatura superficial (Figura 9C) não apresentou diferença ($P < 0,05$) entre as aves submetidas às iluminâncias I1, I2, I3 e I4. Sabe-se que a influência do ambiente térmico nas aves varia conforme a espécie, idade e sexo. A temperatura superficial depende da qualidade do empenamento e da velocidade do ar, devido às trocas de calor que ocorrem por convecção, portanto esta variável não é a mais adequada para avaliação do estado de conforto térmico de aves (AMARAL et al., 2011).

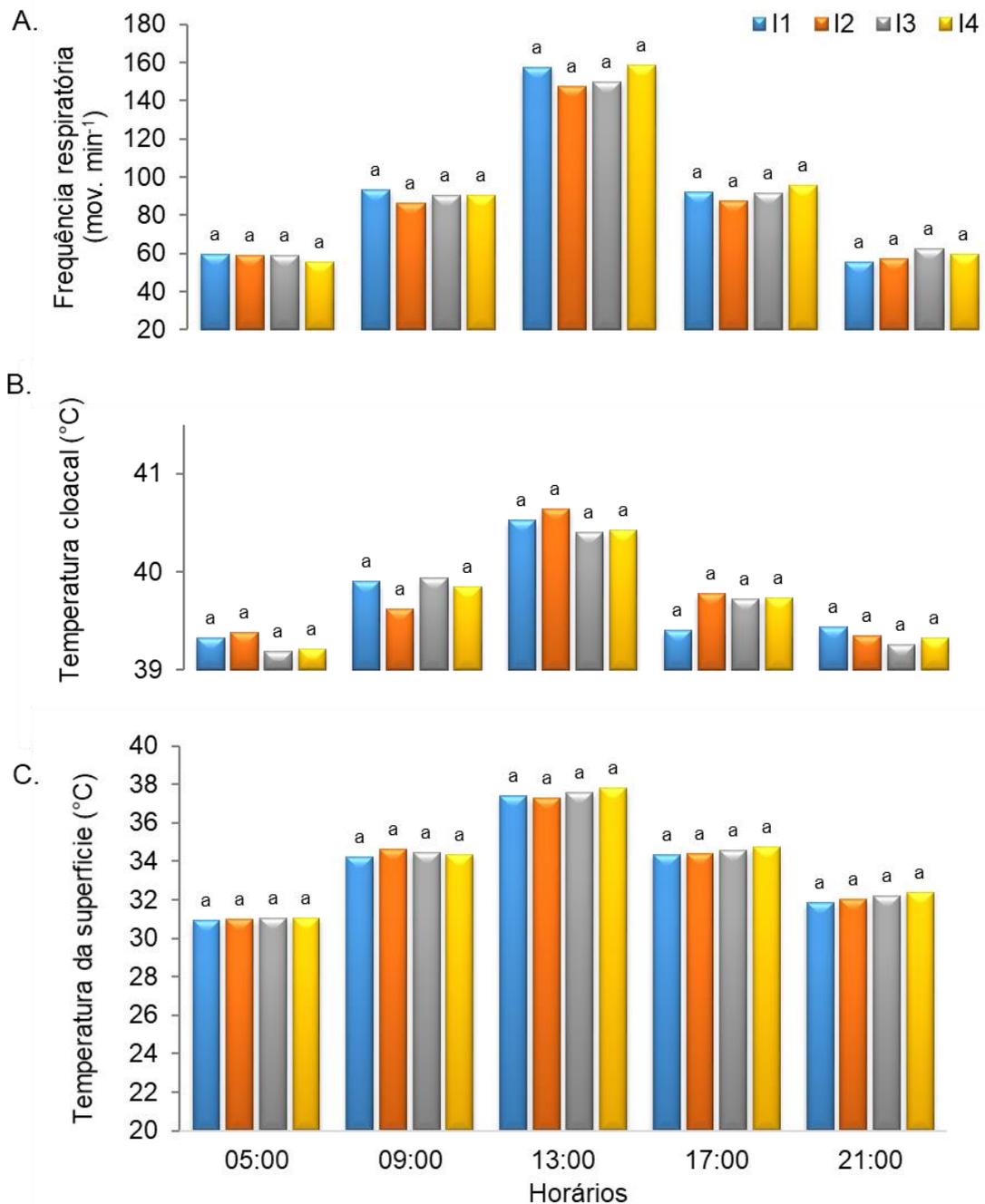


Figura 9. Valores médios da freqüência respiratória (A), temperatura cloacal (B) e temperatura de superfície das aves (C) submetidas aos níveis de iluminância, I1 (5lx), I2 (20lx), I3 (150lx) e I4 (5/20lx). Médias seguidas das mesmas letras no mesmo horário não diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Não foi constatada diferenças significativas para freqüência respiratória, temperatura cloacal e temperatura superficial corpórea das aves observadas em relação à utilização de LED monocromático branco e LED dicromático azul/verde (Figura 10). Observa-se na Figura 10A, que a freqüência respiratória nos horários das 5h00 e 21h00, as aves estiveram em condições de conforto, para os demais

horários de registro os animais ultrapassaram os 60 mov min⁻¹, característico da necessidade em dissipar calor para o ambiente (NASCIMENTO et al. 2012).

Os valores médios de temperatura cloacal (Figura 10 B) não ultrapassaram o limite estabelecido para a espécie (41,8 ±0,3°C), segundo Navas et al. (2016). O que indica que apesar do ambiente térmico não ter sido adequado, os recursos fisiológicos associados a dissipação de energia do corpo do animal para o ambiente foram suficientes para a manutenção da homeotermia.

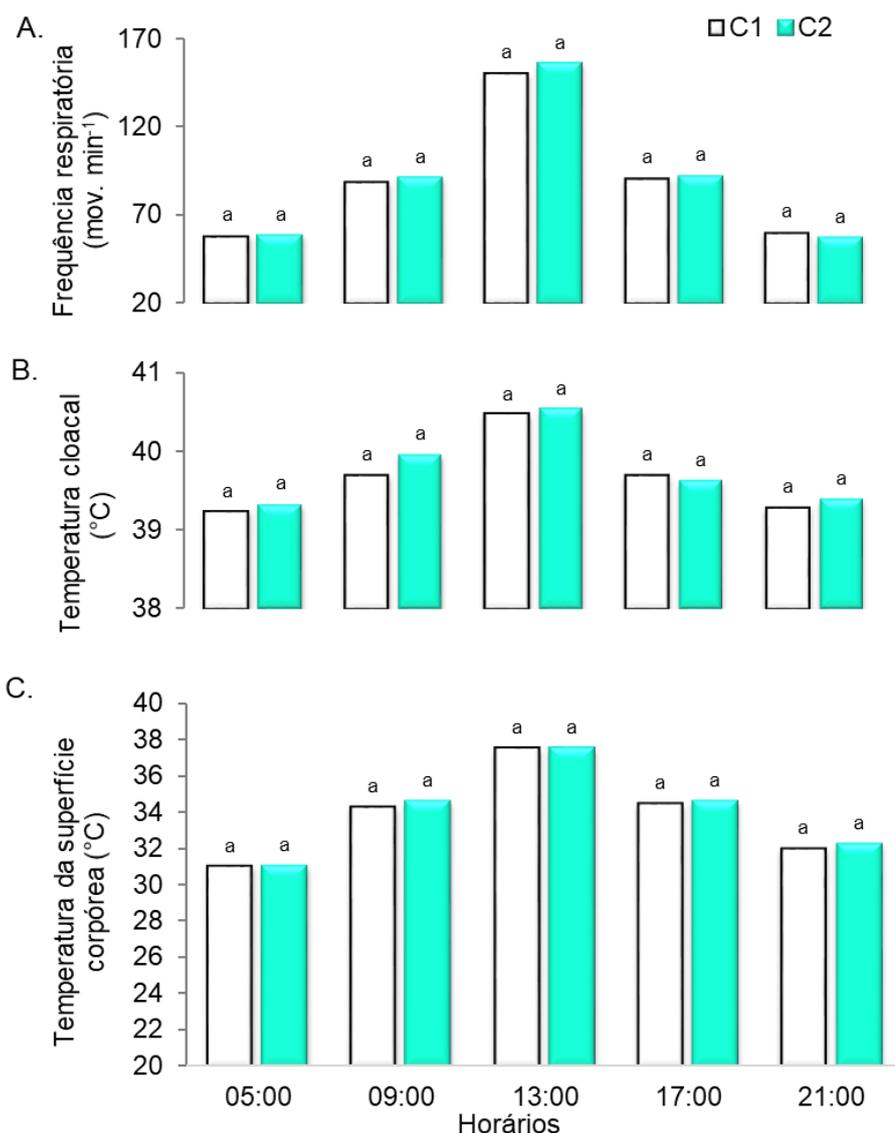


Figura 10. Efeito do LED branco (C1) e do LED azul/verde (C2) nos valores médios da frequência respiratória (A), temperatura cloacal (B) e superfície das aves (C). Médias seguidas das mesmas letras no mesmo horário não diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Os valores médios de temperatura superficial corpórea (Figura 10C) ultrapassaram o limite estabelecido para a espécie apenas no horário das 13h00, que segundo Dahlke et al. (2005) é de 36,52°C para a condição termoneutra, de 34,23°C na condição de baixa temperatura e de 38,61°C sob estresse térmico por alta temperatura. Admite-se que a temperatura do ar ultrapassa o limite crítico superior para as aves, assim o calor é armazenado no organismo e o valor da temperatura corporal aumentou acima dos valores normais; esta resposta decorre do estímulo direto ao centro de calor no hipotálamo, que envia impulso ao sistema cardiorrespiratório, na tentativa de eliminar calor por evaporação por meio da respiração (NAZARENO et al, 2009).

Mendes et al. (2010) salientam que as aves expostas a luz azul e verde (ondas curtas) se mantêm mais calmas do que as expostas à luz branca ou vermelha (ondas longas), o que possivelmente poderia alterar o metabolismo e o ritmo circadiano das aves, com possíveis alterações nas respostas fisiológicas. Entretanto, esse efeito não foi constatado nesta pesquisa (Figura 10).

Sultana et al. (2013) estudaram o efeito da mistura de cores no comportamento e resposta ao medo, os resultados mostraram que a luz vermelha e vermelho-amarelo ativaram os movimentos e a resposta de medo em frango de corte, enquanto o azul e o verde/azul diminuíram os movimentos e passaram mais tempo sentados. A comparação entre os comprimentos de onda nos espectros do branco e verde/azul, não permitiram evidenciar esse efeito nas respostas fisiológicas estudadas (Figura 10).

Não houve interação entre os fatores iluminância e fonte de luz ($P > 0,05$) para os as variáveis fisiológicas avaliadas.

Desempenho Produtivo

As interações entre as variáveis zootécnicas analisadas em relação aos diferentes níveis de iluminância ao qual os animais foram expostos começaram a ser analisadas a partir da primeira semana de vida (Tabela 3), em que se verifica que o peso vivo (PV) médio dos frangos de corte na 1ª e 2ª semana de vida apresentaram efeito significativo entre os tratamentos, onde os frangos sob iluminância de 150lx (I3) apresentaram maior peso vivo, 0, 248kg e 0, 560kg, respectivamente. E o tratamento com intensidade de 5lx (I1), menor peso vivo (0,226g e 0,516kg).

Na 3ª semana não houve efeito significativo ($P>0,05$) no PV das aves submetidas às iluminâncias. Na 4ª semana os tratamentos I1, I2 e I3 apresentaram melhor PV quando comparados ao I4. Entretanto na 5ª semana não houve efeito significativo. Na última semana, os tratamentos I2 (20lx) e o I4 (5-20lx), apresentaram maior peso vivo, 2,595 kg e 2,418kg, respectivamente (Tabela 3).

A maior iluminância no box de produção nos primeiros dias de vida, permitiu aos pintainhos maior estímulo e facilidade de localização do comedouros e do bebedouro. Contudo, houve ganho compensatório com o aumento da idade das aves, em que os tratamentos com 20 lx e 5-20 lx apresentaram melhor desempenho para o peso vivo dos frangos (Tabela 3).

Segundo Lupatini (2015), o peso vivo ideal para a 6ª semana de vida de frangos de corte é de 2,732 kg, mas o PV médio obtido para I2 e I4 foram 2,595 kg e 2,418 kg, respectivamente. Fato que pode ser explicado devido as condições experimentais ao quais os animais foram expostos. Frangos de corte são animais extremamente sensíveis ao manejo diário e a ação dos elementos meteorológicos ao qual são expostos. O galpão experimental utilizado no estudo é um galpão convencional que não apresenta nenhum sistema de climatização. Assim, a união destes fatores podem ser a causa do déficit de 0,031 kg e 0,208 kg no peso vivo final observado no I2 e I4, respectivamente (Tabela 3).

Na Tabela 3, observa-se o ganho de peso (GP) das aves ao longo do período experimental (42 dias). Na 1ª e 2ª semana houve efeito significativo, como maior ganho de peso das aves submetidos a iluminância de 150lx. Entretanto, na 3ª, 4ª e 5ª semana não houve efeito significativo. Na última semana nota-se o maior ganho de peso, 0,574 kg, nos frangos de corte sob iluminância de 20 lx (I2). A média do GP na última semana foi 0,5743 kg, ficando 0,076 kg, a baixo do seu potencial (LUPATINI, 2015).

Tabela 3. Valores médios semanais e desvio padrão do desempenho produtivo dos animais submetidos a diferentes níveis de iluminância.

Desempenho Produtivo	Semana	Iluminância			
		5 lx	20 lx	150 lx	20 - 150 lx
Peso Vivo (kg)	1 ^a	0,226 ± 0,025 ^b	0,235 ± 0,012 ^{ab}	0,248 ± 0,010 ^a	0,243 ± 0,007 ^a
	2 ^a	0,517 ± 0,045 ^b	0,531 ± 0,015 ^{ab}	0,560 ± 0,016 ^a	0,537 ± 0,008 ^{ab}
	3 ^a	0,926 ± 0,066 ^a	0,948 ± 0,013 ^a	0,977 ± 0,024 ^a	0,958 ± 0,015 ^a
	4 ^a	1,323 ± 0,047 ^a	1,459 ± 0,024 ^a	1,454 ± 0,034 ^a	1,208 ± 0,272 ^b
	5 ^a	1,952 ± 0,138 ^a	2,021 ± 0,040 ^a	1,984 ± 0,047 ^a	1,964 ± 0,062 ^a
	6 ^a	2,395 ± 0,148 ^b	2,595 ± 0,045 ^a	2,378 ± 0,121 ^b	2,418 ± 0,096 ^{ab}
Ganho de Peso (kg)	1 ^a	0,395 ± 0,023 ^b	0,182 ± 0,010 ^{ab}	0,193 ± 0,011 ^a	0,188 ± 0,008 ^a
	2 ^a	0,291 ± 0,022 ^b	0,296 ± 0,007 ^{ab}	0,312 ± 0,008 ^a	0,294 ± 0,009 ^{ab}
	3 ^a	0,409 ± 0,026 ^a	0,416 ± 0,009 ^a	0,416 ± 0,019 ^a	0,421 ± 0,011 ^a
	4 ^a	0,496 ± 0,043 ^a	0,509 ± 0,037 ^a	0,482 ± 0,021 ^a	0,489 ± 0,026 ^a
	5 ^a	0,531 ± 0,039 ^a	0,564 ± 0,023 ^a	0,526 ± 0,039 ^a	0,518 ± 0,029 ^a
	6 ^a	0,443 ± 0,039 ^b	0,574 ± 0,044 ^a	0,394 ± 0,078 ^b	0,454 ± 0,035 ^b
Consumo de Ração (kg)	1 ^a	0,102 ± 0,019 ^a	0,102 ± 0,008 ^a	0,110 ± 0,007 ^a	0,107 ± 0,008 ^a
	2 ^a	0,195 ± 0,021 ^b	0,195 ± 0,023 ^b	0,224 ± 0,017	0,229 ± 0,019 ^a
	3 ^a	0,593 ± 0,037 ^a	0,577 ± 0,028 ^a	0,580 ± 0,016 ^a	0,575 ± 0,037 ^a
	4 ^a	0,955 ± 0,085 ^a	0,909 ± 0,063 ^a	0,919 ± 0,054 ^a	0,887 ± 0,033 ^a
	5 ^a	1,134 ± 0,087 ^b	1,184 ± 0,075 ^{ab}	1,277 ± 0,086 ^a	1,156 ± 0,093 ^{ab}
	6 ^a	1,215 ± 0,102 ^a	1,296 ± 0,024 ^a	1,238 ± 0,080 ^a	1,283 ± 0,147 ^a
Conversão Alimentar	1 ^a	0,588 ± 0,080 ^a	0,565 ± 0,041 ^a	0,565 ± 0,028 ^a	0,557 ± 0,027 ^a
	2 ^a	0,670 ± 0,064 ^{ab}	0,657 ± 0,077 ^b	0,718 ± 0,041 ^{ab}	0,782 ± 0,082 ^a
	3 ^a	1,453 ± 0,045 ^a	1,387 ± 0,078 ^a	1,395 ± 0,064 ^a	1,367 ± 0,082 ^a
	4 ^a	1,932 ± 0,158 ^a	1,790 ± 0,151 ^a	1,913 ± 0,151 ^a	1,822 ± 0,126 ^a
	5 ^a	2,137 ± 0,098 ^{ab}	2,050 ± 0,148 ^b	2,448 ± 0,306 ^a	2,237 ± 0,139 ^{ab}
	6 ^a	2,748 ± 0,119 ^{ab}	2,270 ± 0,216 ^b	3,250 ± 0,667 ^a	2,824 ± 0,214 ^{ab}

^{a-b}Médias seguidas de sobrescritos diferentes na mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

O consumo de ração (CR) não apresentou efeito significativo na 1^a semana de vida das aves (Tabela 3). Na 2^a semana os frangos sob iluminância de 150lx (I3) e 5-20lx (I4), apresentaram maior consumo de ração, 0,229 e 0,224 kg, respectivamente. Na 3^a e 4^a não ocorreu efeito significativo (P>0,05).

Durante a 5ª semana o maior CR foi nas aves submetida ao tratamento I3 e o menor de I1. Mas na 6ª semana de vida das aves o maior (1,296 kg) e menor (1,215 kg) consumo de ração foram nas iluminâncias de 20 lx (I2) e 5 (I1), respectivamente (Tabela 3). Os valores médios semanais do CR em todos os tratamentos ficaram abaixo do valor médio semanal estimado (LUPATINI, 2015), ao longo do ciclo de produção.

A Tabela 3 apresenta os valores médios semanais da conversão alimentar (CA) dos frangos de corte. Na 1ª semana não ocorreu efeito significativo entre os tratamentos estudados. Na 3ª semana a maior CA foi no tratamento I1 (5lx) e a menor em I4 (5-20 lx). Não houve diferença significativa durante a 3ª e 4ª semana. Na 5ª e 6ª semana o tratamento com iluminância de 20 lx (I2) apresentou menor conversão alimentar.

Quando há aumento na conversão alimentar, significa uma queda no desempenho das aves em transformar o alimento fornecido em tecido muscular, pois, mais ração terá sido consumida para a produção de 1kg de carne. Na 1ª e na 2ª semana as aves apresentaram valor próximo de CA ideal para a linhagem, no entanto nas semanas seguintes o valor de CA excedeu o indicado por Lupatini (2015). O menor valor médio de CA (2,270) observado na 6ª semana nos diferentes níveis de iluminância estudado foi no tratamento o I2 (Tabela 3), entretanto excedeu 0,565do valor médio ideal.

Os resultados obtidos para a variável CA evidenciam a importância do fornecimento de condições climáticas e estruturais que atendam às necessidades das aves. O meio ambiente influencia de forma positiva ou negativa o genótipo dos animais auxiliando ou prejudicando a expressão do potencial produtivo dos mesmos.

Rosa et al. (2017), salientam que programas de iluminação que iniciam com iluminância contínua em torno de 20 lx na primeira semana de vida dos pintinhos, reduzindo em torno de 5 a 14 lx até os 21 dias do lote, apresentam resultados satisfatórios e economia de consumo de energia, quando comparados a programas sob iluminância contínua durante todo o ciclo de produção. Olanrewaju et al., 2006 e Olanrewaju et al., 2014 enfatizam que é comum a diminuição da intensidade da luz para 5 lx na fase final de criação.

Dentro de um programa de iluminação voltada para frango de corte o menor consumo de energia, duração do material utilizado e a influência da intensidade luminosa sobre o comportamento das aves devem ser observados

como fatores que irão influenciar na aquisição do equipamento em questão. As fontes de luz LED apresentam melhores resultados nesses pré-requisitos no tratamento I4, em que ocorreu o menor consumo de energia associado aos melhores resultados das variáveis zootécnicas observadas, corroborando Olanrewaju et al. (2011). Entretanto, os autores Ahmad et al. (2011), avaliaram o efeito de intensidade variando de 5 a 40 lux utilizando lâmpadas fluorescentes compactas, e indicaram não haver efeito sobre o peso dos frangos de corte e no consumo de ração, enquanto que a taxa de conversão alimentar foi significativamente ($P < 0,05$) afetada pelas intensidades de luz.

Observa-se na Tabela 4, que houve diferença estatística significativa entre as fontes de luz C1 e C2 em relação ao desempenho produtivo (peso vivo, ganho de peso e consumo de ração). Na Tabela 4, verifica-se que na 1ª e na 2ª semana a fonte de luz azul/verde apresentou maior peso vivo, 0,248 e 0,550kg, respectivamente. Entretanto não ocorreu efeito significativo nas semanas seguintes (3ª, 4ª, 5ª e 6ª). Nota-se diferença significativa apenas na 1ª semana, com maior GP nas aves submetidas a iluminação com LED azul/verde. O consumo de ração foi maior na 1ª e na 2ª semana de vida nas aves sob fonte de luz azul/verde. Não houve efeito significativo nas demais semanas. A conversão alimentar não apresentou efeito significativo durante o período experimental avaliado (Tabela 4).

Zhang et al. (2016), avaliaram o efeito do uso de lâmpadas de diodos emissores de luz (LED) na cor verde e na cor branca com iluminância de 30lx e do escuro (controle) na incubação e no desempenho de crescimento pós-eclosão de pintainho (1-6 dias de vida), e concluíram que fornecer iluminação artificial de LED na cor verde durante a incubação não tem efeito prejudicial sobre o desenvolvimento dos olhos, coração e fígado de embriões e pintainhos, mas tem benefícios potenciais em termos de aumento do crescimento do pintinho durante os primeiros estágios pós-nascimento.

Aves expostas a comprimento de ondas curto, azul e verde, apresentam melhor ganho de peso e eficiência alimentar do que as expostas a comprimento de ondas longo, branco (KRISTENSEN et al., 2007; MORRIL, 2014). Mendes et al. (2010) mencionam que durante os primeiros dias da criação, a luz de onda curta estimulou o crescimento das aves, enquanto que a luz de onda longa acelerou a maturidade sexual. Os autores informam também que aves exposta a luz azul e verde (ondas curtas) mantêm-se mais calmas do que as expostas à

luz branca ou vermelha (ondas longas), e estão constantemente associadas a melhoria do bem-estar animal

Tabela 4. Valores médios semanais e desvio padrão do desempenho produtivo dos animais submetidos a diferentes fontes de iluminação.

Desempenho Produtivo	Semana	Fonte de iluminação	
		LED Branco	LED Azul/verde
Peso Vivo (kg)	1 ^a	0,228 ± 0,018 ^b	0,248 ± 0,006 ^a
	2 ^a	0,523 ± 0,032 ^b	0,550 ± 0,017 ^a
	3 ^a	0,940 ± 0,047 ^a	0,963 ± 0,025 ^a
	4 ^a	1,467 ± 0,031 ^a	1,523 ± 0,220 ^a
	5 ^a	1,952 ± 0,101 ^a	2,009 ± 0,042 ^a
	6 ^a	2,407 ± 0,153 ^a	2,487 ± 0,106 ^a
Ganho de peso (kg)	1 ^a	0,175 ± 0,016 ^b	0,194 ± 0,007 ^a
	2 ^a	0,295 ± 0,016 ^a	0,302 ± 0,013 ^a
	3 ^a	0,418 ± 0,019 ^a	0,414 ± 0,015 ^a
	4 ^a	0,484 ± 0,038 ^a	0,504 ± 0,023 ^a
	5 ^a	0,542 ± 0,045 ^a	0,528 ± 0,023 ^a
	6 ^a	0,456 ± 0,084 ^a	0,476 ± 0,085 ^a
Consumo de Ração (kg)	1 ^a	0,099 ± 0,012 ^b	0,111 ± 0,006 ^a
	2 ^a	0,202 ± 0,030 ^b	0,219 ± 0,015 ^a
	3 ^a	0,589 ± 0,028 ^a	0,573 ± 0,030 ^a
	4 ^a	0,900 ± 0,040 ^a	0,936 ± 0,077 ^a
	5 ^a	1,163 ± 0,101 ^a	1,212 ± 0,091 ^a
	6 ^a	1,324 ± 0,603 ^a	1,288 ± 0,384 ^a
Conversão Alimentar	1 ^a	0,574 ± 0,055 ^a	0,563 ± 0,039 ^a
	2 ^a	0,686 ± 0,052 ^a	0,728 ± 0,100 ^a
	3 ^a	1,411 ± 0,050 ^a	1,390 ± 0,085 ^a
	4 ^a	1,871 ± 0,168 ^a	1,858 ± 1,137 ^a
	5 ^a	2,219 ± 0,256 ^a	2,217 ± 0,199 ^a
	6 ^a	3,027 ± 0,100 ^a	2,761 ± 0,098 ^a

^{a-b}Médias seguidas de sobrescritos diferentes na mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve interação entre os fatores iluminância e fonte de luz ($P > 0,05$) para os índices de desempenho zootécnico: peso vivo, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.

4. Conclusões

As aves submetidas a fonte de iluminação à base de diodo emissor de luz nas faixas do azul/verde apresentaram melhor desempenho produtivo (peso vivo e ganho de peso) nas primeiras semanas do ciclo de produção.

As iluminâncias de 20 lx e 5-20 lx proporcionaram as aves melhor desempenho ao final do ciclo de produção (peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar).

5. Referências

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/noticia/projecoes-e-perspectivas-da-avicultura-e-da-suinocultura-2285>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

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.

AHMAD, F.; ASHRAF, A. M.; ABBAS, G.; SIDDIQUI, M. Z. Effect of Different Light Intensities on the Production Performance of Broiler Chickens. *Pakistan Veterinary Journal*, v.31, n.3, p. 203 - 206, 2011.

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. v. 22, n.6, p. 711–728 2013.

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

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Climas. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/>. Acesso em: 15 de junho de 2017.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010. 269 p.

BARACHO, M. S., NAAS, I. A., NASCIMENTO, G. R., CASSIANO, J. A., OLIVEIRA, K. R. Surface Temperature Distribution in Broiler Houses. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.13, n.3, p. 177-182, 2011.

BARBOSA FILHO, J. A. D. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens. Piracicaba: USP - ESALQ, 2004. 140p. Dissertação Mestrado.

BORILLE, R.; GARCIA, R. G.; ROYER, A. F. B; SANTANA, M. R.; COLET, S.; NAAS, I. A.; CALDARA, F. R; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; ROSA, E. S.; CASTILHO, V. A. R. The use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.15, n.2, p.135-140, 2013.

BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CATON, G. H. Black globe humidity comfort index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transaction of the ASAE*, v.24, n.4, p.711-714, 1981.

CARVALHO, T. M. R.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; BUENO, L. G. F.; LIMA, K. A. O. Use of geostatistics on broiler production for evaluation of different minimum ventilation systems during brooding phase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.1, p.194-202, 2012.

CARVALHO, M. A.; SILVA, C. R. L.; NETO, A. N. Exportações brasileiras de produtos agrícolas e mudanças na demanda mundial de alimentos. *Economia e Sociedade*, v.13, n.2, p.133-145, 2016.

CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; SILVA, J. N.; VIGODERIS, R. B.; PINTO, F. A. C.; CECON, P. R. Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 1, p. 217-224, 2010.

DAHLKE, F; GONZALES, E.; GADELHA, A. C.; MAIORKA, A.; BORGUES, S. A.; ROSA, P. S.; FARIA FILHO, D. E.; FURLAN, R. L. 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.

DEEP, A., SCHWEAN-LARDNER, K., CROWE, T.G., FANCHER, B.I., CLASSEN, H.L. Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics and welfare. *Poultry Science*, v. 89, n.11, p. 2326–2333, 2010.

ER, D.; WANG, Z.; CAO, J.; CHEN, Y. Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research*. v.16, n.4, p.605–612, 2007.

KRISTENSEN, H. H.; PRESCOTT, N.B.; PERRY, G.C. The behavior of broiler chickens in different light sources and illuminances. *Applied Animal Behaviour Science*, v.103, n. 1-2, p.75-89, 2007.

LIMA, K.A.O.; MOURA, D.J.; NAAS, I.A.; PERISSINOTTO, M. Estudo da influência de ondas de calor sobre a produção de leite no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, Campinas, v. 1, n.1, p. 63-73, 2007.

LUPATINI, F. Avaliação do efeito de variáveis produtivas na conversão alimentar de frangos de corte. Goiânia: UFG - EVZ, 2015. 55p. Dissertação Mestrado.

Manual da Cobb 500™ - Suplemento: Desempenho e Nutrição para Frangos de Corte. Disponível em: http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/NILVAKAZUESAKO MURA/suplemento_cobb_500.pdf. Acesso em: 10 julho de 2017.

MARCHINI, C.F.P.; SILVA, P.L.; NASCIMENTO, M.R.B.M.; TAVARES, M. Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. *Archives of Veterinary Science*, v.12, n.1, p. 41-46, 2007.

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.

MENEGALI, I.; BAETA, F. C.; TINOCO, I. DE F. F.; CORDEIRO, M. B.; GUIMARÃES, M. C. C. Desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes sistemas de instalações semiclimatizadas no sul do Brasil. *Engenharia na Agricultura*, v.18, n.6, p.461-471, 2010.

MORRIL, W. B. B. Iluminação por diodo emissor de luz e sua influência na produção de frangos de corte. Recife: UFRPE, 2014. 83p. Tese Doutorado.

NÄÄS, I. A., ROMANINI, C. E. B., NEVES, D. P.; NASCIMENTO, G. R.; VERCELLINO, R. A. Broiler surface temperature distribution of 42-day-old chickens. *Scientia Agricola*, v.67, n.5, p.497-502, 2010.

NASCIMENTO, S. T. Determinação do balanço de calor em frangos de corte por meio das temperaturas corporais. Piracicaba: USP - ESALQ, 2010. 149p. Dissertação Mestrado.

NASCIMENTO, S. T.; SILVA, I. J. O.; MOURÃO, G. B.; CASTRO, A. C. Bands of respiratory rate and cloacal temperature for different broiler chicken strains. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.41, n.5, p.1318-1324, 2012.

NASCIMENTO, G. R., NÄÄS, I. A., PEREIRA, D. F., BARACHO, M. S., GARCIA, R. Assessment of Broiler surface temperature variation when exposed to diferente air temperatures. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 13, n.4, p.259-263, 2011.

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. *Revista Nutritime*, v.13, n.1, p.4550-4557, 2016.

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.

NAZARENO, A.C.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; VIGODERIS, R.B.; PEDROSA, E.M.R. Bem-estar na produção de frangos de corte em diferentes sistemas de criação. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.31, n.1, p-13-22, 2011.

OLANREWAJU, H. A.; THAXTON, J. P.; DOZIER, W. A.; PURSWELL, J. L.; ROUSH, W. B.; BRANTON, S. L. A review of lighting programs for broiler production. *International Journal of Poultry Science*, v. 5, n. 4, p. 301-308, 2006.

OLANREWAJU, H. A.; PURSWELL, J. L.; COLLIER, S. D.; BRANTON, S. L. Effect of varying light intensity on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens grown to heavy weights. *International Journal Poultry Science*. v.10, n.12, p. 921–926. 2011.

OLANREWAJU, H. A.; MILLER, W. W.; MASLIN, W. R.; COLLIER, S. D.; PURSWELL, J. L.; BRANTON, S. L. Effects of strain and light intensity on growth performance and carcass characteristics of broilers grown to heavy weights. *Poultry Science*, v.93, n.8, p.1890-1899, 2014.

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.

ROSA, C. O., GARCIA, R. G., DE ALENCAR NÄÄS, I., DA SILVA LIMA, N. D.; DA COSTA, J. S. Análise econômica de diferentes sistemas de iluminação em aviários dark house. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, v. 19, n. 1, 2017.

RODRIGUES, V. V.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. *International Journal of Biometeorology*, v.1, n.55, p.455-459, 2010.

SANTANA, M. R.; GARCIA, R. G.; NAAS, I. A.; PAZ, I. C. L. A.; CALDARA, F. R.; BARRETO, B. Light emitting diode (LED) use in artificial lighting for broiler chicken production. *Engenharia Agrícola*, v.34, n.3, p. 422-427, 2014.

SANTOS, M. B.; RABELLO, C. B.; PANDORFI, H.; TORRES, T. R.; SANTOS, P. A.; CAMELO, L. C. L. Fatores que Interferem no estresse térmico de frangos de corte. *Revista Nutritime*, v. 9, n.6, p. 1779-1786, 2012.

SANTOS, M. J. B.; PANDORFI H.; RABELLO C. B. V.; SILVA E. P.; TORRES T. R.; SANTOS P. A.; MORRIL W. B.; DUARTE N. M. Performance of free-range chickens reared in production modules enriched with shade net and perches. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. vol. 16, n. 1, p. 19-28, 2014.

SAS - Statistical Analysis System. 2007. SAS Companion for the Microsoft Windows Environment. Version 8, Cary: 2007.

SULTANA, S.; HASSAN, MD. R.; CHOE, H. S.; RYU, K. S. The effect of monochromatic and mixed LED light colour on the behaviour and fear responses of broiler chicken. *Avian Biology Research*, v. 6, n. 3, p. 207-214, 2013.

USDA - U.S. Department of Agriculture. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso em: 15 de junho de 2018.

VIGODERIS, R. B.; CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; MENEGALI, I.; SOUZA JÚNIOR, J. P.; HOLANDA, M. C. R. Avaliação do uso de ventilação mínima em galpões avícolas e de sua influência no desempenho de aves de corte no período de inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 6, 2010.

VOGADO, G. M. S.; VOGADO, K. T. S.; FONSECA, W. J. L.; FONSECA, W. L.; OLIVEIRA, A. M.; VOGADO, W. F.; LUZ, C. S. M. Evolução da avicultura Brasileira. *Nucleus Animalium*, v. 8, p. 49-58, 2016.

ZHANG, L.; ZHANG, H.J.; QIAO, X.; YUE, H.Y.; WU, S.G.; YAO, J.H.; QI, G.H. Effect of monochromatic light stimuli during embryogenesis on muscular growth, chemical composition, and meat quality of breast muscle in male broilers. *Poultry Science*, v.91, n.4, p.1026-1031, 2012.

ZHANG, L.; ZHU, X. D.; WANG, X. F.; LI, J. L.; GAO, F.; ZHOU, G. H. Green Light-emitting Diodes Light Stimuli during Incubation Enhances Posthatch Growth without Disrupting Normal Eye Development of Broiler Embryos and

Hatchlings. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. v. 29, n.11, p. 1562-1568, 2016.

Considerações Finais

- A iluminação artificial caracteriza-se como uma poderosa ferramenta de manejo para avicultura de frango de corte;
- O uso de lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) na produção de frango de corte é uma alternativa viável, uma vez que tem melhor eficiência energética, vida útil mais longa e pode emitir luz em comprimentos de ondas diferentes nas instalações avícolas. No entanto, os efeitos dos espectros luminosos emitidos por esse tipo de lâmpada sobre as aves ainda são praticamente desconhecidos, devido à escassez de pesquisas científicas;
- As variáveis meteorológicas e os índices de conforto térmico ambientais apontaram que as exigências das aves não foram atendidas de forma adequada, devido à ausência de sistema de climatização artificial;
- A iluminância e os diferentes comprimentos de onda de luz na produção de aves apresentam efeitos na frequência dos comportamentos e no bem-estar dos frangos de corte;
- O uso de lâmpadas LED, na combinação azul/verde, apresentou maior frequência de observação em comportamentos alimentares e diminuiu o estresse, ocasionado pela redução do desconforto, apresentando maior frequência dos comportamentos naturais em condições de conforto, como: bicar objetos, bicar não agressivamente, explorar penas, ciscar e banho de areia;
- As aves submetidas à iluminância de 20 lx e 5-20lx foram as que apresentaram melhor desempenho produtivo final (peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar). Assim, a escolha da iluminância, deverá levar em conta outros fatores, como o consumo de energia elétrica pelo sistema.