

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA

Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

ALINE MIRELLA FERNANDES

**EFEITOS DA ILUMINAÇÃO MONOCROMÁTICA NOS PARÂMETROS
COMPORTAMENTAIS, SANGUÍNEOS E DE PRODUÇÃO DE OVOS DE GALINHA
POEDEIRAS**

Tupã - SP

2021

ALINE MIRELLA FERNANDES

**EFEITOS DA ILUMINAÇÃO MONOCROMÁTICA NOS PARÂMETROS
COMPORTAMENTAIS, SANGUÍNEOS E DE PRODUÇÃO DE OVOS DE GALINHA
POEDEIRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Tupã, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento.

Área de concentração: Agronegócio e Desenvolvimento

Linha de pesquisa: Desenvolvimento e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Danilo Florentino Pereira

Coorientadores: Prof. Dr. Diogo de Lucca Sartori e Prof. Dr Flávio José de Oliveira Moraes.

Tupã - SP

2021

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação da FCE – Unesp, Câmpus Tupã:

F391d Fernandes, Aline Mirella.
Efeitos da iluminação monocromática nos parâmetros comportamentais, sanguíneos e de produção de ovos de galinha poedeiras. / Aline Mirella Fernandes. – Tupã: [s.n.], 2021.
104 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Universidade Estadual Paulista UNESP – Faculdade de Ciências e Engenharia, 2021.

Orientador: Danilo Florentino Pereira
Coorientador: Diogo de Lucca Sartori
Coorientador: Flávio José de Oliveira Morais

1. Análise de Imagens. 2. Coeficiente de Forma. 3. Lâmpada LED. 4. Qualidade de Ovos. 5. Zootecnia de Precisão. I. Título. II. Autor.

Fonte: Eliana Kátia Pupim, bibliotecária CRB 8 – 6202.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITOS DA ILUMINAÇÃO MONOCROMÁTICA NOS
PARÂMETROS COMPORTAMENTAIS, SANGÜÍNEOS E DE
PRODUÇÃO DE OVOS DE GALINHA POEDEIRAS**

AUTORA: ALINE MIRELLA FERNANDES

ORIENTADOR: DANILO FLORENTINO PEREIRA

COORDENADOR: FLÁVIO JOSÉ DE OLIVEIRA MORAIS

COORDENADOR: DIOGO DE LUCCA SARTORI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em
AGRONEGÓCIO E DESENVOLVIMENTO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DANILO FLORENTINO PEREIRA (Participação Virtual)

Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP
- Tupã/SP

Profa. Dra. DANIELLA JORGE DE MOURA (Participação Virtual)

Departamento de Construções Rurais / Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP -
Campinas/SP

Prof. Dr. MARIO MOLLO NETO (Participação Virtual)

Departamento de Engenharia de Biossistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE -
UNESP - Tupã/SP

Tupã, 26 de fevereiro de 2021.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a Deus, sem a sua direção a conclusão deste trabalho não seria possível. Dedico esta pesquisa a todos os professores que me influenciaram na minha trajetória. Em especial ao professor Dr. Danilo Florentino Pereira, meu orientador, com quem compartilhei minhas dúvidas e angústias a respeito do tema. Pelo carinho, afeto, dedicação e cuidado que meus pais me deram durante toda a minha existência, dedico esta dissertação a eles. Dedico este trabalho à minha sogra por todo apoio, incentivo e atenção dedicada à minha filha, durante minha ausência ao longo de todo o curso. Dedico ao meu irmão pelo incentivo, apoio e por ter compartilhado seu conhecimento comigo. Dedico a minha filha e ao meu marido que tiveram que suportar a minha ausência em diversos momentos para que este trabalho fosse realizado. Dedico esta dissertação a todos os meus colegas de curso, grandes companheiros de jornada. Em especial as minhas amigas (Nutriamigas), pelo apoio e incentivo durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Sr. Marcelo Maki e a granja Maki por ceder as aves e a ração.

Agradeço a Lubing do Brasil por doar os nipples.

A Elisabete Aparecida Lopes Guastalli do Instituto Biológico de Bastos pelas análises bromatológica.

Agradeço a Fernanda Paes de Oliveira e a Silvana Gomes Gonzalez pela coleta e análise de sangue das aves.

A Mônica Manzione responsável técnica do biotério da FCE/UNESP pelo apoio e orientações no manejo das aves.

A Regiane Canatto responsável técnica do laboratório de Conforto Ambiental da FCE/UNESP pelo acompanhamento nas análises da gravidade específica dos ovos.

Agradeço ao comitê de coorientação: Prof. Dr. Diogo de Lucca Sartori e Prof. Dr. Flávio José de Oliveira Moraes, por todo auxílio e contribuição para este trabalho.

A meu irmão Fábio Henrique Fernandes pelo incentivo e apoio.

Agradeço ao meu pai Vicente Fernandes, pelo apoio e manutenção das instalações do biotério da FCE/UNESP antes, durante e após o estudo.

Ao meu marido Fabrício Medina Silva pela assistência tecnológica.

A minha mãe Marli Coutinho Rocha Fernandes e minha sogra Marlene Jesus Medina Silva pelo cuidado com minha filha durante a minha ausência.

Agradeço a minha filha Sofia pela compreensão nos momentos de minha ausência durante esta caminhada.

FERNANDES, A.M. Efeitos da iluminação monocromática nos parâmetros comportamentais, sanguíneos e de produção de ovos de galinha poedeiras. 2021.104f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Tupã, 2021.

RESUMO

A visão das aves é muito mais desenvolvida, quando comparado aos seres humanos, pois enxergam de forma diferente a mesma intensidade de luz devido a sensibilidade de seu espectro visível. O objetivo dessa pesquisa foi verificar os efeitos da iluminação azul, verde, vermelho e branco no comportamento, produção de ovos e parâmetros fisiológicos de galinhas poedeiras. Neste estudo foram utilizadas 80 galinhas da linhagem Lohmann, com 29 semanas de idade no início do estudo. Foram divididos em grupos de 20 indivíduos e alojadas em quatro aviários de escala reduzida, com fotoperíodo de 17h de luz. As aves foram monitoradas durante três ciclos de produção de 28 dias cada. Cada grupo foi submetido a um tratamento de iluminação LED nas cores azul, verde, vermelho e branco, com iluminância de aproximadamente 100 lux. A ração foi ministrada diariamente na quantidade de 110g/ave uma vez ao dia pela manhã com acesso à água *ad libitum*. Os ovos foram coletados duas vezes ao dia. Para análise da forma do ovo, foram registradas imagens de todos os ovos coletados durante o estudo. Essas imagens foram analisadas computacionalmente e medidas de área de perímetro foram extraídas para o cálculo do coeficiente de forma. Todos os 6.383 ovos foram analisados e extraídos os valores das seguintes medidas: peso do ovo, altura da gema, resistência da casca, espessura da casca, unidade Haugh e gravidade específica. Para a determinação da porcentagem de lipídios e proteínas foram separadas amostras de 15 ovos de cada tratamento, no último dia de cada ciclo de produção. Para o monitoramento do ambiente térmico, em cada galpão foi instalado um *data logger* posicionado ao centro da instalação e na altura das aves para registro de temperatura e umidade relativa do ar. As aves foram monitoradas por câmeras de vigilância, instaladas no centro da cobertura dos galpões e direcionadas para o piso, com gravação durante 15 minutos no período da manhã e 15 minutos no período da tarde com a finalidade de filmar o comportamento de grupo das aves em cada tratamento. Os resultados evidenciam que as aves submetidas ao manejo de luz azul apresentaram maior produção de ovos por ave, maior resistência da casca e peso dos ovos. A análise de imagens dos ovos permitiu avaliar o coeficiente de forma com precisão, sendo possível verificar que os ovos do tratamento azul foram os mais alongados. Observou-se que a agitação das aves foi maior na luz azul enquanto que a luz vermelha causou maior aglomeração das aves. A relação H/L e os níveis de proteínas plasmáticas totais se mantiveram próximos dos padrões de normalidade.

Palavras-chave: Análise de imagens. Coeficiente de forma. Lâmpada LED. Qualidade de ovos. Zootecnia de precisão.

FERNANDES, A.M. Effects of monochrome lighting on behavioral, blood parameters and the production of laying hen's eggs. 2021.104p. Dissertation (Master in Agribusiness and Development) - Faculty of Science and Engineering, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Tupã, 2021.

ABSTRACT

The vision of birds is much more developed when compared to humans, as they see differently the same intensity of light due to the sensitivity of their visible spectrum. The objective of this research was to verify the effects of blue, green, red and white lighting on the behavior, egg production and physiological parameters of laying hens. In this study, 80 Lohmann chickens, 29 weeks old, were used at the beginning of the study. They were divided into groups of 20 individuals and housed in four small scale aviaries with a photoperiod of 17 hours of light. The birds were monitored during three production cycles of 28 days each. Each group underwent an LED lighting treatment in blue, green, red and white, with an illuminance of approximately 100 lux. The ration was administered daily in the amount of 110g / bird once a day in the morning with access to water ad libitum. The eggs were collected twice a day. For analysis of the egg shape, images of all the eggs collected during the study were recorded. These images were analyzed computationally and measurements of perimeter area were extracted to calculate the shape coefficient. All 6,383 eggs were analyzed and the values of the following measures were extracted: egg weight, yolk height, shell resistance, shell thickness, Haugh unit and specific gravity. To determine the percentage of lipids and proteins, samples of 15 eggs from each treatment were separated on the last day of each production cycle. To monitor the thermal environment, a datalogger was installed in each shed positioned in the center of the installation and at the height of the birds to record temperature and relative humidity. The birds were monitored by surveillance cameras, installed in the center of the shed cover and directed to the floor, recording for 15 minutes in the morning and 15 minutes in the afternoon in order to film the group behavior of the birds in each treatment. The results show that birds subjected to the management of blue light showed higher egg production per bird, greater shell resistance and egg weight. The analysis of images of the eggs allowed to evaluate the coefficient accurately, being possible to verify that the eggs of the blue treatment were the most elongated. It was observed that the birds agitation was greater in the blue light while the red light caused greater agglomeration of the birds. The H / L ratio and the total plasma protein levels remained close to normal standards.

Keywords: Image analysis. Form coefficient. Led lamp. Egg quality. Precision animal science.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Histórico do consumo de ovos per capita de brasileiros.....	18
Figura 2. Evolução anual da produção de ovos de galinha no Brasil (2015-2019)...	19
Figura 3. Mecanismo fotossensível das aves e hormônios reprodutivos.....	26
Figura 4. Sistema reprodutor da galinha	28
Figura 5. Estrutura do ovo	35
Figura 6. <i>Layout</i> dos aviários experimentais.	46
Figura 7. Foto panorâmica dos aviários em escala reduzida e distorcida utilizados neste estudo.....	47
Figura 8. Espectros luminosos, modelo das lâmpadas e respectivos fluxos luminosos das fontes (LED's) que serão usadas nesse estudo: A) branco, B) azul, C) verde e D) vermelho, utilizadas nos tratamentos.	48
Figura 9. Imagens do A) Datalogger Hobo U12-012, utilizando para registro dos dados experimentais de ambiente térmico e B) Painel desenvolvido para de monitoramento da temperatura em tempo real.	50
Figura 10. Exemplo de segmentação de uma imagem. A) Imagem original recortada e B) imagem segmentada.	52
Figura 11. Exemplo de grupo de aves que se encostam na A) imagem original e B) após o processamento e binarização da imagem.	54
Figura 12. Tela do programa Welfare Monitor® em funcionamento.....	55
Figura 13. Laboratório de Conforto Ambiental com detalhe na A) máquina DET-6000® da Nabel utilizada para a análise da qualidade dos ovos e B) recipientes com solução salina utilizados para registro da gravidade específica dos ovos.	56
Figura 14. Sistema de captura das imagens dos ovos, sendo que A) detalhe da câmera instalada no tripé e B) pesquisador registrando as imagens dos ovos.....	57
Figura 15. Demonstração da imagem digital captada de um ovo e o processamento na tela do programa <i>Egg Shape</i>	57
Figura 16. Variação do ITU de hora em hora para os ciclos de produção 1, 2 e 3...	61

Figura 17. Produção de ovos semanal (A) e acumulada (B) por tratamento de iluminação em função da idade das aves.	63
Figura 18. Resistência da casca por tratamento de iluminação.	67
Figura 19. Gráfico de intervalos de confiança da média para os Índices de Agitação verificados para os tratamentos de luz azul, verde e vermelha.....	70
Figura 20. Gráfico de intervalos de confiança da média para os Índices de Aglomeração verificados para os tratamentos de luz azul, verde e vermelha.....	71
Figura 21. Gráfico de valores médios diários para A) Índice de Agitação e B) Índice de Aglomeração, referente as amostras de vídeos de 15 minutos gravados e analisados por período do dia.	72
Figura 22. Gráfico de interação para Agitação (A) e Aglomeração (B) de conforto por tratamento.	73
Figura 23. Comparação de glicose sérica após 90 dias de exposição das aves nos tratamentos de iluminação azul, verde e vermelho.	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classificação dos ovos	39
Quadro 2. Piolhos mastigadores em galinhas domésticas (<i>Gallus gallus</i>)	44
Quadro 3. Características da construção dos aviários em escala reduzida e distorcida.	46
Quadro 4. Fator de utilização (U) do local definido de índice do local e valores de refletâncias.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição Nutricional do Ovo (100g).	36
Tabela 2. Quantidades de lâmpadas calculadas para cada tratamento considerando os fluxos luminosos de cada lâmpada fornecido pelo fabricante e as características construtivas dos galpões.	49
Tabela 3. Resultados do teste de comparações de média para as variáveis peso do ovo, altura da gema, Unidade Haugh, resistência da casca, espessura da casca, gravidade específica e coeficiente de forma para os tratamentos de iluminação monocromática.	65
Tabela 4. Resultados de qualidade e coeficiente de forma dos ovos por ciclo de produção.	68
Tabela 5. Análises de proteínas e lipídios dos ovos de aves expostas a diferentes tratamentos	69
Tabela 6. Índice de agitação para cada tratamento entre os níveis das variáveis período do dia, ciclo de produção e conforto térmico	74
Tabela 7. Índice de aglomeração para cada tratamento entre os níveis das variáveis período do dia, ciclo de produção e conforto térmico	74
Tabela 8. Valores médios dos parâmetros sanguíneos após 90 dias de exposição das aves nos tratamentos de iluminação azul, verde e vermelho.	77

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 OBJETIVO.....	16
1.1 Objetivo geral.....	16
1.2 Objetivos específicos.....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Avicultura de postura.....	17
2.2 Comportamento e bem-estar das aves de postura	20
2.3 Visão e iluminação das aves	25
2.4 Sistema de Iluminação na avicultura.....	31
2.5 Qualidade dos ovos	34
2.6 Efeito da luz sobre parâmetros fisiológicos em galinhas poedeiras.....	40
2.7 Ectoparasitas na avicultura	42
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
3.1 Descrição das aves e dos aviários.....	45
3.2 Monitoramento do ambiente térmico	50
3.3 Sistema de monitoramento das aves	51
3.4 Medidas dos índices de aglomeração e agitação.....	52
3.5 Sistema de Análise do comportamento das aves	53
3.6 Medição da produção e qualidade dos ovos das aves	55
3.7 Análise da forma dos ovos	56
3.8 Análise sanguínea	58
3.9 Delineamento de análise estatística	59
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
4.1 Condições térmicas durante o estudo	60
4.2 Produção de ovos	62

4.3. Qualidade dos ovos	65
4.3 Análise dos comportamentos	70
4.4 Análise dos parâmetros sanguíneos.....	76
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS.....	82
ANEXO	101

INTRODUÇÃO

De acordo com Censo Agropecuário de 2017, a avicultura é uma das principais atividades econômicas do Brasil, com mais de 3,2 milhões de estabelecimentos seja na produção de frangos de corte, galinhas de postura, perus, patos ou avestruzes (IBGE, 2019a).

Na avicultura de postura, 99,6% de toda produção do país é destinado ao mercado interno (ABPA, 2019). No primeiro trimestre de 2019, foram produzidas 912,64 milhões de dúzias de ovos de galinha, sendo que o Estado de São Paulo é o maior produtor de ovos, apresentando 27,9% da produção nacional (IBGE, 2019b). A cidade de Bastos, localizada no Estado de São Paulo, é conhecida internacionalmente como uma das maiores produtoras de ovos no mundo, representando 36% do total da produção de ovos do Estado de São Paulo (APTA, 2019).

Segundo Jordan e Tavares (2005), as aves são muito sensíveis a iluminação dos criatórios. Wang et al. (2019), relatam que a luz desempenha um papel importante no desempenho reprodutivo por meio da foto estimulação para iniciar o processo de maturação sexual nas aves (JORDAN e TAVARES, 2005; HANLON, et al., 2020). Assim, a luz é detectada pelos receptores do hipotálamo, no qual emitem uma mensagem hormonal para secretar o hormônio gonadotrófico (GnRH), e este estimula a hipófise a liberar os hormônios folículo estimulante (FSH) e luteinizante (LH), que são essenciais para o desenvolvimento do oviduto e folículo das aves (ECHES, 1994; BÉDÉCARRATS, et al., 2009; BÉDÉCARRATS, BAXTER e SPARLING, 2016). Desse modo, a iluminação artificial é amplamente utilizada na indústria avícola para melhorar o desempenho reprodutivo (WANG, et al., 2019).

A iluminação artificial em poedeiras é uma importante ferramenta de manejo para produção comercial de ovos, pois atua no crescimento das aves (FREITAS, et al., 2005) e na maturidade sexual (MORENG, 1990).

A iluminação de LED proporciona alterações na qualidade dos ovos em comparação a iluminação fluorescente (LONG, et al., 2016). LI, et al. (2014), verificaram que a iluminação monocromática afetou a qualidade e a forma dos ovos, já Archer (2019) verificou que a iluminação monocromática pode afetar o bem-estar das aves, alterando a relação heterofilo/linfócito e a concentração plasmática de corticosterona.

A Iluminação monocromática afeta também o peso corporal e o comportamento das aves (SOLIMAN e EL-SABROUT, 2020) e o desenvolvimento sexual (GONGRUTTANANUN, 2011).

O espectro luminoso da fonte de iluminação é importante para as aves e para a produção, justificando a necessidade de aprofundamento dos estudos relacionados. Conhecer os efeitos do espectro luminoso no comportamento, na produção e na qualidade dos ovos de poedeiras passa a ser importante para compreender como essas aves reagem a cada comprimento de onda. Esse conhecimento pode contribuir para a melhoria do bem-estar das aves em ambiente de produção comercial e melhorar o desempenho produtivo dos animais.

A hipótese dessa pesquisa é que o nível de atividade motora, ganho de peso, produção e qualidade de ovos são afetados por cada comprimento de onda da iluminação e que essas alterações podem ser medidas com instrumentos e metodologias de precisão.

1 OBJETIVO

1.1 Objetivo geral

O objetivo dessa pesquisa foi verificar os efeitos das iluminações monocromáticas (branco, azul, verde e vermelho) no comportamento, produção, qualidade dos ovos e nos parâmetros sanguíneos de galinhas poedeiras.

1.2 Objetivos específicos

a) avaliar os comportamentos de aglomeração e agitação das aves submetidas aos tratamentos de iluminação monocromática; b) comparar a produção e a qualidade de ovos, inclusive valores nutricionais através da porcentagem de lipídios e proteínas; c) verificar possíveis deformidades dos ovos para diferentes condições de iluminação monocromática; d) detectar o estresse das aves sob diferentes comprimentos de onda de iluminação com luz monocromática por meio de índices fisiológicos como: relação heterófilo/linfócito (H/L), os níveis de cortisol por meio dos metabólitos fecais, proteína plasmática total e a concentração de glicose plasmática; e) realizar análise do comportamento das aves por imagens digitais; e f) realizar análise de parâmetros de qualidade dos ovos por imagens digitais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Avicultura de postura

Registros apontam que por volta de 8 mil anos atrás, a espécie *Gallus gallus Domesticus* (galinha) era domesticada na Índia, China e em outras regiões da Ásia, que desde então, se propagaram por toda Europa. No Brasil, as galinhas de posturas chegaram ao país acompanhadas da tripulação portuguesa, na época do descobrimento do país (SANTOS FILHO, et al., 2011).

No país, o sistema de produção de ovos é constituído por produtores de pequeno, médio e grande porte (MOURA, FEIL, e SGAVIOLI, 2019).

Segundo Freitas (2003), “A avicultura brasileira é um importante setor da economia nacional e mundial, alcançando índices produtivos altamente relevantes”.

Em 2018, o Brasil esteve em 5º lugar no *ranking* dos maiores produtores mundiais de ovos comerciais, estando a sua frente, China em 1º lugar), Estados Unidos em 2º lugar, Índia em 3º lugar e México em 4º lugar (FAO, 2020).

No Brasil, os ovos são produzidos utilizando alta tecnologia, apontando alta eficiência de produção, sendo considerado um produto de boa qualidade (ALCÂNTARA, 2012). Quando comparado a outros países, a avicultura brasileira destaca-se por apresentar tipologia de aviários abertos, garantindo resultados positivos quanto ao desempenho e bem-estar das aves, qualidade do ar das instalações e estado sanitário dos lotes (ABREU e ABREU, 2011).

A avicultura brasileira é caracterizada por apresentar uma grande produtividade, em virtude de fatores como a nutrição, genética, manejo e ambiência, além do programa de luz, que é uma das ferramentas mais importantes para melhorar o desempenho das aves (LIMA, 2014).

No Brasil, de acordo com o Censo Agro 2017 do IBGE (2019a), a avicultura é a principal atividade da pecuária, visto que são mais de 3,2 milhões de estabelecimentos agropecuários, seja na produção de frangos de corte ou galinhas de postura, perus, patos ou avestruzes.

Em 2019, o Brasil produziu 49.055.709.215 ovos (IBGE, 2020) e exportou 7.698 toneladas de ovos, destes, 62% foram ovos *in natura* e 38% industrializados para os países da América, Ásia, África, Europa, Oriente Médio, União Europeia e Oceania (ABPA, 2020).

No setor da avicultura brasileira, a comercialização das aves é dividida entre duas finalidades distintas: a incubação, destinada à reprodução das aves de

corte e a postura, destinada à comercialização de ovos para consumo humano, seja ele direto ou indireto (AMARAL, et al., 2016). De acordo com o IBGE, a proporção de produção nacional de ovos produzidos no Brasil é 20% destinado à incubação e 80% destinado ao consumo (IBGE, 2019b).

Segundo recente relatório da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) o consumo de ovos (*per capita*) no Brasil tem aumentado nos últimos anos (Figura 1), uma vez que 99,6% de toda produção do país é destinado ao mercado interno (ABPA, 2020).

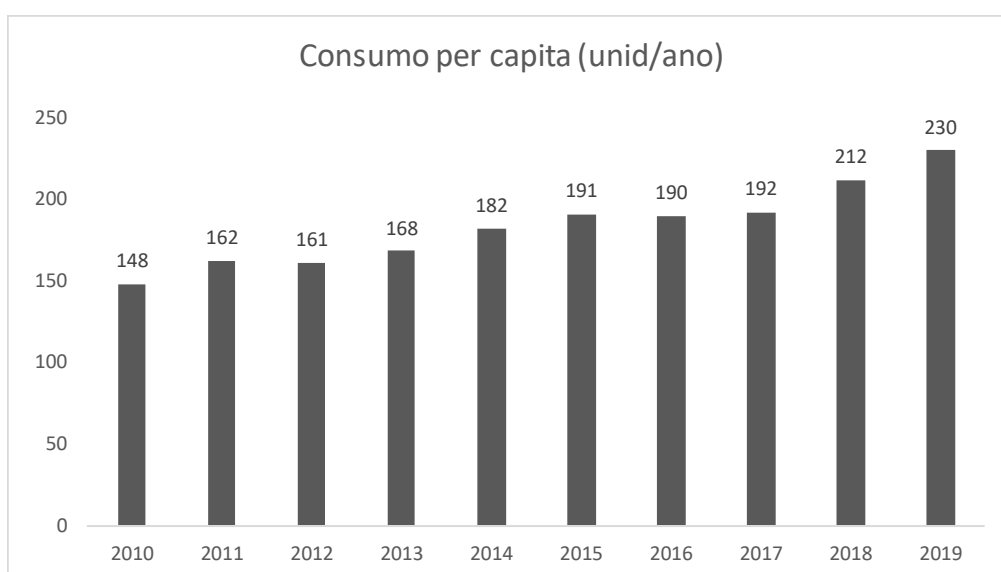


Figura 1. Histórico do consumo de ovos per capita de brasileiros

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Proteína Animal (2020).

Em consequência, a produção dos ovos vem aumentando consideravelmente nos últimos anos. No segundo trimestre de 2019, foram produzidas 930,93 milhões de dúzias de ovos de galinha, sendo o Estado de São Paulo, o principal produtor de ovos, apresentando 27,9% da produção nacional (ABPA, 2019). Na Figura 2, pode-se verificar a evolução da produção de ovos de galinha poedeiras desde o ano de 2015.



Figura 2. Evolução anual da produção de ovos de galinha no Brasil (2015-2019).

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Proteína Animal (2019).

Segundo o IBGE (2020), no segundo trimestre de 2020, a produção de ovos foi de 965,41 milhões de dúzias, evidenciado um aumento de 1,9% em relação ao mesmo trimestre de 2019 e estabilidade diante à produção do 1º trimestre de 2020.

São diversos os polos de produção de ovos, sendo o município de Bastos, estado de São Paulo, conhecido internacionalmente como um dos maiores produtores do setor de postura no mundo, ressaltando a extensão da avicultura brasileira, marcada pela disciplina, tradição, qualidade, sanidade e a eficiência que permitiram ao setor garantir a presença do produto avícola do Brasil na mesa de consumidores (ABPA, 2018), representando 36% do total da produção de ovos do estado (APTA, 2019).

Segundo o Sindicato Rural de Bastos (2020), em 2019, Bastos e os municípios vizinhos (Iacri, Rinópolis e Rancharia) produziram 1.907.867,5 dúzias de ovos por dia.

Em Bastos, a avicultura teve início na década de 40, após perceberem que por questões nutricionais, o solo do local era improdutivo. Desta maneira, a produção agrícola tornou-se inviável. Contudo, foi apenas no final da década de 50 que o município se destacou nacionalmente como um dos maiores produtores de ovos (SANTOS FILHO, et al., 2011).

No Brasil, o modelo convencional (gaiolas) é o principal sistema de produção de ovos, porém, este sistema prejudica o comportamento natural das aves

(ciscar, tomar banho de areia, ter acesso a ninhos e poleiros), afeta a qualidade do ovo e o estresse térmico. Portanto, visando o bem-estar animal, este modelo está sendo substituído por outras alternativas de sistemas de criação (SILVA, 2019).

No Brasil, o principal sistema de produção de ovos adotado pelas granjas é modelo convencional, que mantém animais confinados em gaiolas (SILVA, 2019), com densidade que varia entre 350 cm² a 450 cm² por ave (SILVA e MIRANDA, 2009; AMARAL, et al., 2016). Neste sistema de produção, é comum a iluminação artificial ser utilizada para complementar o fotoperíodo natural (FREITAS, et al., 2005). A iluminação nos aviários é composta por um período fotofase (período de iluminação), que não deve ser inferior a 12 horas ou superior a 17 horas (OUROS, 2019), e por um período de escotofase (período de escuro), com duração complementar a fotofase (ETCHES, 1994).

Há outros sistemas de produção de ovos, como os alternativos que são livres de gaiolas, como por exemplo, *cage-free*, *free-range*, criação orgânica e caipira (SILVA, 2019).

No sistema *cage-free* as aves são criadas soltas em galpões permitindo acesso a poleiros, banho de areia e ninho, além disso, possibilita o ato de ciscar e expressar todos os comportamentos naturais (SILVA, 2019).

No *free-range* aplica-se todas as exigências do *cage-free*, porém, as aves também têm acesso a área externa em algum momento do dia, podendo se alimentar de insetos e forragens (CARVALHO, et al., 2017).

No sistema de produção orgânica, além de respeitar o bem-estar das poedeiras (SILVA, 2019), os ovos devem ter certificação orgânica, sendo proibido o uso de agrotóxicos (MATT, et al., 2011). A aplicação de fitoterápicos é utilizada como forma de tratamento e prevenção (ARENALES, et al., 2008) e a debicagem nas aves é proibida (SILVA, 2019).

No sistema de produção de ovos caipiras a ave tem acesso ao ar livre e segue todos os critérios citados no sistema *cage-free*. Além disso, a legislação exige que a alimentação deve ser apenas de origem vegetal, sem a utilização de corantes e pigmentos sintéticos (SILVA, 2019).

2.2 Comportamento e bem-estar das aves de postura

Todas as etapas (cria, recria e postura) da vida da galinha poedeira devem atender as necessidades físicas e comportamentais para preservar o seu bem-estar.

Portanto o ambiente deve ser projetado de modo que as aves sejam protegidas de desconforto térmico e medo, além de permitir que as aves expressem seu comportamento natural como ciscar, tomar banho de areia, esticar as asas, bicar objetos, forragear, beber, comer, dormir empoleiradas, esticar e bater as asas e limpar as penas (SILVA, ABREU, e MACUZZO, 2020).

Estresse é definido como uma reação do organismo animal, no aspecto de resposta biológica a algum estímulo que interfere no equilíbrio da fisiologia (SELYE, 1976).

O comportamento é um importante indicador de estresse (DE JONG, et al., 2016; SAEED, et al., 2019; LI, et al., 2020). O estresse térmico é um dos principais responsáveis por perdas na produção (BARBOSA FILHO, 2004; SAEED, et al., 2019; YOUSAF, et al., 2019), perda de apetite (ABBAS, et al., 2008; MACK, et al., 2013; LARA e ROSTAGNO, 2013), diminuição da qualidade do ovo (LARA e ROSTAGNO, 2013) e alteração na fisiologia da ave (SELYE, 1976; LARA e ROSTAGNO, 2013; CARVALHO, 2020).

O uso da análise de imagens possibilita o monitoramento do comportamento animal de forma contínua e automatizada (BARRON, et al., 2010; SIEGFORD, et al., 2016; LI, et al., 2020), com a obtenção de maior número de informações, sem a necessidade de aproximar ou incomodar os animais (BARBOSA FILHO, 2004).

Pereira (2005), Saltoratto et al. (2013), Dawkins et al. (2017), Li et al. (2019a), Pereira et al. (2020) e Del Valle (2020) utilizaram ferramentas de monitoramento do comportamento baseada em visão computacional, o qual contribui na identificação do bem-estar da ave.

Pereira et al. (2020) e Del Valle (2020) classificaram o estresse térmico e identificaram que o conforto térmico das aves pode ser estimado pelos comportamentos de aglomeração e agitação.

A iluminação afeta o comportamento das aves (ER et al., 2007; TSUTSUI, et al., 2012; DA SILVA, TAVARES e PEREIRA, 2012; MENDES et al., 2010). Da Silva, Tavares e Pereira (2012) apontam que as aves comem mais quando expostas a luz verde quando comparado com a luz azul e Li et al. (2020) retratam que as aves passam mais tempo nos bebedouros sob luz azul e branca e menos tempo sob as luzes vermelha e verde.

Sultana et al. (2013) observaram que a luz vermelha deixa as aves mais agitadas e com medo, enquanto que na luz azul e verde as aves passam mais tempo sentadas. O comportamento agressivo pode ser controlado com a diminuição da intensidade de luz ou com o uso de diferentes comprimentos de onda (OLANREWAJU, et al., 2006).

Segundo Farias, et al. (2020) as aves alimentam-se mais no período da manhã e no período da tarde permanecem sentadas por mais tempo.

O estresse e o comportamento são afetados pelo comprimento de onda da luz, pois as aves passam mais tempo sentadas ou em pé sob comprimentos de onda curtos (azul/verde) e movimentam-se mais em comprimentos de onda longos, ou seja, vermelho/ amarelo. (SULTANA, et al., 2013).

Pereira, et al. (2020), relatam que a temperatura do ambiente está relacionada com o comportamento de aglomeração da aves e Louton et al. (2017) apontam que o banho de areia previne comportamentos agressivos e canibalismo. Para Mack et al. (2013) e Saeed et al. (2019), as aves sob estresse térmico tendem a beber mais água, se mover e comer menos, enquanto Barbosa Filho, et al. (2007), apontam que comportamentos como bater e esticar as asas e chacoalhar as penas são considerados movimentos de conforto para as aves.

Segundo Broom (1991), bem-estar é definido como a habilidade do animal de interagir e viver bem em seu ambiente. Deste modo, a definição de bem-estar deve estar atrelada a outras caracterizações como: sentimentos, sofrimento, dor, necessidades, liberdades, adaptação, ansiedade, estresse, tédio, medo, controle, felicidade e saúde (BROOM e MOLENTO, 2004).

Ao passo que, o bem-estar animal também pode ser estabelecido baseando-se em cinco liberdades que devem ser atendidas: liberdade de não sentir medo, estresse ou ansiedade (psicológica), liberdade de expressar seu comportamento habitual (comportamental), liberdade de não sentir fome ou sede (fisiológica), liberdade de doenças, injúrias ou dor (sanitária) e a liberdade de viver em ambiente apropriado e confortável (ambiental) (NÄÄS, 2008).

A quantidade excessiva de galinhas em galpões convencionais, prejudica o seu desenvolvimento e limita a sua ação comportamental, aumentando desta forma, o estresse e o comportamento agressivo (PASCHOAL, et al., 2019).

Desta maneira, o ambiente afeta de modo direto a produção das aves e a qualidade do ovo, por isso, controlar a temperatura do ambiente integra os princípios de conforto e de bem-estar animal (COSTA, DOURADO, e MERVAL, 2012).

O consumo alimentar também está associado ao bem-estar e conforto das aves proporcionado pelo ambiente (RODRIGUES, et al., 2020).

As aves são homeotérmicas, ou seja, são capazes de regular a temperatura corporal, uma vez que aproximadamente 80% da energia que consomem é aplicada para a manutenção da homeotermia, utilizando apenas 20% para produção. A temperatura corporal das aves é igual a 41,7°C. Portanto, o mecanismo de homeostase torna-se eficiente apenas quando a temperatura do ambiente está adequada, isto é, próxima das condições de conforto (ABREU e ABREU, 2011).

Nas aves, a zona de conforto térmico ou termoneutralidade, está associada a fatores como: genética, sexo, peso, idade, alimentação, estado fisiológico e o estágio de postura (FURTADO, AZEVEDO, E TINÔCO, 2003), no qual as aves atingem condições adequadas para melhor qualidade produtiva (FURTADO, et al., 2006).

Para Azevedo (2005), o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é um ótimo indicador de conforto térmico, pois correlaciona a temperatura e a umidade relativa do ar.

Temperaturas acima de 28°C e ITU acima de 78 são considerados fora da zona de conforto térmico e, portanto, já caracterizando estresse por calor (BIAGGIONI, et al, 2008). Por outro lado, temperaturas abaixo de 15°C e ITU abaixo de 59 já são considerados estresse por frio (TINÔCO, 2004).

Tinôco (2001) considera que um ambiente confortável para as aves em postura deve estar entre 18 e 28 °C enquanto Castilho, et al. (2015), sugerem a temperatura ambiente ideal entre 21 e 28°C. Os autores Chepete e Xin (2001) e Yanagi Jr, Xin e Gates (2002) apontam que um ambiente adequado está entre 20 a 24 °C. O que difere de Arango (2020) que sugere como 18 a 24 °C, a temperatura adequada do ambiente para as aves. Para Van Kampen, et al. (1979), a zona termoneutra está entre 27,5°C e 37,7°C.

O guia de manejo da Hy-line (2016b) recomenda que a temperatura do ambiente deve estar entre 18°C e 25°C para aves em postura, enquanto o guia de manejo da Lohmann (2017) aponta que o conforto térmico para as aves é de 18°C para temperatura mínima e 25°C para temperatura máxima.

Em um ambiente abaixo da zona de termoneutralidade, a ave fica estressada por frio, provocando hipotermia, e consequentemente morte por frio e quando a temperatura ambiente está acima da zona de termoneutralidade, a ave fica estressada por calor, causando a hipertermia, que pode acarretar a morte da ave por calor. Quando situada na zona de conforto térmico, a ave não apresenta sensação de frio ou de calor, o que melhora o seu desempenho (ABREU e ABREU, 2012).

O animal apresenta condições normais de comportamento quando situado em uma temperatura dentro da zona de conforto (CANEPPELE, et al., 2013), pois podem expressar seus comportamentos naturais e ideais para o seu bem-estar (OLIVEIRA, et al., 2014). Quando o ambiente apresenta condições fora da zona de conforto, a ave apresenta comportamento de estresse por frio ou calor (DONALD e WILLIAM, 2002 ; ETCHES, JOHN e VERRINDER, 2008; ABREU e ABREU, 2012).

O ritmo circadiano é um ciclo biológico que permanece sob condições ambientais constantes (iluminação, temperatura) que representa o período de um dia, ou seja, 24h (KENNAWAY, 2005). O comportamento é um fator influenciado pelo horário (SOUSA JÚNIOR, 2010) e o período de iluminação pode contribuir para padrões de comportamento e ritmos circadianos normais e saudáveis (BESSEI, 2006). Para Blatchford et al. (2009), as aves são mais ativas quando em contato com alta iluminância (180-200 lux).

Em estudo, Franco, et al. (2018), retratam que ao adquirir produtos, os consumidores consideram importante o bem-estar animal. Fato que também foi evidenciado em estudo por Cornish, et al. (2020), que revelam a preocupação do consumidor com o bem-estar dos animais criados para alimentação.

Pesquisa realizada no Brasil pela World Animal Protection (2016), retrata que 91% dos entrevistados considera que a qualidade do produto está associada ao bem-estar animal. Deste modo, 74% dos entrevistados conceituaram o termo “bem-estar dos animais” como “qualidade de vida” seguido por “ambiente em que estes animais vivem”, “manejo” e “saudabilidade”.

Nesta perspectiva, é crescente a consciência dos consumidores de que o bem-estar dos animais usados para produção de alimentos devem ser preservados. Assim, a produção e a qualidade do ovo tornam-se parâmetros para analisar os efeitos do ambiente quanto ao desempenho e o bem-estar das aves (ALVES, SILVA, e PIEDADE, 2007).

Isto tem ocorrido devido ao crescimento urbano da população associado ao aumento do poder aquisitivo, uma vez que os indivíduos buscam diversas características de qualidade nos alimentos, dentre as quais está o bem-estar animal (NÄÄS, 2008).

A qualidade do bem-estar animal está intimamente relacionada à qualidade dos produtos animais e à saúde dos consumidores. O bem-estar animal promove o crescimento saudável das aves, o que pode reduzir a taxa de doenças e melhorar a qualidade e a capacidade de produção (LI, et al., 2019).

A primeira lei de proteção aos animais surgiu nos Estados Unidos, em 1641, afirmando que os animais deveriam ser livres de crueldade e de exploração em atividades realizadas pelos humanos. No Brasil, a legislação que proíbe a crueldade e abuso de animais ocorreu em 1924. Assim, foi proibida qualquer atividade que cause dor ou sofrimento aos animais. No país, em 1934, a legislação federal proclamou que todos os animais estavam protegidos pelo Estado, porém, este regulamento não era conhecido ou obedecido pela população e nem respaldado pelo governo (MOURA, et al., 2006).

Contudo, na atualidade, deve-se cumprir diversos requisitos no sistema de produção a fim de garantir o bem-estar das poedeiras, neste sentido, a legislação de bem-estar animal aplica-se a todos os possuidores e a qualquer pessoa que trate de produção animal. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é responsável pelo estímulo do interesse econômico e pela fiscalização do bem-estar dos animais de produção. As aves devem ter fácil acesso tanto à água quanto a uma alimentação de qualidade, contendo nutrientes essenciais, sendo distribuída diariamente e em quantidade adequada satisfazendo assim os requisitos de saúde e bem-estar (POLETTI, 2018).

2.3 Visão e iluminação das aves

A visão das aves é muito mais desenvolvida, quando comparada a dos seres humanos, pois enxergam de forma diferente a mesma intensidade de luz devido a sensibilidade do espectro visível das aves (PRESCOTT e WATTES, 1999). A retina é formada por uma membrana de espessura fina, que contém em média 6,5 milhões de bastonetes, 125 milhões de cones e 1 milhão de fibras nervosas (CAMPOS, 2000).

A sensibilidade dos olhos responde a um estímulo mínimo de luz, denominado de acuidade visual, que nas aves, causa uma percepção dos detalhes é

maior e mais rápida, devido à grande quantidade de cones presentes em sua retina (FREITAS, 2003).

As aves possuem olhos proporcionalmente maiores e constituídos por duas células fotorreceptoras na retina do olho que são os bastonetes, responsáveis por facilitar enxergar em ambientes com pouca luz, e os cones, que contribuem com a visão durante o dia (MENDES, et al., 2010).

A luz refletida na retina alcança áreas associadas do cérebro, constituída pelo hipotálamo, fotorreceptores e pela glândula pineal, como mostra a figura 3, que emite uma mensagem hormonal e secretam o hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH), que por sua vez é secretado e enviado aos gonadotrofos da hipófise que produzem hormônios luteinizantes (LH) e hormônio folículo estimulante (FSH), conforme a Figura 3, secretando-os no sistema circulatório. A luz é distinguida por fotorreceptores que modifica a energia contida em sinais elétricos por meio dos olhos, que se propaga pelos neurônios até o cérebro, em que o sinal é transformado em imagem, assim, a percepção da luz é imediata (ETCHES, 1994).

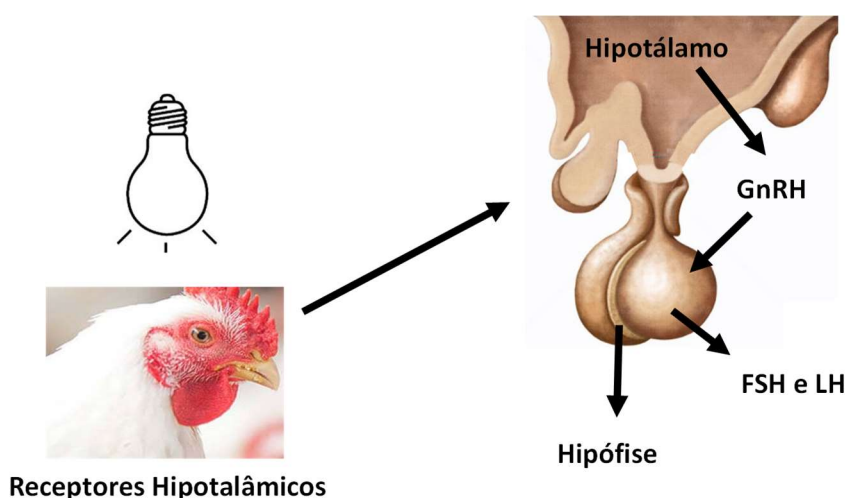


Figura 3. Mecanismo fotossensível das aves e hormônios reprodutivos.

Fonte: ARAÚJO, et al. (2011)

A glândula pineal, também conhecida como "terceiro olho", fica localizada na superfície dorsal do cérebro da ave, a qual está associada ao controle dos ritmos circadianos e da atividade sexual (CANEPPELE, et al., 2013).

A interação entre os estímulos ambientais (fotoperíodo, temperatura e disponibilidade de alimentos), comportamentais (estresse, presença do parceiro e

bem-estar) e mecanismos de controle neuroendócrino, resultam na atividade reprodutiva das aves (BENEZ, 1998).

No entanto, para que os órgãos reprodutivos das aves funcionem, é necessário que o organismo produza hormônios, conforme já mencionado, por meio da glândula pituitária, estimulada pela radiação luminosa (JORDAN e TAVARES, 2005).

Para a ave, o efeito de luz facilita a busca por alimentos, estimula o ciclo circadiano, controla o metabolismo, além de regular a liberação hormonal (HY-LINE, 2016a).

A ovulação é determinada por fatores genéticos de cada linhagem e pela iluminação (natural ou artificial), que influencia a produção de hormônios nas aves, melhorando assim o ganho de peso e uniformidade do lote (PADOVAN, 2009).

A formação do ovo é constituída pelo ciclo reprodutivo das aves, cujo desenvolvimento dura em média duas semanas (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2013).

O sistema reprodutor da galinha é formado pelo ovário e oviduto. O ovário é o órgão em que o ovo se desenvolve e o oviduto necessita de 24 a 26 horas para produzir um ovo. Aproximadamente meia hora após a oviposição, uma outra gema (ovulação) é liberada, o qual desloca-se até o comprimento do oviduto, para a formação de outro ovo (USDA, 2016).

O oviduto é um tubo muscular que vai desde o ovário esquerdo até a cloaca, sendo o mesmo dividido em cinco regiões (PARIZZI, et al., 2008): 1) infundíbulo: recebe o óvulo após a sua liberação pelo ovário. 2) magno: área mais extensa do oviduto, responsável pela secreção de albúmen. 3) istmo: região onde as membranas das cascas são constituídas, é a área mais curta do oviduto. 4) útero: órgão muscular e secretório, onde ocorre a formação da casca do ovo e deposição da cutícula. 5) vagina: ocorre a passagem do ovo do útero até a cloaca, conforme retrata a Figura 4 (RUTZ, et al., 2007).

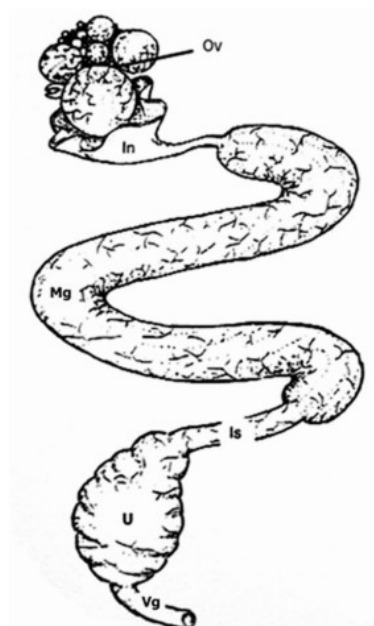


Figura 4. Sistema reprodutor da galinha

Fonte: Adaptado de Cupps (1991) apud Moraes, et al. (2012).

O oviduto estende-se desde o ovário (Ov) até a região cloacal, sendo dividido em cinco regiões morfológicas distintas: infundíbulo (In), magno (Mg), istmo (Is), útero (U) e vagina (Vg) (CUPPS, 1991 apud MORAIS, et al., 2012).

Nas aves, o ovário e o oviduto estão localizados do lado esquerdo da cavidade abdominal. Inicialmente, há presença de ovário e o oviduto do lado direito, porém, devido a produção de substâncias inibidoras do ducto de Müller (origem do oviduto) pelo ovário, ocorre a regressão dos mesmos (BAHR; JOHNSON, 1991 apud RUTZ, et al., 2007).

Para Barros (2019), quando se trata de galinhas poedeiras algumas cores podem ser mais estimulantes do que outras, visto que o espectro visível emitido pela fonte de luz pode influenciar a produção e qualidade do ovo. Desta forma o estímulo da luz deve ser controlado e aumentado gradativamente, pois o efeito da iluminação está associado ao desenvolvimento da maturidade sexual para essas aves (MORENG e AVENS, 1990). A exposição de forma correta e controlada da ave diretamente à luz é essencial para a redução do estresse fisiológico, melhora do sistema imunológico e metabolismo ósseo, além de estimular o consumo alimentar e contribuir para que a ave se adapte ao ambiente que está inserida (FONSECA, 2016).

No entanto, o modelo de programa de iluminação LED mais adequado está associado ao baixo consumo de ração e de energia elétrica (FREITAS, et al., 2005),

além do que, deve possibilitar o aumento da produção, por meio de estímulos ao aparelho reprodutor (FREITAS, et al., 2010)

Na produção avícola, o fotoperíodo é uma das técnicas mais relevante no manejo de poedeiras. A iluminação, quando apropriada, pode melhorar a qualidade da casca, o tamanho do ovo e aumentar a eficiência alimentar da ave, assim, o método convencional é composto por um período fotofase (período de iluminação), e por um período de escotofase (período de escuro), totalizando 24 horas (ETCHES, 1994).

Os raios luminosos penetram nos olhos, enviam estímulo para o sistema nervoso até ao cérebro, fazendo com que ocorra a ovulação e o desenvolvimento do aparelho reprodutivo (EMBRAPA, 2004), além disto, a rotatividade noite-dia proporciona no animal um ritmo biológico, denominado de circadiano (COTTA, 2002).

Ainda, a intensidade e duração da luz adequada, proporcionada pela iluminação artificial em galinhas poedeiras, estimula o crescimento, a maturidade sexual, a produção de ovos e as características de qualidade, ativando deste modo, a hipófise (TÜNAYDIN e DİKMEN, 2019a).

A utilização de sistemas com iluminação do tipo LED proporcionou ovos mais pesados e com maior altura de albúmen em comparação a iluminação fluorescente (LONG, et al., 2016). Esse ganho produtivo deve-se ao espectro de ondas emitido pelo LED (ROZENBOIM, ZILBERMAN, e GVARZYAHU, 1998).

Os efeitos de comprimentos de ondas específicos emitidos pelas lâmpadas têm sido descritos em vários trabalhos. Li et al. (2014) verificaram que diferentes comprimentos de onda de iluminação monocromática afetaram a produção e a qualidade dos ovos. Archer (2019) verificou menores índices de estresse nas aves com o acréscimo do comprimento de onda vermelho. Huber-Eicher et al. (2013) verificaram que a luz vermelha (640 nm) acelera o desenvolvimento sexual de galinhas poedeiras e que o desempenho produtivo das aves foi superior nesta faixa de espectro de luz, em relação a luz branca e verde (520 nm). Hassan et al. (2014) verificaram maior produção de ovos de aves poedeiras submetidas a combinação de luzes de vermelho e verde e na luz monocromática vermelha e melhor qualidade da casca nos tratamentos com luz verde.

Por 140 dias, codornas foram submetidas em quatro tratamentos de iluminação com mangueiras luminosas nas cores: amarelo, vermelho, azul e verde. A luz verde apresentou melhor produção de ovos em relação aos outros tratamentos

testados, não havendo interferência na qualidade do produto (RIZZOTTO, et al., 2011).

Uma pesquisa realizada na Tailândia apontou que aves nativas, quando fotoestimuladas com luz vermelha como única fonte de luz, em confinamento fechado, apresentaram como resultado a aceleração da taxa de desenvolvimento sexual das aves e maior progresso na taxa de crescimento de folículos ovarianos (GONGRUTTANANUN, 2011).

Segundo estudo realizado por Yang et al. (2016), a luz de comprimento de onda curto promove o crescimento e ganho de peso, enquanto a luz de comprimento de onda longa melhora o desempenho reprodutivo das galinhas poedeiras.

James et al. (2018), retratam em seus estudos que o fornecimento de comprimento de onda ultravioleta apresenta uma melhora no bem-estar em frangos de corte criados em ambientes fechados.

Galinhas poedeiras foram submetidas a um estudo composto por quatro compartimentos de cores de iluminação diferentes (azul, vermelho, verde e branca), de forma que tinham livre escolha entre eles, assim, foi evidenciado que as aves comeram mais quando expostas a luz verde quando comparado com a luz azul (DA SILVA, et al., 2012).

Pesquisa realizada com aves da linhagem Hy-Line Brown, mantidas em gaiolas, submetidas a iluminação por fita LED, evidenciou que o sistema de iluminação melhorou a produção de ovos sem prejudicar a qualidade dos ovos (BARROS, et al. 2020a).

Na China, grupos de aves poedeiras nativas foram expostas à luz de led nas cores azul, verde, vermelha e branca, por 44 semanas. Neste estudo, verificou-se que as aves submetidas ao tratamento de luz verde produziram menos ovos e ovos mais leves que os outros grupos, no entanto, notaram-se melhor qualidade do ovo. O tratamento com a luz vermelha evidenciou ovos maiores, mais pesados, apresentando maior fertilidade e eclodibilidade do que outros grupos. O presente estudo sugere que é mais exequível utilizar a luz vermelha entre 19 e 42 semanas de idade e posteriormente transferir para a luz azul (LI, et al., 2014).

A iluminância e as temperaturas das cores das fontes de luz, estabelecem modificações de comportamento nas aves (MENDES, et al., 2010), sobretudo, de forma direta, ao seu hábito alimentar (JORDAN e TAVARES, 2005).

Em pesquisa realizada por Yang et al. (2016) as luzes de cores verde e azul promoveram ganho de peso em aves entre 3-4 semanas de idade quando comparadas as aves tratadas com a luz vermelha e amarela.

Nesta perspectiva, um estudo realizado por Cao et al. (2008), a luz monocromática verde resultou no crescimento das aves durante o estágio inicial da produção e durante o estágio final de produção, a luz monocromática azul ocasionou crescimento e ganho de peso nas aves.

Outro estudo retrata que luz de cor verde é capaz de estimular a síntese de GnRH, em função da estimulação da secreção de melatonina (CHOWDHURY, UBUKA, E TSUTSUI, 2013).

Aves de postura na fase de cria e recria foram submetidas a quatro iluminações monocromáticas (branco, vermelho, verde e azul) e em um teste de preferência, as aves passaram mais tempo nos bebedouros sob luz azul e branca e menos tempo sob as luzes vermelha e verde (LI, et al., 2020).

Assim, o bem-estar e o desempenho das aves são afetados pela intensidade, distribuição, cor e duração da luz (PAIXÃO, et al., 2011; JANCZAK e RIBER, 2015), portanto, a iluminação pode favorecer a fase de crescimento, controlar o ganho de peso e melhorar a eficiência da produção e a saúde das aves (MENDES, et al., 2010).

2.4 Sistema de Iluminação na avicultura

Segundo Santos (2013, p. 7) “a iluminação é um fenômeno físico resultante da exposição de uma fonte de luz num ambiente capaz de absorver ou refletir a luz tornando-se visível”.

A luz é distinguida por fotorreceptores que modificam a energia contida em sinais biológicos por meio dos olhos, que se propaga pelos neurônios até o cérebro, em que o sinal é transformado em imagem, tornando a percepção da luz imediata (ETCHES, 1994).

A luz é caracterizada como uma radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual que varia de acordo com o comprimento da onda da radiação e com a luminosidade (OSRAM, 2019; NUNES, et al., 2013; SANTOS, 2013), cuja radiação eletromagnética apresenta comprimento de onda entre 400nm a 700nm (NERY, 2012). Portanto, a luz violeta apresenta menos comprimento de onda visível do espectro, enquanto a luz vermelha é a que mais possui (CREDER, 2013).

Iluminação é definida segundo a quantidade de luz em um ambiente. O fluxo luminoso e a quantidade de luz não são distribuídos igualmente, portanto, não apresentam a mesma medida em todos os pontos do ambiente de que se trata (CREDER, 2013).

A intensidade da luz se identifica com o brilho e a frequência com a cor. O estudo da aplicação de iluminação artificial tanto em ambientes internos e externos é chamado de luminotécnica (CREDER, 2013).

O fluxo luminoso representa uma potência luminosa emitida ou observada, ou ainda, representa a energia emitida ou refletida, por segundos, em todas as direções, sob a forma de luz (PROCEL, 2011). Devido à absorção, reflexão e transmissão da luz pelos materiais com que as lâmpadas são construídas, o fluxo luminoso final é menor do que o irradiado pela lâmpada (OSRAM, 2019).

Deste modo, a eficiência luminosa, está associada ao fluxo luminoso, emitido por uma lâmpada com a potência elétrica a ela associada (SANTOS, 2013), cuja sua unidade é lumens/watts (CREDER, 2013).

A iluminância é o fluxo luminoso incidente numa superfície por unidade de área (m^2), medido por um aparelho chamado luxímetro. Um lux corresponde à iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen (PROCEL, 2011).

A luminância é o brilho de um objeto que pode ser percebido pelo olho, ou seja, refere-se a uma intensidade luminosa que atinge o observador e que pode ser proveniente de reflexão de uma superfície ou de uma fonte de luz ou, simplesmente, de um feixe de luz no espaço (PROCEL, 2011).

Novas lâmpadas estão sendo empregadas na avicultura, cuja finalidade é a de potencializar a eficiência luminosa e reduzir os custos de produção, desta maneira, a lâmpada diodo emissor de luz (LED) tem demonstrado resultados positivos quanto ao fornecimento de iluminância e vida útil superior às fontes de luz tradicionalmente empregadas na avicultura (VERZA, 2016).

Em inglês, LED significa “light-emitting diode” (diodo emissor de luz), composto por dois cristais de silício pequenos, constituído por diferentes materiais (NERY, 2012). A sua eficiência luminosa é superior, quando comparado com as das outras lâmpadas. Isto é, a lâmpada LED gasta menos energia para gerar a mesma iluminação que as demais (INMETRO, 2020).

A lâmpada de LED é formada por camadas de material semicondutor que emitem luz em uma determinada cor que varia entre verde, azul, vermelho e amarelo. Estas cores são definidas de acordo com o material utilizado na composição da luz, assim como a tensão de operação do LED, que varia em função da cor, oscilando de 2V a 4V para uma corrente de condução de até 70mA (milliampere) (PROCEL, 2011).

Esta lâmpada, além de não necessitar de manutenção, não emite radiações infravermelha e ultravioleta, e apresenta uma vida útil longa, aproximadamente 100 mil horas (NERY, 2012), porém, seu custo é elevado (TRICHES e GOMES, 2014).

Além disso, a lâmpada de LED não possui mercúrio em sua composição, assegurando a saúde dos consumidores e do meio ambiente. Outra vantagem é que esse tipo de lâmpada pode, inclusive, ser descartada em lixo comum (INMETRO, 2020) e pode ser construída com materiais atóxicos, resistentes à água e inquebrável (HY-LINE, 2017).

Segundo Avisite (2020), a eficiência luminosa do LED atinge 100 lm/W e pode atingir vida útil de até 50.000 horas, além de que, o LED pode ser adaptado em relação à curva de sensibilidade espectral (visão) das aves, emitindo, portanto, raios de luz que visam o bem-estar e maior produtividade pelo estímulo luminoso. Em função disso, nos EUA, já existe a comercialização de LEDs fabricados especialmente para a visão das aves.

As lâmpadas de LED podem substituir as lâmpadas convencionais pois apresentam uma excelente eficiência energética (ESPÓSITO, 2015), visto que, as lâmpadas convencionais (incandescentes), comumente utilizadas para iluminar aviários, consomem mais energia, possuem pouca vida útil e apresentam dificuldade para o correto descarte (TRICHES e GOMES, 2014).

Soliman e Hassan (2019), apontam que a luz de LED azul melhora significativamente o desempenho produtivo das aves, além de apresentar maior crescimento e melhorar o metabolismo, através da influência direta nos hormônios hipotalâmicos.

Em estudo, Long et al. (2016) retratam que a distribuição da intensidade da luz é menor em aves que recebem tratamento de lâmpada de LED, pois diminuiu 27% da intensidade da luz, quando comparado ao tratamento de lâmpadas fluorescentes.

Archer (2019) observou menor estresse nas aves com o acréscimo do comprimento de onda vermelho.

Em pesquisa, pode-se notar que a iluminação LED branca promoveu maior ganho de peso em frangos de corte quando comparado à iluminação LED vermelha, o que pode ser uma consequência do comprimento de onda fornecida pelo LED branco, estimulando as aves a consumir mais ração (RODRIGUES, et al., 2020).

Baxter e Bédécarrats (2019), apontam que baseado no ganho de peso e no consumo da ração, as aves submetidas em iluminação de LED melhoraram a eficiência alimentar, diminuíram o consumo de energia e emitiram um fluxo radiante mais alto. Sendo assim, a lâmpada LED apresenta fortes indícios de que seu uso em galinhas poedeiras traz benefícios ao processo.

Em estudo, realizado por Long et al. (2016), verificou-se que a qualidade dos ovos foi semelhante entre os tratamentos de iluminação de LED e fluorescente, no entanto as aves que permaneceram sob a iluminação de LED apresentaram maior peso dos ovos, altura e peso do albúmen.

Mendes, et al. (2013), retrataram por meio de uma pesquisa, que os frangos de corte, quando submetidos a iluminação por lâmpadas de LED na cor branca obtiveram melhor desempenho na produção, quando comparada à lâmpada fluorescente compacta.

As aves em contato com a lâmpada de LED apresentaram parâmetros de albúmen superior às aves que permaneceram sob lâmpadas incandescentes (KAMANLI, et al., 2015).

O sistema de iluminação em tiras de LED permite uniformidade na distribuição de iluminância, apresenta maior economia de energia quando comparado à lâmpada LED, retrata maior eficiência energética e contribui para o desenvolvimento sustentável da produção avícola (BARROS, et al., 2020a). Além disso, este sistema de iluminação melhora a produção de ovos em comparação ao sistema de iluminação com lâmpadas LED convencionais (BARROS, et al., 2020b).

Isto posto, o uso de lâmpada LED se dá pelo fato de que a mesma emite uma luz monocromática, apresenta uma longa vida útil e baixo consumo de eletricidade, além de que contribui para o bem-estar das galinhas poedeiras (TÜNAYDIN e DİKMEN, 2019b).

2.5 Qualidade dos ovos

A designação “ovo”, refere-se apenas ao ovo de galinha, enquanto os ovos das demais espécies são seguidos da denominação da espécie de que procedem

(BRASIL, 1990). O ovo é constituído por quatro partes principais: casca, membrana da casca, gema e clara (albúmen), além do mais, apresenta outras partes em menor proporção: disco germinativo, chalaza, câmara de ar e cutícula como pode ser observado na Figura 5 (ALCÂNTARA, 2012).

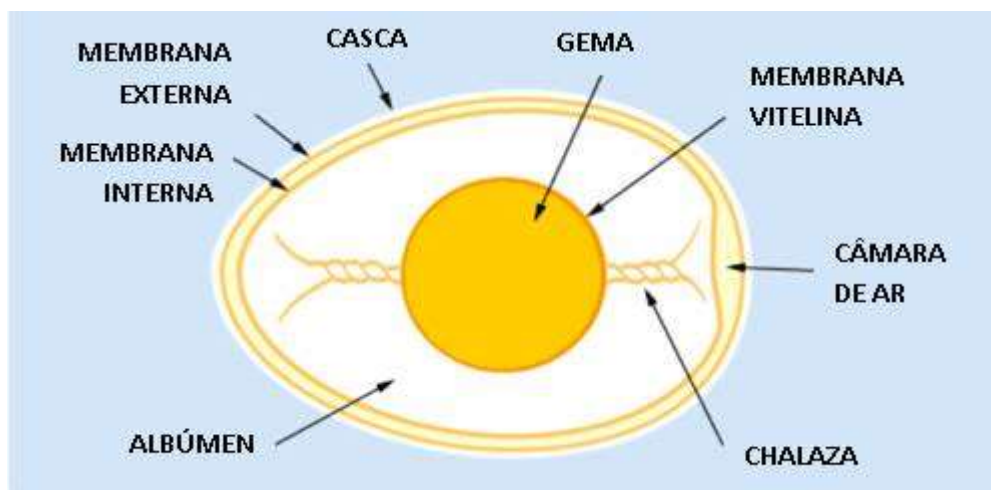


Figura 5. Estrutura do ovo

Fonte: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (2016).

O ovo exerce várias propriedades funcionais aos alimentos como cor, viscosidade, formação de espuma, emulsificação e geleificação (SARCINELLI, VENTURINI, e SILVA, 2007). Seja o seu consumo integral ou fragmentado (clara ou a gema), o ovo representa um ingrediente essencial em inúmeros produtos alimentares reunindo também propriedades nutricionais, bem como substâncias benéficas a saúde e com ação preventiva de doenças tais como doenças cardiovasculares, câncer, diabetes mellitus, entre outras (ALCÂNTARA, 2012).

Depois do leite materno, o ovo é considerado o alimento mais completo na dieta, fornecendo diversos tipos de vitaminas, minerais, ácidos graxos e proteínas de alto valor biológico (RÊGO, et al., 2012).

Assim, o ovo oferece à dieta humana uma grande quantidade de nutrientes como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** para todas as faixas etárias, sobretudo durante o crescimento, contribuindo significativamente para as necessidades diárias individuais em nutrientes essenciais, com uma baixa ingestão de calorias (BENITES, FURTADO e SEIBEL, 2005).

Tabela 1. Composição Nutricional do Ovo (100g).

Parâmetro	Quantidade
Energia	148 kcal – 617kJ
Proteína	12,4 g
Lipídio Total	9,96 g
Carboidrato	0,96 g
Fibra Alimentar	0,0 g
Cálcio	48 mg
Sódio	129 mg
Potássio	132 mg
Ferro	1,67 mg
Colesterol	411 mg
Vitamina D	2,46 µg
Folato	71 µg
Colina	335 mg
Selênio	31,1 µg

Fonte: Adaptado de USDA (2019).

Além disso, o ovo apresenta baixo preço no mercado, quando comparado às outras fontes de proteína animal, desta forma, é um alimento acessível para toda a população (MEDEIROS e ALVES, 2014).

O objetivo principal em produzir ovos para o consumo humano é garantir a qualidade do produto, o que determina o seu grau de aceitabilidade, determinada por fatores como valor nutricional, sabor, odor, cor da gema, palatabilidade e aparência (MORENG e AVENS, 1990).

O comportamento, as percepções e as preferências do consumidor por ovos estão associadas a fatores socioculturais, situacionais, biológicos e fisiológicos e também as características sensoriais: cores da casca do ovo e da gema, a aparência e o sabor (RONDONI, ASIOLI, E MILLAN, 2020).

Pesquisa realizada por Martinez-Michel et al. (2011), apontam que de modo geral, os consumidores preferem ovos por serem seguros para o consumo, fáceis de preparar, versáteis e baratos quando comparado com outras fontes de proteína animal.

Entretanto, a preferência pela cor da casca e o tamanho do ovo diferem entre os países e entre os consumidores de um mesmo país. Grande parte da América Latina, Europa e China preferem os ovos de casca marrom enquanto o Japão, América do Norte e Central, Oriente Médio, Índia, Taiwan e Filipinas optam pelo ovo de casca branca (PREISINGER, 2018).

Comercialmente, os ovos são mais valorizados quando limpos. Um ovo recém botado é perfeitamente limpo, todavia o aparecimento da sujidade está relacionado com o tipo de manejo e o acúmulo de poedeira e sujeira no piso (COTTA, 2002).

Diversos fatores podem contribuir na composição do ovo, tais como a idade da galinha, alimentação, linhagem e temperatura do ambiente (COTTA, 2002). Além disso, fatores hereditários, estação do ano e o ambiente em que a ave se desenvolve, são fatores que determinam o tamanho e o peso do ovo (GRANER e TRIVELIN, 1947).

A qualidade do ovo é uma medida das características desejadas e valorizadas pelos consumidores, sendo percebida pelos atributos sensoriais, nutricionais, tecnológicos, sanitária, ausência de resíduos químicos, étnicos e de preservação ambiental. Essas variáveis a serem consideradas devem atender à necessidade dos produtores, consumidores e processadores, porque há diferentes considerações entre eles (ALCÂNTARA, 2012).

A diminuição da qualidade interna do ovo inicia-se logo após a postura e para que isso não se prolongue, deve-se adotar técnicas adequadas de armazenamento e conservação (LACERDA, 2011), além de implementar estratégias em todas as etapas de produção a fim de assegurar o potencial nutritivo do ovo e sua segurança no consumo (PIRES, et al., 2015).

De fato, a perda de qualidade é inevitável e ocorre de forma contínua ao longo do tempo e pode agravar por diversos fatores, como contaminação microbiológica, umidade alta e refrigeração inadequada (BARBOSA, et al., 2008). A diminuição da qualidade interna está associada à perda de água e de dióxido de carbono, durante o período de armazenamento bem como à temperatura de estocagem, onde reações físicas químicas degradam a estrutura da proteína presente no albúmen (CRUZ e MOTA, 1996).

A qualidade interna do ovo é caracterizada pela limpidez, consistência, transparência e densidade do albúmen, com pequena porção fluída, assim, quanto mais distante os dias da oviposição, mais aquosa a clara se torna. A gema deve

apresentar cor amarela, cuja coloração é influenciada pela alimentação da ave (SARCINELLI, VENTURINI, e SILVA, 2007).

De acordo com a portaria nº 1, de 21 de fevereiro de 1990 do MAPA, o ovo em casca é classificado como fresco quando não passou por nenhum processo de conservação, submetido a uma temperatura entre 8°C e 15°C com umidade relativa do ar entre 70% a 90% (BRASIL, 1990).

Em ovos frescos, a câmara de ar é pequena e localiza-se entre a membrana interna e externa da casca, apresentando odor e sabor característico; na gema, o pH é de 6,0 enquanto o da clara é 6,6. Com o passar do tempo, o pH se expande devido a presença de CO₂ no interior do ovo, transferindo água da clara para a gema, aumentando-a de tamanho (SARCINELLI, VENTURINI, e SILVA, 2007).

Quanto mais fresco o ovo, menor é o tamanho da câmara, assim, o ovo fresco possui cerca de 0,5 cm de altura (COTTA, 2002), retratando também maior densidade total do ovo, quando comparado ao ovo velho, pois, este último apresenta maior volume de CO₂ em seu interior, o que diminui a gravidade específica do ovo (SARCINELLI, VENTURINI, e SILVA, 2007).

A gravidade específica é uma das técnicas mais utilizadas para determinar a qualidade da casca do ovo por ser um método rápido, prático e de baixo custo (MARINHO, 2011). Quanto maior gravidade específica, melhor qualidade de casca, no entanto, vale ressaltar que o peso do ovo aumenta e a gravidade específica diminui de acordo com a idade das aves (ARAUJO, et al., 2011).

A qualidade interna do ovo está relacionada com a clara e a gema, cujos fatores como a idade da galinha e a genética a interferem. Neste cenário, as manchas de sangue e a pigmentação na gema são rejeitados pelo consumidor. Porém, a alta temperatura durante a estocagem, temperaturas muito baixas, o processo de congelamento do ovo, presença de mofo e algumas doenças também podem afetar a qualidade interna dos ovos (COTTA, 2002).

A unidade de Haugh (UH) é a altura do albúmen corrigida para o peso do ovo, definida como aferidor da qualidade interna do ovo, sendo conhecida universalmente por ser de fácil aplicabilidade devido à sua alta relação com a aparência do ovo ao ser quebrado (LANA, et al., 2017).

Segundo classificação do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2000), os ovos são considerados de qualidade excelente quando

apresentam valores de UH acima de 72; ovos de qualidade alta, entre 60 e 72UH; e ovos de qualidade baixa, valores de UH menores que 60.

O tamanho do ovo é determinado de acordo com o peso de suas partes, sobretudo o volume da gema, cujo tamanho é modificado de acordo com o oviduto da ave (GRANER e TRIVELIN, 1947). As chalazas, são estruturas proteicas (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2013), constituídas por um cordão esbranquiçado que sustenta a gema no centro, comum em ovos frescos (USDA, 2016).

Para que a casca esteja adequada aos parâmetros de qualidade, deve apresentar o formato com índice igual a 0,70 na maior parte do ovo, quando o valor do eixo mais curto for dividido pelo mais comprido, enquanto a cor da casca, branca ou marrom, é determinada geneticamente. A casca, além de proteger o ovo, apresenta fonte de cálcio (COTTA, 2002), dificulta a contaminação e regula a troca de gases entre o interior dos ovos e o ambiente (HUNTON, 2005).

A casca é a parte do ovo que mais demora para se formar, levando em média de 18 a 20 horas para completar a calcificação (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2013) e sua resistência é influenciada pela espessura da casca, tamanho e forma do ovo (SAPKOTA, et al., 2017). Segundo Chen et al. (2015) quanto maior a força registrada pelo equipamento, maior será a resistência da casca à quebra.

Os ovos trincados são um dos maiores problemas na comercialização, cujas causas podem ser intrínsecas da ave (idade, genética e enfermidades) ou extrínsecas (meio ambiente, projeto inadequado das instalações, deficiência na coleta e manejo dos ovos) (COTTA, 2002). No entanto, quando as aves são submetidas em condições de melhor conforto térmico, isto pode melhorar a qualidade da casca e diminuir as trincas nos ovos (ALVES, SILVA, e PIEDADE, 2007).

Segundo o Decreto nº 9.013 de 29 de março de 2017 (BRASIL, 2017), os devem ser classificados segundo suas características qualitativas, conforme aponta o Quadro 1 a seguir.

Quadro 1. Classificação dos ovos

Categoria “A”	I- casca e cutícula de forma normal, lisas, limpas, intactas; II - câmara de ar com altura não superior a 6mm (seis milímetros) e imóvel;
------------------	--

	III - gema visível à ovoscopia, somente sob a forma de sombra, com contorno aparente, movendo-se ligeiramente em caso de rotação do ovo, mas regressando à posição central; IV - clara límpida e translúcida, consistente, sem manchas ou turvação e com as calazas intactas; e V - cicatrícula com desenvolvimento imperceptível.
Categoria "B"	I - serem considerados inócuos, sem que se enquadrem na categoria "A"; II - apresentarem manchas sanguíneas pequenas e pouco numerosas na clara e na gema; ou III - serem provenientes de estabelecimentos avícolas de reprodução que não foram submetidos ao processo de incubação. Obs.: ovos destinados exclusivamente à industrialização.

Fonte: Brasil (2017).

Em concordância com a resolução nº 1, de 9 de janeiro de 2003, os ovos são classificados conforme o seu peso: ovos tipo Jumbo (peso mínimo de 66 g por unidade); ovos tipo Extra (peso entre 60 g e 65 g por unidade); ovos tipo Grande (peso entre 55 g e 59 g por unidade); ovos tipo Médio (peso entre 50 g e 54 g por unidade); ovos tipo Pequeno (peso entre 45 g e 49 g por unidade) e ovos tipo Industrial (peso abaixo de 45 g por unidade). De outro modo, os ovos também podem ser classificados como Ovo Líquido, resfriados ou congelados, destinados a pasteurização: ovo integral (gema e clara), somente a gema e somente a clara (BRASIL, 2003).

Portanto, a qualidade dos ovos é de suma importância para assegurar seus benefícios. Para os produtores, a qualidade do ovo está relacionada com o peso e aparência da casca, tais como sujeira, defeito, trincas e manchas de sangue, enquanto para os consumidores a qualidade está relacionada à vida de prateleira e características sensoriais, como por exemplo, a cor da gema e da casca (ALLEONI e ANTUNES, 2001).

2.6 Efeito da luz sobre parâmetros fisiológicos em galinhas poedeiras

A luz é um dos fatores físico ambientais exógenos de grande interferência na produção de aves, influenciando o corpo nas funções fisiológicas, comportamentais, no sistema imunológico e na taxa de crescimento (OLANREWAJU, et al., 2019).

As aves possuem receptores de luz cerebrais que têm um papel importante nas funções biológicas e fisiológicas no corpo do animal (WYSE; HAZLERIGG, 2009). Desse modo, a exposição a diferentes fontes de luz pode alterar o estado fisiológico, alterando a concentração de vários componentes biológicos e hormônios como os glicocorticóides (LEPROULD, et al., 2001). As análises de sangue junto com outras avaliações bioquímicas têm sido usadas para avaliar o estado de saúde dos animais, principalmente àqueles que passaram por alguma mudança na rotina, que promova estresse (OLANREWAJU, et al., 2017).

Estímulos estressantes afetam diretamente as atividades fisiológicas, comprometendo a produtividade animal. Dentre eles, o sistema sanguíneo representa um importante indicador de resposta fisiológica medindo os aspectos imunológicos como a razão heterófilo:linfócito (LIU, et al., 2020; MEHAISEN, et al., 2019). Segundo Sobotik, Nelson e Archer (2020) a razão heterófilo:linfócito em aves poedeiras correlaciona-se positivamente com as concentrações plasmáticas de corticosterona no sangue, onde o número de heterófilos aumentará em resposta ao nível de estresse. Nawab et al. (2018) sobressalta a verificação da concentração de glicose também, pois o estresse altera a função metabólica induzindo a produção de glicose em virtude do aumento do corticóide para a manutenção da homeostase durante a presença de estímulos estressores.

Dehnhard et al. (2003) validaram o método para a medição não invasiva de metabólitos de glicocorticóides fecais em galinhas. A relevância fisiológica desse método foi comprovada após estimulação farmacológica da atividade adrenocortical, no qual constataram que as concentrações de metabólitos de glicocorticóides fecais corresponderam às mudanças nos níveis do hormônio ativo biológico no plasma sanguíneo. Fujihara et al. (2014), relatam que por sofrerem metabolização hepática, não estão presentes nas fezes nas suas formas originais e sim na forma de metabólitos.

Os glicocorticóides são amplamente transportados no sangue ligados a proteínas plasmáticas incluindo a albumina e a transcortina. As flutuações no nível de proteína plasmática podem afetar diretamente o nível e os efeitos dos glicocorticóides no sangue, uma vez que o hormônio ligado não é tão biologicamente ativo como o hormônio livre (HARVEY; SCANES; BROWN, 1986).

Os programas de iluminação podem afetar muitos aspectos da fisiologia aviária, o bem-estar, o comportamento entre outros fatores, incluindo as alterações

químicas do sangue (OLANREWAJU et al., 2017). Diante desse contexto, este estudo verificou a relação heterófilo:linfócito (H/L), os níveis de cortisol por meio dos metabólitos fecais, a proteína plasmática total e a concentração de glicose plasmática, foram avaliadas para a detecção de estresse, sob influência dos tratamentos de luz monocromáticas vermelha, azul e verde.

Desse modo, os resultados deste estudo, trazem uma abordagem em relação aos aspectos fisiológicos que são de extrema importância para o bem-estar das aves, além disso, este estudo poderá contribuir para o melhor entendimento dos estímulos da rotina em sistemas de produção, sofridos pelas aves, sendo utilizado como uma ferramenta de agentes pré estressores, antes mesmo do estresse interferir na produção das aves.

Esse estresse pode gerar impacto econômico devido à redução da produção e da qualidade do produto final, além de ameaçar o bem-estar do animal que está inserido neste sistema. A situação de desconforto faz com que ocorram modificações fisiológicas, morfológicas e comportamentais aos animais (MOBIGLIA, CAMILO e FERNANDES, 2014). Sabendo-se que o setor avícola tem buscado o máximo de rendimento de produção por meio de manejos estratégicos, como a alteração do ambiente por meio de luz artificial e saber até que ponto esses comprimentos de onda de iluminação pode interferir nos parâmetros fisiológicos que configuram o estresse é de extrema importância para a saúde e bem-estar das aves, pois animais estressados podem alterar todo seu metabolismo na tentativa de manter as reações do corpo em equilíbrio para evitar danos ao seu organismo.

Portanto, compreender os parâmetros envolvidos na situação de estresse e seus metabólitos no fluídos e nas excretas é uma forma de detectar estresse animal (MOBIGLIA, CAMILO e FERNANDES, 2014). Desse modo, este estudo buscou conhecer o estresse das aves sob diferentes comprimentos de onda de iluminação com luz monocromática por meio de índices fisiológicos como: a relação heterófilo:linfócito (H/L), os níveis de cortisol por meio dos metabólitos fecais, a proteína plasmática total e a concentração de glicose plasmática, sob influência dos tratamentos de luz monocromáticas vermelha, azul e verde.

2.7 Ectoparasitas na avicultura

Devido a uma infestação de piolhos em um dos tratamentos, apresenta-se essa revisão de literatura sobre o assunto.

Os ectoparasitas são habitantes temporários ou permanentes da pele para obter alimento (pele, sangue, linfa e apêndices da pele), calor e proteção, além do que desempenham um papel importante na avicultura pois influenciam de forma negativa no bem-estar animal e na qualidade do ovo (HORN, et al., 2017).

Os ectoparasitas têm sido controlados por mais de 50 anos, efetivamente reduzindo o incentivo de pesquisadores para estudá-los. No entanto, o controle químico está cada vez mais difícil devido à limitação de pesticidas registrados e o desenvolvimento de resistência dos pesticidas nas aves (MULLENS, et al., 2004). Deste modo, há uma necessidade iminente de explorar métodos alternativos para controlar os ectoparasitas (MULLENS, CHEN e OWEN, 2010).

Algumas espécies de ectoparasitas se reproduzem mais rapidamente do que outras (SINGH, et al., 2012). Além disso, a taxa de crescimento populacional dos parasitas depende de seu potencial reprodutivo e da duração da geração (KUMAR e HASAN, 2016).

Nos sistemas mais modernos de produção de ovos, as aves são confinadas em grande quantidade nas instalações, favorecendo deste modo a proliferação dos ectoparasitas, sobretudo os ácaros (SOARES, et al., 2008).

Os ácaros são hematófagos (sugadores de sangue) e se alojadas em frestas e cantos das gaiolas, permanecendo nas aves apenas para se alimentarem. Algumas espécies são visíveis a olho nu e outras são detectadas apenas por meio do uso de microscópio. Os ácaros põem ovos no ambiente e seu tamanho pode chegar até 0,4 milímetros (PEDROSO-DE-PAIVA, 2004).

Os ectoparasitas hematófagos são um problema global que leva à diminuição da produtividade, induzindo estresse nas galinhas, reduzindo a qualidade dos ovos, causando anemia e diminuindo a imunidade da ave, podendo causar infestações graves e levando a morte por perda de sangue (ARCE, et al., 2018).

Nesta perspectiva, as galinhas infestadas com ácaros apresentam inquietação, ou seja, têm maior probabilidade de apresentar problemas de bem-estar, como por exemplo, estresse relacionado à coceira e à interrupção do sono. No entanto, os problemas de bem-estar associados à coceira prolongada são pouco estudados e raramente incluídos nas avaliações de bem-estar animal de produção (JACOBS, et al., 2019).

Os piolhos são conhecidos como mastigadores, ou seja, não sugam sangue das aves, apenas se alimentam de penas e escamações da pele (PEDROSO-

DE-PAIVA, 1996) e passam todo o seu ciclo de vida no hospedeiro (ave) (HILLGARTH, 1996). Podem medir de 1 a 6 milímetros, provocam diminuição do apetite e da produção, além de causar irritação e coceira na ave ocasionando com maior frequência em meses mais frios (PEDROSO-DE-PAIVA, 2004).

Os ovos dos piolhos têm um período de incubação de 3 a 5 dias e são colados até 60 ovos às penas da ave pelo piolho fêmea adulta. As ninfas eclodem do ovo e passam por três fases, cada um com duração de aproximadamente 7 dias. A ninfa do terceiro estágio muda para o estágio adulto. Geralmente, leva 30 dias para se desenvolver do ovo ao adulto (KAUFMAN, 2019). Os piolhos não podem viver longe do hospedeiro por mais de alguns dias (LEVOT, 2000).

Em galinhas poedeiras, as principais infestações ocorrem pelos seguintes ectoparasitas: *Menopon gallinae* e *Menacanthus sp.*, conhecidos como piolho (ectoparasitas mastigadores); e *Ornithonyssus sp* e *Dermanyssus gallinae*, conhecidos como ácaros, ou seja, os ectoparasitas hematófagos. (SAATKAMP, et al., 2020).

Conforme Price et al. (2004) doze tipos (Quadro 2) de piolhos mastigadores foram reconhecidas em galinhas domésticas (*Gallus gallus*).

Quadro 2. Piolhos mastigadores em galinhas domésticas (*Gallus gallus*)

Espécie	Piolhos Mastigadores
Amblycera	Menacanthus cornutus
	Menacanthus. stramineus
	Menacanthus. pallidulus
	Menopon gallina
Ischnocera	<i>Cuclotogaster heterographus</i>
	Goniocotes gallinae
	Goniodes dissimilis
	Goniodes gigas
	Lagopoecus sinensis
	Lipeurus caponis
	Lipeurus tropicalis
	Oxylipurus dentatus

Fonte: PRELEZOV e KOINARSKI, 2006

A infestação por piolhos pode reduzir a produção de ovos, o ganho de peso corporal, diminuir o consumo de ração e o tamanho do ovo (DEVANEY, 1976).

Lipeurus caponis, também conhecidos como "piolho das asas", pertence à subordem *Ischnocera* e à família *Philopteridae*, apresenta corpo alongado e fino (CORREIA, et al., 2015).

Localizam-se principalmente nas penas, distribuídas principalmente na região do pescoço, cauda e asa, tanto em machos quanto em fêmeas (TRIVEDI, RAWAT e SAXENA, 1991; SANTOS-PREZOTO, et al., 2003), frequentemente encontrado em galinhas domésticas, mantidas sobre o solo, apresentando baixa infestação (SANTOS-PREZOTO, SILVA, et al., 2003; REZENDE, et al., 2015).

L. caponis, em condição in vitro (35°C e 75-82% UR), apresenta período de incubação dos ovos de 6 dias. A média de vida dos machos é de 12 dias e 15 dias para as fêmeas. Uma fêmea adulta deposita em média 6,97 ovos durante a vida, o que corresponde a uma taxa de 0,77 ovos/fêmea/dia, sendo sua reprodução considerada moderada (KUMAR e HASAN, 2016).

Segundo Figueiredo, Guimarães e Gama (1993), a maior ocorrência de *L. caponis* e de outras espécies da subordem *Ischnocera* apresentam maior dependência da luz solar para sobrevivência.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental da Faculdade de Ciências e Engenharia da UNESP, campus de Tupã, entre os dias 10 de junho e 14 de setembro de 2020, sendo os sete primeiros dias, dedicados à adaptação das aves, perfazendo três ciclos de produção de 28 dias. O estudo possui aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Ciências e Engenharia com Protocolo CEUA nº. 02/2020.

3.1 Descrição das aves e dos aviários

Foram monitoradas 80 aves de linhagem *Lohmann* com 29 semanas de idade no início do estudo. O manejo à manutenção das aves durante o estudo foi semelhante ao da granja de origem, com fornecimento diário de 110 g/ave de ração, cujas formulações são apresentadas no ANEXO I, em uma vez pela manhã, com

acesso à água *ad libitum* por meio de bebedouros do tipo *nipple* e fotoperíodo de 17h de luz.

As aves foram divididas aleatoriamente em grupos de 20 indivíduos e alojadas em quatro aviários em escala reduzida (Quadro 3), sendo que cada aviário dispunha de dois ninhos tipo caixa com dimensões de 40 x 40 x 40 cm, um comedouro do tipo pendular, bebedouro com quatro bicos do tipo *nipple*, cama de maravalha com 15 cm de altura e exaustor de 30 cm de diâmetro para controle da ventilação e qualidade interna do ar, conforme *layout* apresentado na Figura 6.

Quadro 3. Características da construção dos aviários em escala reduzida e distorcida.

Característica	Descrição
Orientação	Leste-Oeste
Paredes leste e oeste	Alvenaria
Paredes norte e sul	Grade
Chão	Cimentado, com cama de maravalha de 15 cm
Telhas	Fibrocimento
Exaustores	30cm de diâmetro com capacidade de 3100 m ³ /h

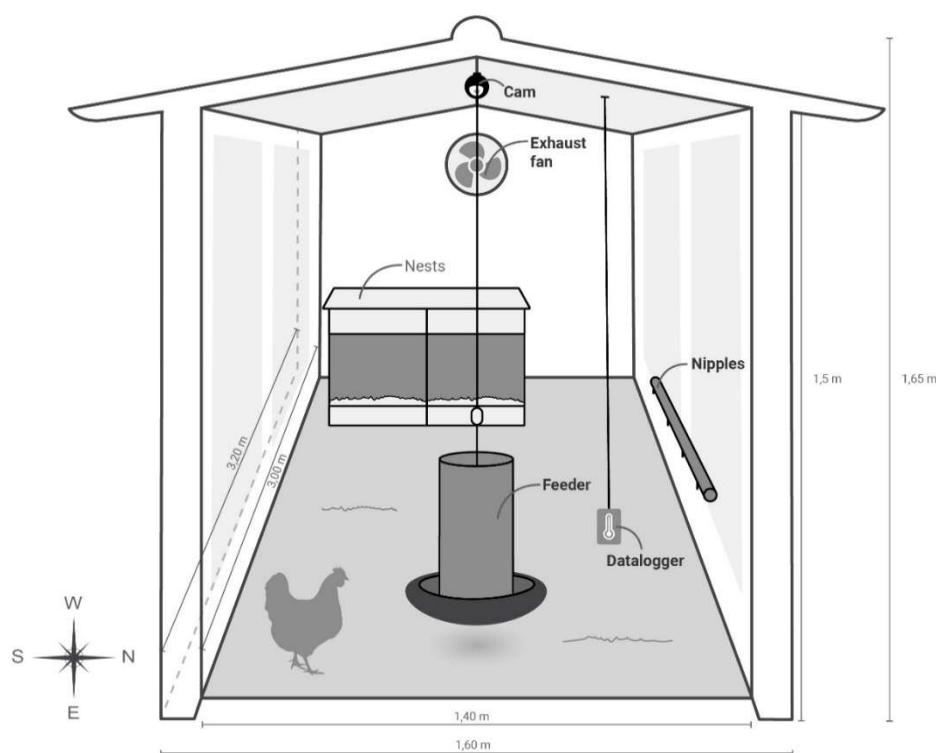


Figura 6. Layout dos aviários experimentais.

As instalações foram adaptadas com o fechamento total das laterais com lonas plásticas, com o objetivo de isolar totalmente o ambiente interno da entrada de luz natural do ambiente externo.

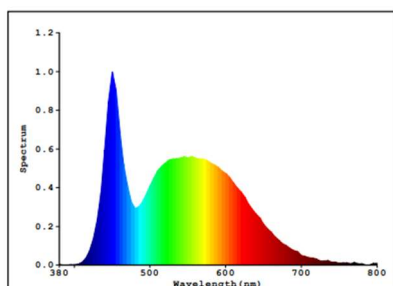
A Figura 77 mostra foto panorâmica dos aviários em escala reduzida e distorcida utilizados neste estudo.



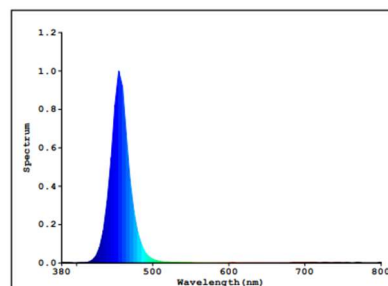
Figura 7. Foto panorâmica dos aviários em escala reduzida e distorcida utilizados neste estudo.

As aves foram expostas a tratamentos de iluminação LED monocromática azul, verde, branco e vermelho. A

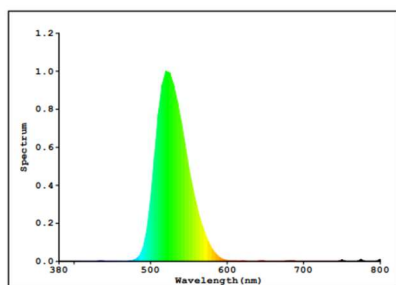
Figura 8 8 demonstra as curvas de emissão de luz para cada fonte luminosa utilizada nos tratamentos.



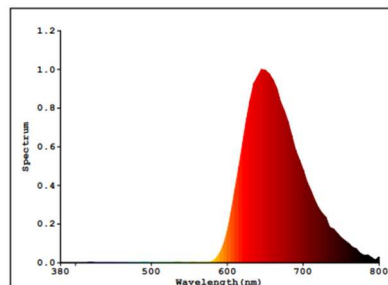
A) Modelo TKL 30: Iluminância de 485,73 lm



B) Modelo TKL Colors Azul: Iluminância de 40,57 lm



C) Modelo TKL Colors Verde:
Iluminância de 229,77 lm



D) Modelo TKL Colors Vermelho:
Iluminância de 49,68 lm

Figura 8. Espectros luminosos, modelo das lâmpadas e respectivos fluxos luminosos das fontes (LED's) que serão usadas nesse estudo: A) branco, B) azul, C) verde e D) vermelho, utilizadas nos tratamentos.
Fonte: Taschibra, 2020.

Cada fonte luminosa apresenta um espectro luminoso diferente e definiu-se uma iluminância de 100 lux no interior dos aviários. Considerando as dimensões e características construtiva dos aviários, determinou-se através de cálculo luminotécnico a quantidade de lâmpadas necessária para cada tratamento. O cálculo luminotécnico foi realizado conforme Manual de Iluminação da Procel (2011), descrito a seguir.

a) Índice do local (K)

$$K = \frac{C \times L}{A \times (C + L)} \quad (1)$$

Onde: K = índice do local; C = comprimento do galpão; L = Largura do galpão; e A = altura do pé direito.

O índice do local (K) é utilizado para estimar o fator de utilização (U), conforme Quadro 4 a seguir.

Quadro 4. Fator de utilização (U) do local definido de índice do local e valores de refletâncias.

Teto(%)	70			50			30		0
Parede(%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
Piso(%)	10			10			10		0
K	Fator de Utilizacao – (x 0,01)								
0,60	40	35	32	40	35	32	35	32	30
0,80	48	43	39	47	42	39	42	39	37
1,00	53	49	45	52	48	45	48	45	43
1,25	58	54	51	57	53	50	53	50	48
1,50	62	58	55	61	57	54	56	54	52
2,00	67	64	61	66	63	61	62	60	58
2,50	70	68	65	69	66	64	65	64	62
3,00	72	70	68	71	69	67	68	66	64
4,00	75	73	71	73	72	70	70	69	67
5,00	76	74	73	75	73	72	72	71	69

Fonte: PROCEL, 2011

b) Cálculo da quantidade de luminárias

$$N = \frac{E \times C \times L}{n \times f \times U \times F_{pl}} \quad (2)$$

Onde: N = quantidade de luminárias; E = iluminância (lux); n = quantidade de lâmpadas por luminária; f = fluxo luminoso; U = fator de utilização; e F_{pl} = fator de perdas luminosas.

Considerando uma iluminância aproximada de 100 lux, os fluxos luminosos de cada lâmpada utilizada e as características construtivas dos galpões encontraram-se as seguintes quantidades de lâmpadas para cada tratamento descrito na Tabela 22.

Tabela 2. Quantidades de lâmpadas calculadas para cada tratamento considerando os fluxos luminosos de cada lâmpada fornecido pelo fabricante e as características construtivas dos galpões.

Lâmpada	Quantidade
Branca	2
Verde	4
Vermelha	16
Azul	20

3.2 Monitoramento do ambiente térmico

Para o monitoramento do ambiente térmico, em cada galpão foi instalado um *datalogger* (Figura 9A) posicionado ao centro da instalação e na altura das aves para registro de temperatura e umidade relativa do ar modelo U12-012 da marca HOBO®. Esses registradores foram programados para registrar as variáveis temperatura e umidade relativa do ar em intervalos de 5 minutos durante 24 horas ao longo de todo estudo observacional.

A ventilação mínima para renovação do ar foi realizada por exaustores de 30cm de diâmetro.

Para o monitoramento em tempo real dessa temperatura no interior dos aviários, foi instalado adicionalmente aos *dataloggers* um painel (Figura 9B) de monitoramento da temperatura interna e externa do aviário com iluminação branca, para que o pesquisador pudesse monitorar mais facilmente a temperatura no interior do aviário e tomar medida emergencial caso o estresse térmico fosse muito intenso. No caso, a medida emergencial prevista era o abaixamento total das cortinas.



A)



B)

Figura 9. Imagens do A) Datalogger Hobo U12-012, utilizando para registro dos dados experimentais de ambiente térmico e B) Painel desenvolvido para de monitoramento da temperatura em tempo real.

A partir dos dados de temperatura e umidade relativa, foi calculado para cada aviário o Índice de Temperatura e Umidade – ITU a partir da fórmula a seguir, descrita por Pires et al. (2002) e usada para aves por Biaggioni et al. (2008).

$$ITU = 0,8 \times TBS + \frac{UR \times (TBS - 14,3)}{100} + 46,3 \quad (2)$$

Em que: T = temperatura de bulbo seco em °C; UR = umidade relativa do ar (%).

3.3 Sistema de monitoramento das aves

As aves foram monitoradas por câmeras de vigilância, instaladas centro da cobertura dos galpões e direcionadas para o piso, com gravação durante 15 minutos no período da manhã e 15 minutos no período da tarde, conforme metodologia utilizada por Del Valle (2020). Os vídeos foram gravados utilizando um equipamento *Digital Video Recorder* (DVR), instalado no Laboratório de Conforto Ambiental.

A transmissão das imagens das câmeras para o DVR foi feita por cabos coaxiais. As câmeras de vídeo instaladas foram do modelo AP2688W, marca POWER® com sensor de imagem *charge-coupled device* (ccd) analógico, com resolução de 240 linhas, lente de 2,8 mm, com abertura de 60° e padrão de vídeo NTSC - *National Television System(s) Committee*. O equipamento de DVR é do modelo VD 4E120 da marca Intelbras®, com sistema operacional Linux instalado, formato de vídeo suportado NTSC, velocidade de gravação de vídeo com 30fps (*frames* por segundo) e com a capacidade de 4 canais de vídeo e 4 canais de áudio e suporte para 1 HD SATA de 1TB.

As imagens foram processadas e analisadas utilizando o *software* MatLab®. No processamento das imagens foi aplicado filtro de Gauss para eliminar pequenos ruídos e foram definidos limiares para as bandas de RGB e HSU para que houvesse destaque das aves. Após a aplicação dos filtros e de limiares, a imagem foi segmentada dando destaque exclusivamente as aves, conforme exemplo apresentado na Figura 10.

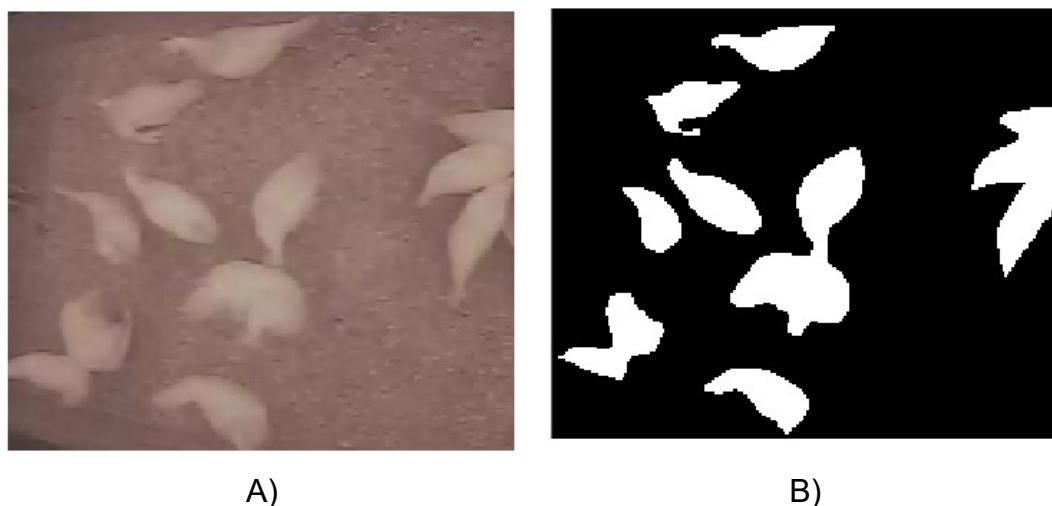


Figura 10. Exemplo de segmentação de uma imagem. A) Imagem original recortada e B) imagem segmentada.

Na segmentação, os pixels que representam aves assumem o valor de 0 e 255, gerando uma imagem preta e branca (GALVÃO, 2015).

Devido as imagens capturadas conterem áreas que não são de interesse e com alto brilho, como paredes e tubulações, de posição fixa e que podem ser confundidas com as aves no processo de segmentação, selecionou-se na imagem uma área de interesse em que esses elementos de construção não aparecessem. Essa nova imagem recortada possibilitou ter um melhor desempenho do processamento de imagem, inclusive pela redução da área a ser processada, contribuindo para a redução do esforço computacional.

A partir das imagens binarizadas foi possível extrair medidas das áreas de interesse (aves), que foram utilizadas para calcular os índices de aglomeração e agitação, utilizados neste trabalho para descrever o comportamento de grupo das aves em cada tratamento.

3.4 Medidas dos índices de aglomeração e agitação

Dois indicadores foram utilizados para descrever o comportamento de grupo das aves: Índice de Aglomeração, descrito por Lopes (2018), e Índice de Agitação, descrito por Del Valle (2020).

Com a imagem segmentada foram registradas as posições dos centros de massa das aves (ou grupos de aves) em cada *frame* do vídeo, além da área e o

perímetro das formas que as aves assumem. Essas medidas foram utilizadas para calcular o Índice de Aglomeração descrito na Eq. 3.

$$\text{IndAglo}_i = \frac{2 \times \bar{A} \times \sqrt{x^2 + y^2}}{\bar{P} \times n_A} - 1 \quad (3)$$

Onde $\text{IndAglo}_{(i)}$ é o Índice de Aglomeração das aves observado no i -ésimo *frame* do vídeo, $\bar{A}$ e $\bar{P}$ são respectivamente a área e o perímetro médios (*pixels*) das formas observadas no *frame*, n_A é o número de aglomerados e x e y correspondem a altura e largura (*pixels*) da imagem recortada

Para o cálculo do Índice de Agitação, inicialmente foram calculadas as distâncias dos centros de massa das aves de um *frame* em um instante $i-1$ para os centros de massa das aves do *frame* seguinte, no instante i . Das medidas de distâncias entre os centros de massa das aves entre os *frames*, foi extraída a distância de Hausdorff, que consiste em uma medida matemática que representa a distância entre dois conjuntos. Essa distância de Hausdorff compõe o Índice de Agitação utilizado, descrito na Eq. 4.

$$\text{IndAgit}_{(i,i-1)} = \max\{\text{dH}(F_{(i)}, F_{(i-1)}), \text{dH}(F_{(i-1)}, F_{(i)})\} \quad (4)$$

Onde $\text{IndAgit}_{(i,i-1)}$ é o Índice de Agitação das aves entre dois *frames* registrados com 1 (um) segundo de diferença, sendo que i é a posição do *frame* no vídeo, $F_{(i)}$ é o *frame* atual, $F_{(i-1)}$ é o *frame* anterior e dH é a distância de Hausdorff entre das aves de um *frame* para o outro.

3.5 Sistema de Análise do comportamento das aves

Dois indicadores foram utilizados para descrever o comportamento de grupo das aves: Índice de Aglomeração (Eq. 5), descrito por Lopes (2018), e Índice de Agitação (Eq. 4), descrito por Dell Valle (2020).

$$\text{IndAglo}_i = \frac{2 \times \bar{A} \times \sqrt{x^2 + y^2}}{\bar{P} \times n_A} - 1 \quad (5)$$

Onde $\text{IndAglo}_{(i)}$ é o Índice de Aglomeração das aves observado no i -ésimo *frame* do vídeo, $\bar{A}$ e $\bar{P}$ são respectivamente a área e o perímetro médios (*pixels*) das

formas observadas no *frame*, n_A é o número de aglomerados e x e y correspondem a altura e largura (*pixels*) da imagem recortada

$$\text{IndAgit}_{(i,i-1)} = \max\{\text{dH}(F_{(i)}, F_{(i-1)}), \text{dH}(F_{(i-1)}, F_{(i)})\} \quad (4)$$

O primeiro mede o quanto as aves estão próximas umas das outras em cada *frame* do vídeo, considerando as distâncias entre os centros de massa das aves e/ou tamanhos dos grupos observados. No algoritmo de classificação, quando duas ou mais aves estão se encostando não é possível diferenciar os indivíduos, sendo que a forma assumida por elas corresponde a um grupo de aves. A Figura 11 a seguir mostra um exemplo desse tipo de grupo na imagem binarizada.

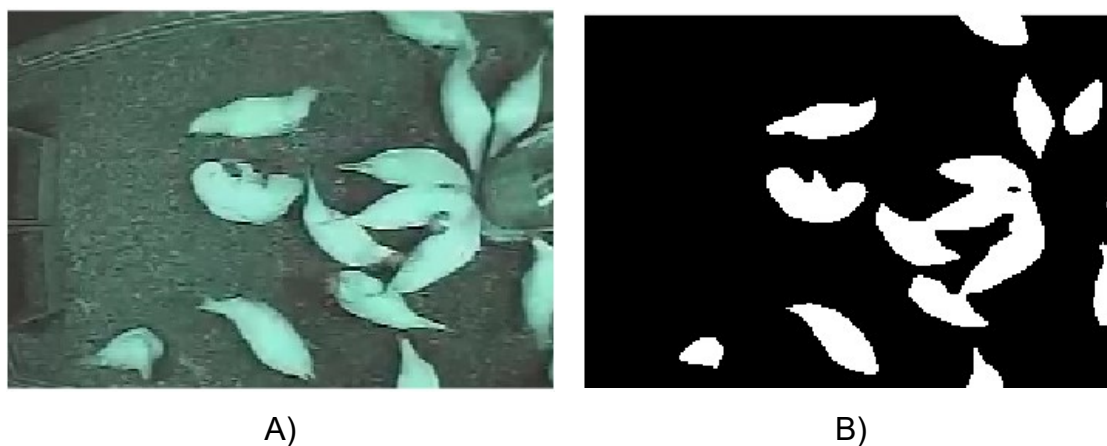


Figura 11. Exemplo de grupo de aves que se encostam na A) imagem original e B) após o processamento e binarização da imagem.

O segundo indicador mede o quanto que as aves mudaram de posição entre os *frames*, baseado na variação das posições dos centros de massa. A combinação desses dois indicadores permite avaliar se há diferenças no comportamento do grupo entre os tratamentos de iluminação.

Ambos os indicadores foram obtidos utilizando o programa Welfare Monitor®, sendo que o programa foi configurado para analisar um *frame* por segundo de filmagem. A Figura 12 mostra a tela do programa em funcionamento.

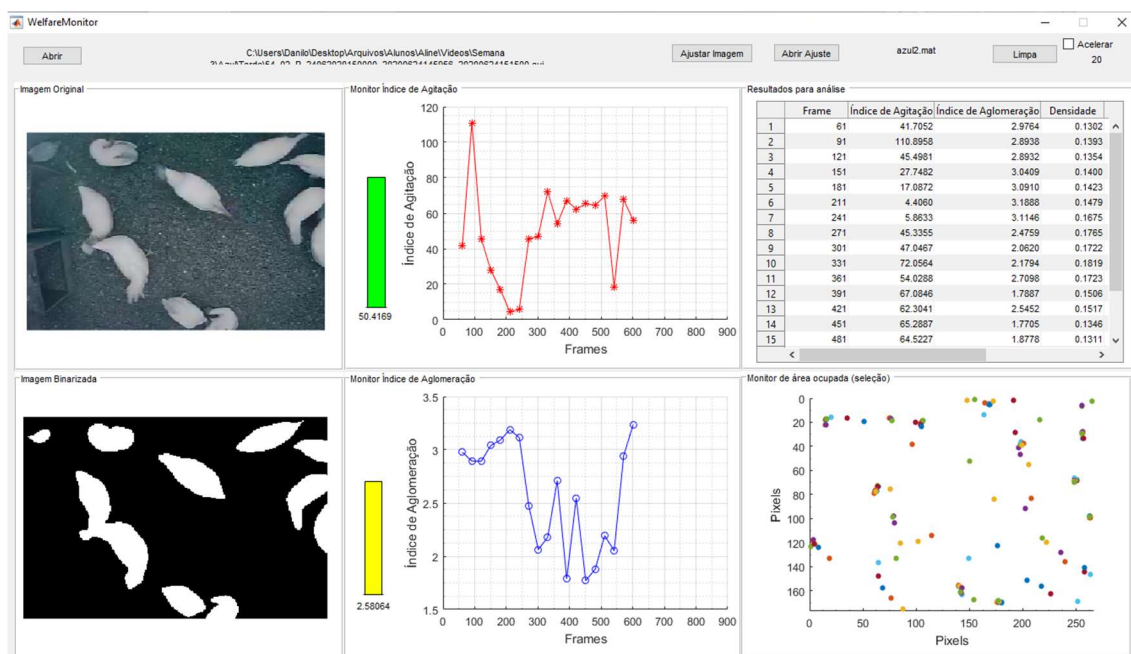


Figura 12. Tela do programa Welfare Monitor® em funcionamento.

3.6 Medição da produção e qualidade dos ovos das aves

Os ovos foram coletados duas vezes ao dia e devidamente identificados. Diariamente todos os ovos foram submetidos a análise de qualidade interna e de casca, registrando-se as seguintes variáveis: peso do ovo, altura da gema, resistência da casca, espessura da casca e unidade Haugh, utilizando o equipamento DET-6000® da Nabel. A gravidade específica (GE) foi determinada pela imersão dos ovos em recipientes com soluções salinas (NaCl), com densidades variando de 1.060 a 1.100 g/ml em intervalos de 0,005, conforme metodologia descrita por Moreng e Avens (1990).

Para a avaliação nutricional dos ovos (proteínas e lipídeos), foram separadas amostras de 15 ovos do último dia de cada ciclo de produção para cada tratamento. Para a determinação da porcentagem de lipídios, utilizou-se a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) e para a determinação do teor de proteínas foi utilizado o método analítico nº23 de Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (1998).

As concentrações das soluções salinas foram ajustadas com a utilização de um densímetro. Os ovos foram submersos nos recipientes da menor para a maior concentração. Quando flutuam em uma determinada solução, foram retirados e o valor expresso em g/mL de H₂O é registrado. A Figura 13 a seguir mostra foto do uso da máquina DET-6000 e dos recipientes com solução salina usadas para medir a gravidade específica dos ovos.



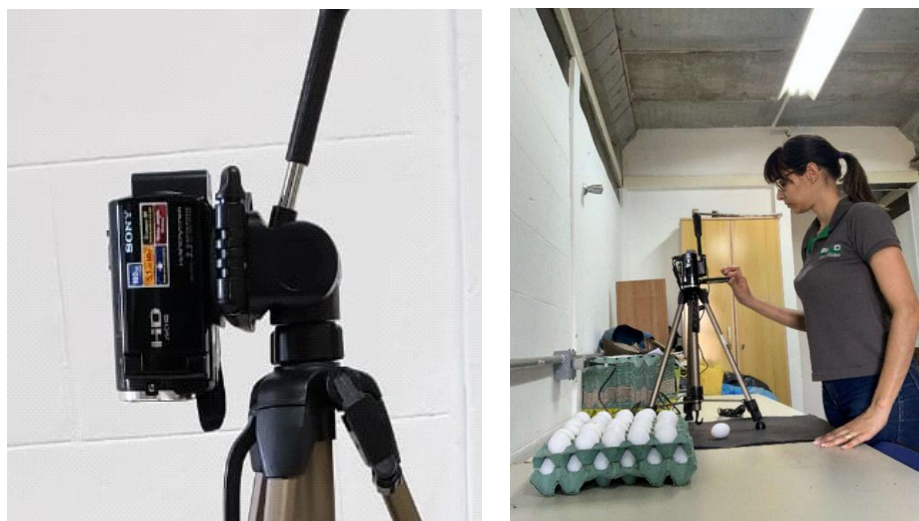
Figura 13. Laboratório de Conforto Ambiental com detalhe na A) máquina DET-6000® da Nabel utilizada para a análise da qualidade dos ovos e B) recipientes com solução salina utilizados para registro da gravidade específica dos ovos.

Durante o estudo foram analisados 6.683 ovos. Os dados foram submetidos à análise de Variância e teste Tukey a 5% de significância para evidenciar diferenças entre os tratamentos.

3.7 Análise da forma dos ovos

Para análise da forma do ovo, foi realizada captação de imagem digital de todos os ovos recolhidos durante o estudo, utilizando uma câmera digital da marca Sony, modelo HDR-XR160 instalada em um tripé, posicionando a lente da câmera a 90° para baixo onde foi posicionado o ovo sobre um fundo preto. As medidas de área e perímetro da forma dos ovos foram obtidas por meio do programa *Egg Shape*, desenvolvido em ambiente Matlab®. A

14 mostra imagem da câmera instalada no tripé e o pesquisador fazendo registro das imagens.



A)

B)

Figura 14. Sistema de captura das imagens dos ovos, sendo que A) detalhe da câmera instalada no tripé e B) pesquisador registrando as imagens dos ovos.

As medidas de área e perímetro da forma dos ovos foram obtidas por meio do programa *Egg Shape*, desenvolvido em ambiente Matlab®. A Figura 15 mostra exemplo de um ovo analisado computacionalmente.

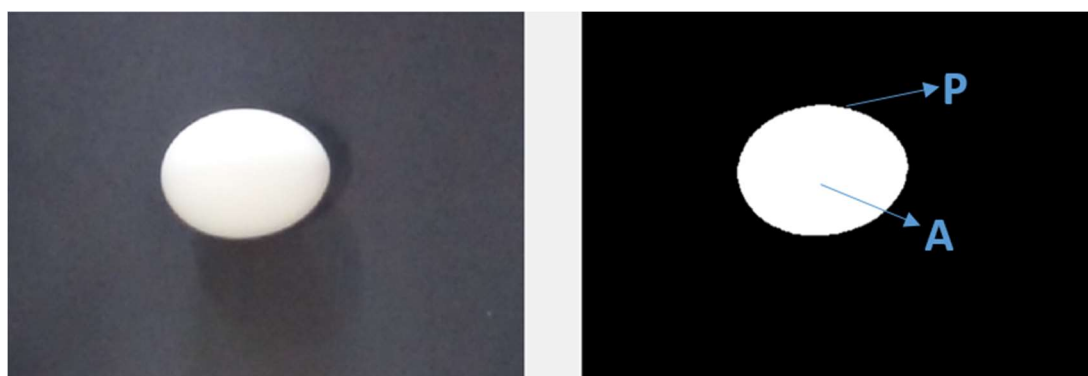


Figura 15. Demonstração da imagem digital captada de um ovo e o processamento na tela do programa *Egg Shape*.

A partir das medidas de área e perímetro calculou-se o coeficiente de forma (CC) utilizando a Equação 6.

$$CC = \frac{P^2}{4 \times \pi \times A} \quad (6)$$

Onde: P = perímetro em pixels da imagem do ovo;

A = área em pixels da imagem do ovo.

O CC descrito na Equação 6 aproxima-se do valor 1 (um) quando a forma analisada se aproxima de um círculo. Deste modo é possível verificar apenas com essa medida se os ovos estão com formatos mais alongados ou esféricos.

3.8 Análise sanguínea

Os dados amostrais coletados no estudo foram compostos por duas coletas, uma no início e outra no final do estudo. As aves vieram de uma granja comercial transportadas em cinco caixas plásticas (31cm de altura, 76cm de largura e 57cm de profundidade) até o local do estudo, porém ocorreu atraso de aproximadamente 30 minutos para começar as coletas o que ocasionou atraso em realojar as aves no galpão.

Para a realização das coletas as aves foram selecionadas uma a uma da caixa de transporte, onde foi colhido o material e as mesmas foram distribuídas nos aviários experimentais na sequência: azul, verde e vermelho.

As amostras de sangue foram colhidas de todas as aves da veia femural, na face posterior da tíbia, com auxílio de agulha 20x0,55mm e seringa de 3mL, acondicionadas em tubos EDTA (0,5 mL) e imediatamente refrigeradas para avaliação laboratorial para verificação das análises de glicose plasmática, proteína plasmática total e relação heterofilo/linfócito.

As coletas foram realizadas em todas as aves (20) de cada tratamento: A primeira foi realizada antes de serem alojadas e a segunda após 90 dias de exposição aos tratamentos luminosos.

Para dosagem de glicose plasmática foi utilizado kit glicose accu chek active®, no momento da coleta, onde foi utilizada uma microgota de sangue analisada pelo glicosímetro.

Para contagem diferencial de leucócitos, os esfregaços sanguíneos foram corados individualmente com o kit panótico rápido®. Os dados de contagem diferencial foram obtidos manualmente contando-se um total de 100 leucócitos por lâmina para

diferenciação em heterófilos e linfócitos, e as relações heterófilo/linfócito foram calculadas pela divisão entre heterófilos e linfócitos de acordo com a metodologia de Gonzales et al. (2003). Para avaliação das proteínas plasmáticas totais, as amostras de sangue foram centrifugadas em centrífuga de microhematócrito e o plasma de cada tubo foi verificado em refratometria em sangue com EDTA.

O cortisol foi analisado por meio do cortisol fecal, pelo método Ensaio Imunoenzimático (ELISA). As amostras fecais foram coletadas de acordo com a metodologia de Dehnhard et al. (2003), onde foram coletadas do chão das gaiolas de cada tratamento, dentro de uma hora aproximadamente após a defecação, em seguida foram armazenadas em tubos coletores a aproximadamente -20°C para minimizar a degradação da amostra à temperatura ambiente e encaminhadas para o laboratório específico para realização da verificação dos metabólitos de cortisol.

Os dados foram submetidos ao Minitab, teste de homogeneidade e de tukey a 5% de significância.

3.9 Delineamento de análise estatística

Este trabalho se caracteriza como um estudo observacional de coorte prospectivo, em função de ter monitorado três grupos de galinhas poedeiras homogêneas entre si, havendo plena paridade entre os grupos (coortes). As aves foram divididas aleatoriamente em três grupos e alojadas em quatro aviários, cada qual com uma condição de iluminação monocromática (azul, verde, branco e vermelho), que neste trabalho foi denominado como tratamento. A paridade do grupo se deve ao fato das aves terem sido obtidas em granja comercial, todas do mesmo lote, ou seja, mesma linhagem, idade e condições de criação iniciais. Deste modo os grupos só se diferem em função dos tratamentos de iluminação.

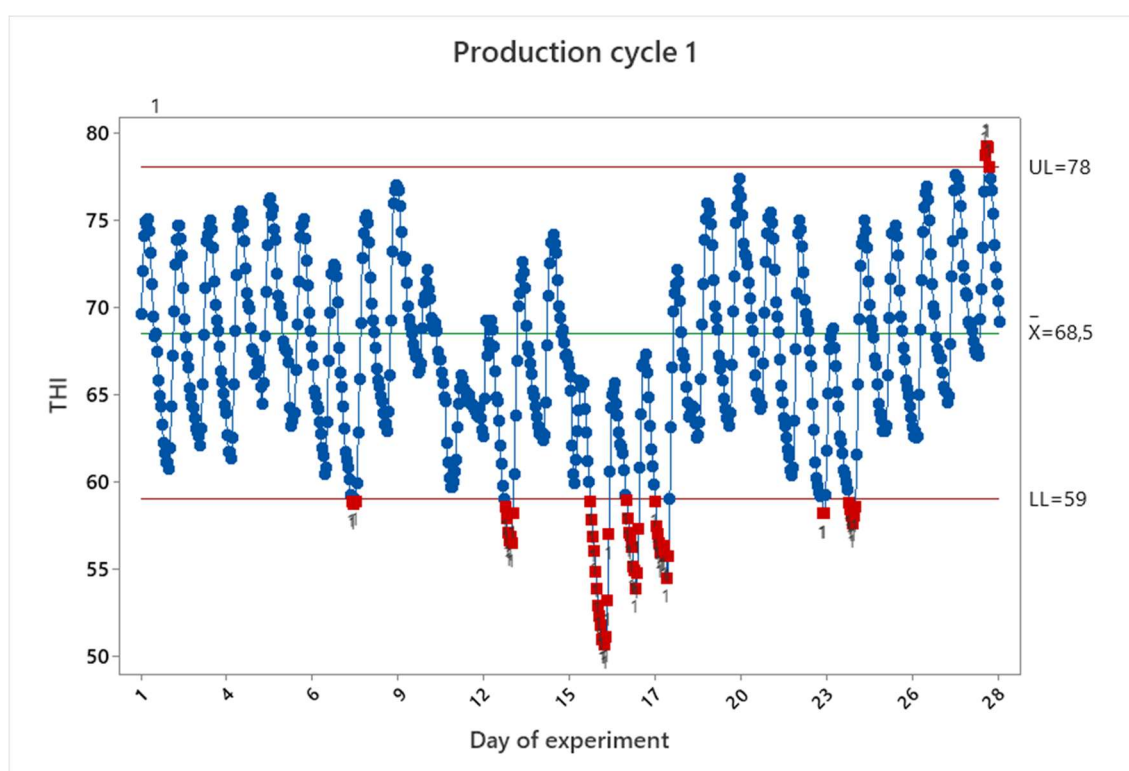
Neste estudo foram realizadas comparações das variáveis de comportamento das aves entre os tratamentos ao longo do tempo. Para tanto foi realizado a análise exploratória dos dados e análise confirmatória através de ANOVA e teste de comparações múltiplas de médias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições térmicas durante o estudo

Para galinhas de postura é considerado que valores de temperatura e ITU acima de 28° C e 78, respectivamente, são considerados situações em que a aves estão fora da zona de conforto térmico e, portanto, já caracterizando estresse por calor (BAGGIONI, et al., 2008). Por outro lado, temperaturas abaixo de 15° C e ITU abaixo de 59 já são considerados estresse por frio (TINÔCO, 2004). No presente estudo, ao longo do estudo todos os aviários tiveram o ambiente térmico majoritariamente dentro da zona de termoneutralidade.

A Figura 16 mostra a variação média de ITU de hora em hora para os três ciclos produtivos. Os pontos foram destacados quando o ambiente esteve abaixo ou acima dos limites de termoneutralidade definidos pela literatura.



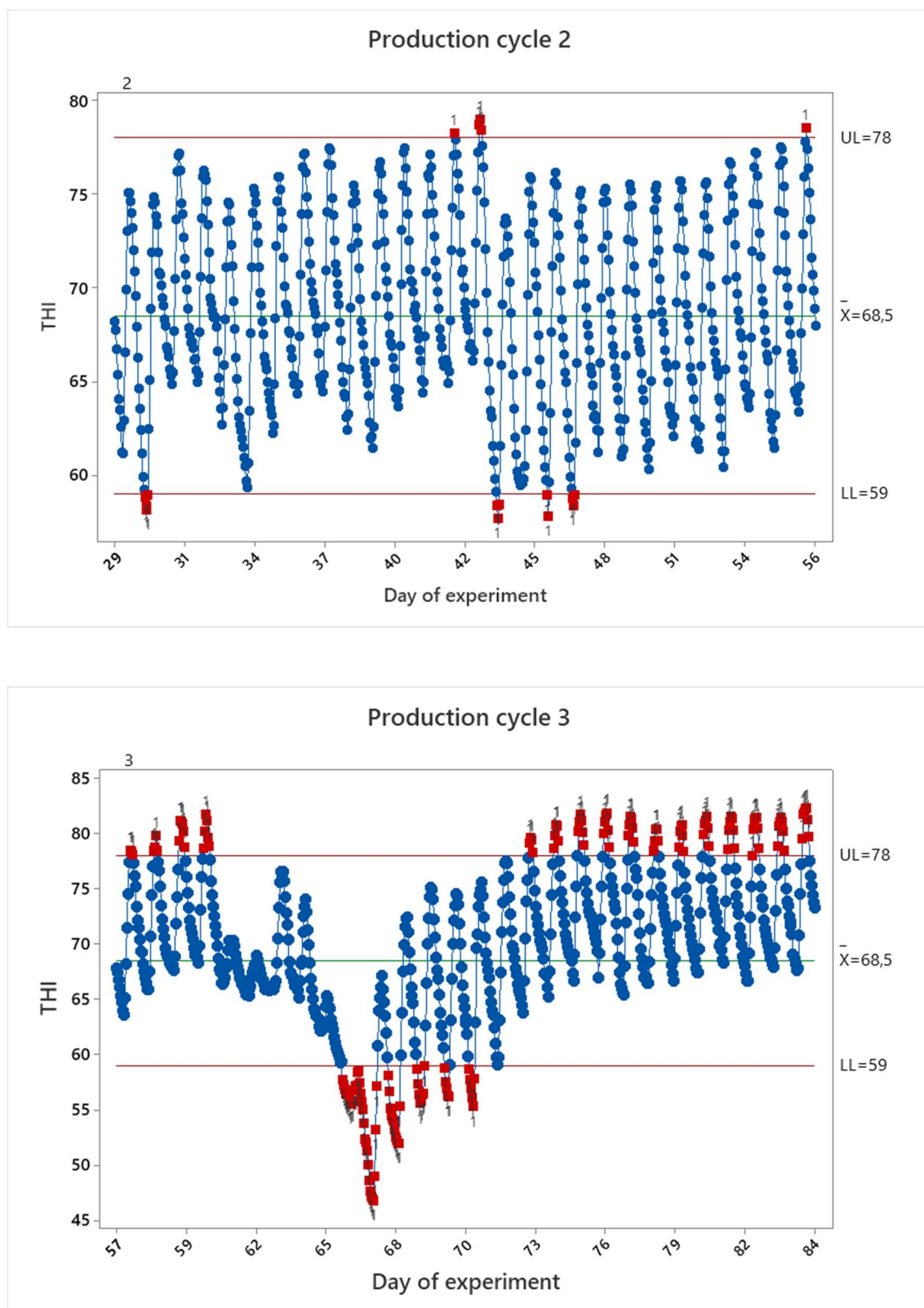


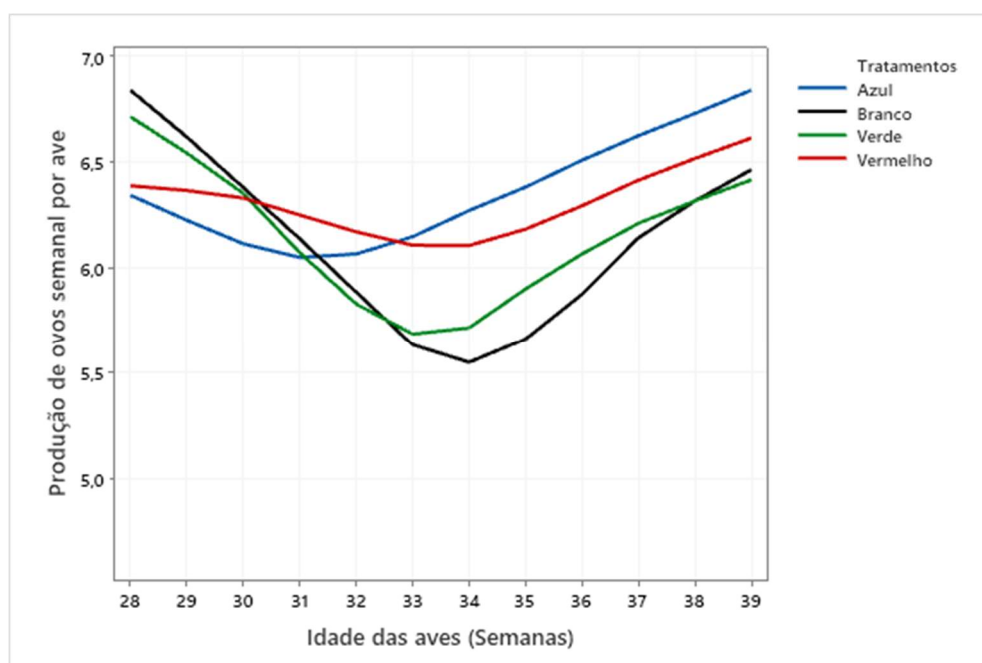
Figura 16. Variação do ITU de hora em hora para os ciclos de produção 1, 2 e 3.

No primeiro ciclo observa-se sete momentos que o ambiente esteve abaixo da zona de conforto das aves e apenas um dia acima da zona de termoneutralidade (Figura 16A); no ciclo 2 foram quatro dias abaixo e três dias acima

da zona de termoneutralidade (Figura 16B) e no terceiro ciclo quatro dias abaixo e 16 dias acima da zona de termoneutralidade (Figura 16C). Considerou-se que para análise da produção e qualidade dos ovos, não houve interferência do ambiente térmico nas medidas realizadas.

4.2 Produção de ovos

Durante este estudo observacional foram produzidos o total de 6.383 ovos. Na Figura 17 é apresentado a curva de produção semanal e a curva de produção por ave acumulada para cada tratamento de iluminação.



(A)

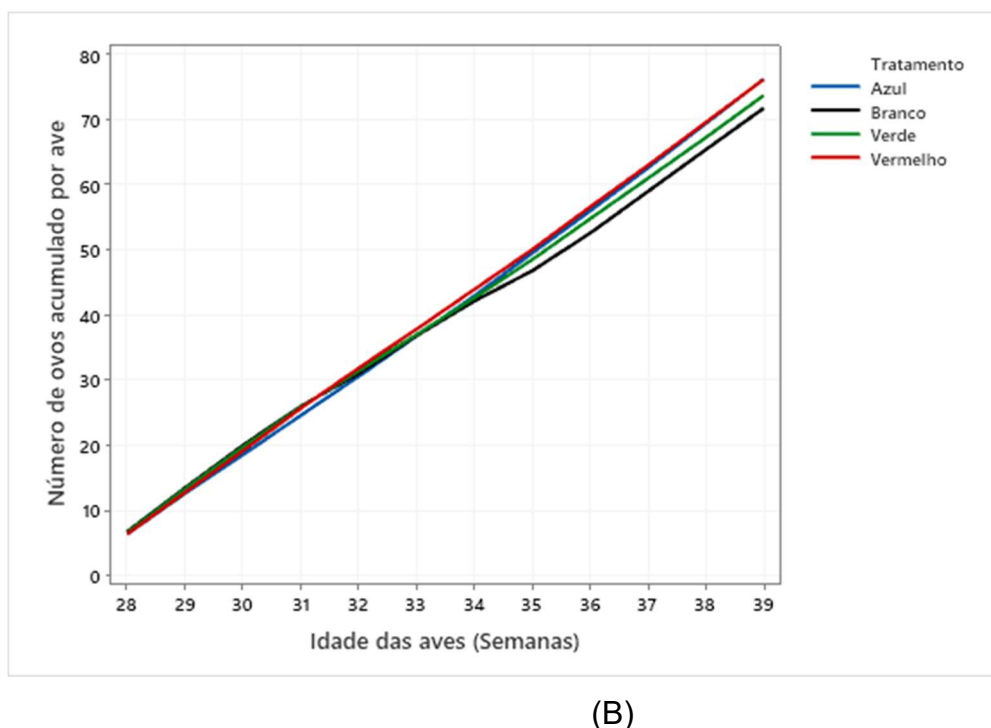


Figura 17. Produção de ovos semanal (A) e acumulada (B) por tratamento de iluminação em função da idade das aves.

A partir da quarta semana a produção semanal dos tratamentos azul e vermelho ficaram superiores aos tratamentos verde e branco (Figura 17A). Nota-se na Figura 17B que a exposição das aves à iluminação azul e vermelho apresentaram maior produção de ovos total por ave, cerca de 6,5% maior quando comparado com o tratamento branco, e que essa produção ficou acima de todos os outros tratamentos a partir da quarta semana, ou do início do segundo ciclo produtivo.

Este resultado difere de Rizzotto et al. (2011) que apontam a luz verde com melhor produção de ovos quando comparado com a luz azul e dos autores Pyrzak et al. (1987); Kim-Min et al. (2012); Hassan et al. (2014); Svobodova et al. (2015) que mencionam a iluminação vermelha com maior produção de ovos, quando comparado com os tratamentos de iluminação branco, verde e azul.

Nota-se que todos os tratamentos monocromáticos afetaram negativamente a produção no início do experimento (Figura 17A), pois o aviário de luz branca apresentou uma produção superior aos demais tratamentos. Contudo, durante o segundo ciclo que compreende as idades de 32 a 35 semanas das aves, foi constatada uma infestação de piolho do tipo *Lipeurus caponis* no tratamento de luz

branca. Apesar da curva de produção do tratamento verde ter acompanhado a curva do tratamento branco, não foi verificada infestação do parasita nesse tratamento. Contudo, todos os aviários foram tratados preventivamente.

Lipeurus caponis, também conhecido como "piolho das asas", pertence à subordem *Ischnocera* e à família *Philopteridae*, apresenta corpo alongado e fino (CORREIA, et al., 2015) e localizam-se principalmente nas penas, distribuídas principalmente na região do pescoço, cauda e asa (TRIVEDI, RAWAT e SAXENA, 1991; SANTOS-PREZOTO, et al., 2003) frequentemente encontrado em galinhas domésticas mantidas sobre o solo, apresentando baixa infestação (SANTOS-PREZOTO, et al., 2003; REZENDE, et al., 2015).

Segundo Figueiredo, Guimarães e Gama (1993), *L. caponis* e outras espécies da subordem *Ischnocera* dependem da luz solar para sobreviver. O presente estudo manteve as aves apenas sob iluminação artificial, o que provavelmente fez com que a infestação fosse menor, especialmente nos tratamentos de iluminação monocromática.

A partir do tratamento da infestação, o tratamento de luz branca recuperou a produção, superando a produção semanal do tratamento de luz verde, mas não superou a produção do tratamento azul e vermelho. Assim, os dados indicam que os tratamentos de iluminação azul (83 ovos/ave) e vermelho (82,47 ovos/ave) promoveram aumento da produção, enquanto o tratamento de iluminação verde obteve uma produção de 80,05 ovos/ave e a luz branca 77.75 ovos/ave. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Pyrzak et al. (1987), Kim-Min et al. (2012), Hassan et al. (2013), Svobodova et al. (2015) e Takeshima et al. (2019) que mencionam que na luz vermelha obtiveram melhor produção de ovos, quando comparado com os tratamentos de iluminação branco, verde ou azul. Rizzotto et al. (2011) encontraram resultado diferente, onde na luz verde as aves tiveram melhor produção de ovos quando comparado com a luz azul.

Devido a infestação de piolhos, o estresse das aves no tratamento branco foi diferente dos demais tratamentos e, por essa razão, optou-se por analisar a qualidade, comportamento e parâmetros de sangue apenas das aves sob os tratamentos de luz monocromática (azul, verde e vermelha), pois os piolhos foram fonte de estresse não previsto neste estudo e não foi possível separar estes efeitos dos dados do tratamento de iluminação branca.

4.3. Qualidade dos ovos

A Tabela 3 mostra os resultados do teste de comparação de médias entre os tratamentos de iluminação monocromática para as variáveis de qualidade dos ovos.

Tabela 3. Resultados do teste de comparações de média para as variáveis peso do ovo, altura da gema, Unidade Haugh, resistência da casca, espessura da casca, gravidade específica e coeficiente de forma para os tratamentos de iluminação monocromática.

Variável	Tratamento	Média ± EP	
Peso do ovo (g)	Azul	57,8 ± 0,1	B
	Verde	58,6 ± 0,1	A
	Vermelho	58,4 ± 0,1	A
Altura da gema (mm)	Azul	9,15 ± 0,07	
	Verde	9,34 ± 0,07	
	Vermelho	9,21 ± 0,07	
Unidade Haugh	Azul	94,48 ± 0,30	
	Verde	95,05 ± 0,32	
	Vermelho	94,44 ± 0,33	
Resistência da casca (Kgf)	Azul	4,653 ± 0,023	B
	Verde	4,554 ± 0,026	C
	Vermelho	4,833 ± 0,026	A
Espessura da casca (mm)	Azul	0,388 ± 0,001	A
	Verde	0,383 ± 0,001	B
	Vermelho	0,386 ± 0,001	A
Gravidade Específica (g/cm ³)	Azul	1090,0 ± 0,1	A
	Verde	1089,3 ± 0,1	B
	Vermelho	1090,3 ± 0,1	A
Coeficiente de forma	Azul	1,025 ± 0,001	A
	Verde	1,024 ± 0,001	B
	Vermelho	1,023 ± 0,001	B

Letras maiúsculas indicam diferença entre as linhas a 5% de significância do teste Tukey de cada variável.

Observa-se que os ovos mais pesados foram obtidos na luz verde e vermelho. Li et al. (2014) observaram que galinhas com idade entre 19 e 63 semanas, em condições de termoneutralidade, expostas à luz vermelha apresentaram ovos mais pesados do que galinhas expostas à luz branca, azul ou verde. Hassan et al. (2014) evidenciam que os ovos mais pesados foram dos tratamentos de iluminação azul e

verde do que sob a luz vermelha em aves da linhagem Hy-line Brown entre 19 a 52 semanas.

Rozenboim et al. (1998), Kim Min et al. (2012) e Lewis, Caston e Leeson (2007) consideram que o peso do ovo não é afetado pelo tratamento de iluminação e Harrison et al. (1969) e Lewis, Caston e Leeson et al. (2007) correlacionam a diferença no peso do ovo a taxa de produção de ovos.

Pyrzak et al. (1987) e Er et al. (2007) verificaram que o peso do ovo foi afetado pelo comprimento de onda da luz, onde observaram que os ovos sob o tratamento de iluminação verde tiveram melhora na qualidade interna.

Todos os ovos avaliados apresentaram unidade Haugh superior a 90. Este resultado corrobora com o Manual de Classificação de Ovos da USDA (2000) que recomenda valores acima de 72 para ovos de excelente qualidade e com Long et al. (2016) que estabelece valores superiores a 88 como valor ideal para ovos frescos.

Rosa e Avila (2000) verificaram para aves entre 35 a 55 semanas ovos com gravidade específica variando entre 1.075 a 1.090 g/ml, enquanto as aves com idade a partir de 56 semanas, produzem uma proporção maior de ovos com casca de qualidade inferior e gravidade específica menor que 1.074 g/ml. A gravidade específica está associada diretamente a qualidade de casca e inversamente ao peso do ovo (Araújo et al., 2011).

Segundo a USDA (2000) a forma normal do ovo é considerada elíptica (oval). Ovos redondos ou muito alongados apresentam aparência ruim e não se encaixam adequadamente nas embalagens utilizadas para destinar o produto ao mercado. Além disso, são mais fáceis de quebrar durante o transporte, quando comparado aos ovos de formato normal (JACOB, MILES e BEN MATHER, 2000). Com base nos valores do coeficiente de forma, verificou-se que as aves expostas a luz azul produziram ovos com formato mais alongados do que em relação aos demais tratamentos.

A casca é a parte do ovo que mais demora para se formar, levando em média de 18 a 20 h para completar a calcificação (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2013) e sua resistência é influenciada pela espessura da casca, tamanho e forma do ovo (SAPKOTA, et al, 2017). Para que a casca esteja adequada aos parâmetros de qualidade, deve apresentar a espessura acima de 0,311 mm (SANTOS, 2008). Neste estudo verificou-se espessuras das cascas superiores ao valor de referência em todos os tratamentos.

A iluminação vermelha também promoveu ovos com melhor gravidade específica. É importante destacar que todos os grupos de aves expostos apresentaram valores satisfatórios de gravidade específica, que de acordo com Baião (1993) devem estar acima de 1,080 g/cm³.

Segundo Chen et al. (2015), quanto maior a força registrada pelo equipamento, maior será a resistência da casca à quebra. A resistência da casca foi de 4,554 Kgf para o tratamento de luz verde, 4,653 Kgf para a o tratamento de luz azul e 4,833 Kgf para o tratamento de luz vermelho. Er et al (2007) apontam que ovos de galinhas expostas as luzes vermelha e azul apresentaram maior resistência de casca quando comparado com a luz verde.

Apesar do teste estatístico demonstrar diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis peso do ovo, espessura da casca, gravidade específica e coeficiente de forma, todos os valores obtidos ficaram bem acima dos parâmetros de referência. Mas, considerou-se relevante o resultado de resistência da casca, onde se verificou um aumento de 6,5% para a luz vermelha quando comparado com os valores obtidos para a luz verde. Para explorar melhor esse resultado, apresenta-se na Figura 18 a evolução dessa variável entre os ciclos de produção.

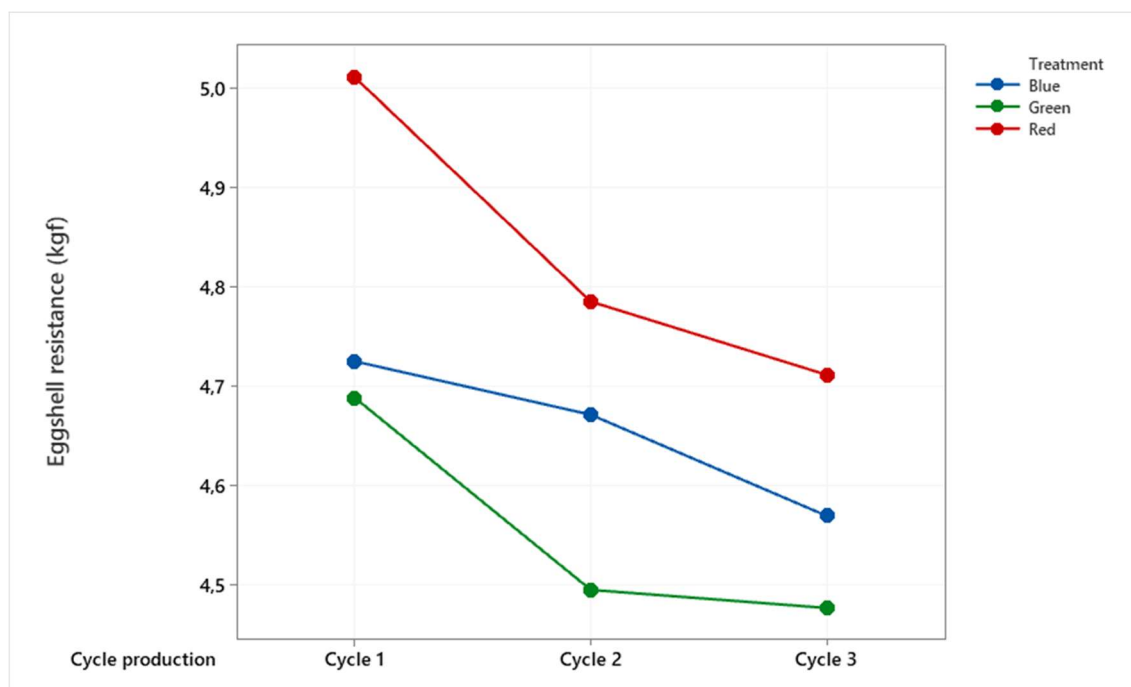


Figura 18. Resistência da casca por tratamento de iluminação.

A luz vermelha propiciou valores de resistência de casca superiores aos outros dois tratamentos em todos os ciclos de produção. É possível verificar também

uma queda da resistência da casca com o passar dos ciclos de produção, como descrito por Rajkumar et al. (2009) e Carvalho e Fernandes (2013), que retratam a diminuição da resistência da casca à medida que as aves envelhecem.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados de qualidade dos ovos por tratamento e ciclo de produção.

Tabela 4. Resultados de qualidade e coeficiente de forma dos ovos por ciclo de produção.

Variável	Ciclo de produção	Tratamento					
		Azul		Verde		Vermelho	
		Média	EP	Média	EP	Média	EP
Peso do ovo (g)	1	57,5 ± 0,2	b	58,2 ± 0,2	Ba	57,5 ± 0,2	Bab
	2	58,0 ± 0,2	b	58,1 ± 0,2	Bab	58,7 ± 0,2	Aa
	3	58,1 ± 0,1	b	59,6 ± 0,2	Aa	59,0 ± 0,2	Aa
Altura da gema (mm)	1	9,68 ± 0,13	A	10,01 ± 0,14	A	9,45 ± 0,13	
	2	9,08 ± 0,11	Ba	9,00 ± 0,10	Bb	9,11 ± 0,12	a
	3	8,74 ± 0,10	B	8,99 ± 0,12	B	9,07 ± 0,11	
Unidade Haugh	1	96,70 ± 0,60	A	97,68 ± 0,65	A	95,43 ± 0,65	
	2	94,31 ± 0,48	B	94,28 ± 0,43	B	94,09 ± 0,53	
	3	92,65 ± 0,45	B	93,19 ± 0,52	B	93,86 ± 0,51	
Resistência da casca (Kgf)	1	4,725 ± 0,043	Ab	4,689 ± 0,041	Ab	5,011 ± 0,044	Aa
	2	4,672 ± 0,038	ABab	4,496 ± 0,047	Bb	4,785 ± 0,044	Ba
	3	4,570 ± 0,039	Bab	4,477 ± 0,047	Bb	4,712 ± 0,045	Ca
Espessura da casca (mm)	1	0,386 ± 0,001	B	0,386 ± 0,001		0,390 ± 0,001	A
	2	0,392 ± 0,001	A	0,384 ± 0,001		0,390 ± 0,001	A
	3	0,386 ± 0,001	B	0,380 ± 0,001		0,380 ± 0,002	B
Gravidade Específica (g/cm³)	1	1092,7 ± 0,2	Aab	1092,7 ± 0,2	Ab	1094,1 ± 0,2	Aa
	2	1089,5 ± 0,2	Ba	1088,4 ± 0,2	Bb	1088,7 ± 0,2	Bab
	3	1087,9 ± 0,2	C	1086,8 ± 0,2	C	1088,0 ± 0,2	C
Coeficiente de forma	1	1,023 ± 0,000	Ba	1,023 ± 0,000	Bb	1,021 ± 0,000	Bb
	2	1,027 ± 0,001	Aa	1,026 ± 0,000	Ab	1,025 ± 0,001	Ab
	3	1,025 ± 0,000	Ba	1,023 ± 0,000	Bb	1,024 ± 0,000	Ab

Letras maiúsculas indicam diferença entre as linhas e letras minúsculas indicam diferença entre colunas, para cada variável analisada, a 5% de significância do teste de média de Tukey.

Nota-se aumento do peso e queda na qualidade da casca e parâmetros internos dos ovos com o avanço dos ciclos de produção. Estes resultados estão de acordo com o Guia de Manejo da Linhagem das Aves (LOHMANN, 2017) e amplamente observado em vários outros trabalhos de pesquisa (MUERER, et al., 2008; MACIEL, et al., 2011; SOUSA, 2013; PIRES, et al., 2015; LONG, et al., 2016; MORENO, 2019; MENEZES, et al., 2012).

Quando se observa o coeficiente de forma, verifica-se que os ovos se tornaram mais alongados com o passar do tempo (ciclos), contudo pode-se considerar que a diferença não é perceptível ao olho humano. Er et al. (2007) também verificaram que ovos colocados sob luz azul apresentaram formato mais alongado quando comparados com ovos produzidos sob luz vermelha, corroborando com os resultados encontrados.

Conforme Réhault-Godbert et al. (2019), as proteínas do ovo estão distribuídas de forma equivalente na clara e na gema, enquanto os lipídios, concentram-se apenas na gema. A Tabela 5 mostra os resultados das análises de proteínas e lipídios.

Tabela 5. Análises de proteínas e lipídios dos ovos de aves expostas a diferentes tratamentos

Parâmetros	Amostras	Tratamentos					
		Azul		Verde		Vermelho	
		Proteína (%)	Lipídios (%)	Proteína (%)	Lipídios (%)	Proteína (%)	Lipídios (%)
1º ciclo	A	23,28	9,5	15,37	10,29	21,08	10,56
	B	24,16	9,66	16,69	10,17	21,08	10,85
2º ciclo	A	19,33	9,04	25,92	11,39	18,45	9,35
	B	19,33	11,21	26,36	11,91	19,33	11,22
3º ciclo	A	18,45	12,18	18,01	11,67	15,37	11,71
	B	18,45	12,36	18,01	11,8	15,81	11,56

Houve um aumento gradual de lipídeos em todos os tratamentos ao longo do estudo e este resultado está de acordo com Long et al. (2016) que evidenciaram aumento nas concentrações de lipídios conforme a ave envelhece. Jacob, Miles e Ben Mather (2011), apontam que a composição química do ovo é influenciada por fatores genéticos, manejo e alimentação da ave.

Em oposição, ocorreu uma queda de proteína em todos os tratamentos de iluminação. Para Réhault-Godbert et al. (2019) os valores de proteínas são modificados pela genética e pela idade da galinha.

No entanto, entre os tratamentos, a iluminação azul finalizou o estudo com melhor porcentagem de proteína (18,45%) e melhor porcentagem de lipídios (12,36%). Estes resultados foram superiores aos recomendados por USDA (2019), determinando 12,4% de proteína e 9,96% de lipídeos.

4.3 Análise dos comportamentos

Neste estudo foram gravadas aproximadamente 36 horas de vídeos nos três tratamentos de iluminação, o que proporcionou a análise de aproximadamente 520.000 *frames*, permitindo avaliar os comportamentos de agitação e aglomeração das aves através dos seus respectivos índices.

Na Figura 19 observa-se que iluminação monocromática diminuiu a agitação das aves com o aumento do comprimento de onda. As aves alojadas no tratamento de iluminação azul foram as mais agitadas, em comparação aos demais tratamentos.

A Figura 20 mostra os intervalos de confiança dos comportamentos de aglomeração entre os tratamentos de iluminação, onde se verifica a influência do comprimento de onda do vermelho no aumento da intensidade desse comportamento coletivo.

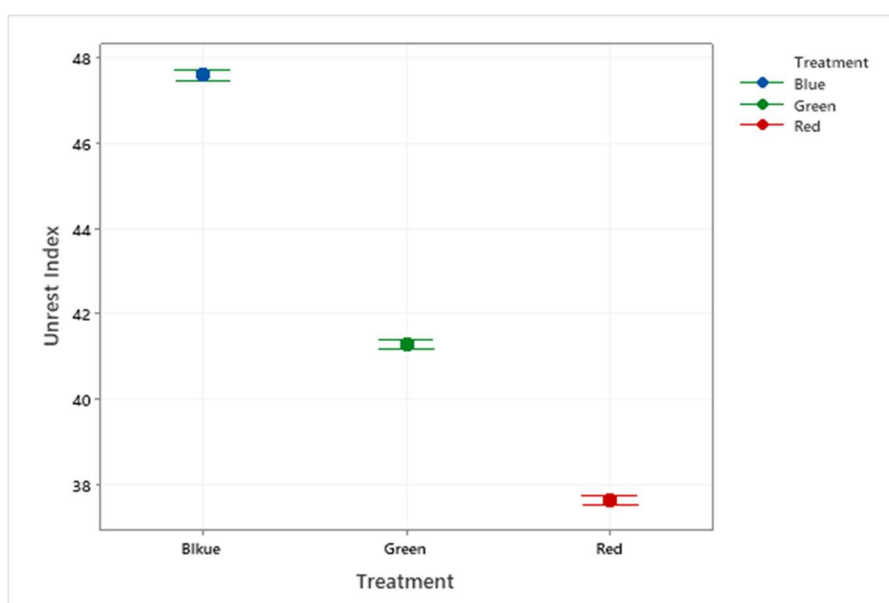


Figura 19. Gráfico de intervalos de confiança da média para os Índices de Agitação verificados para os tratamentos de luz azul, verde e vermelha.

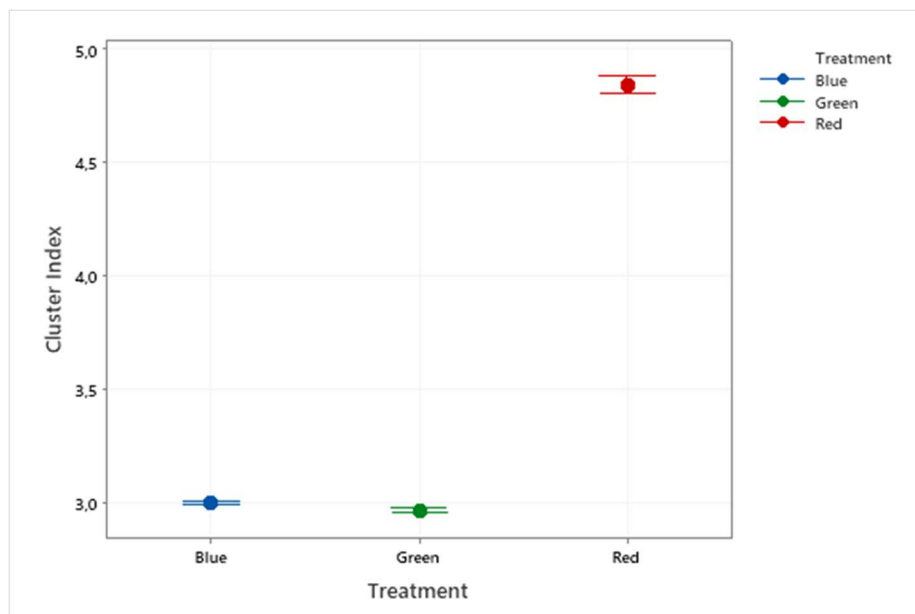
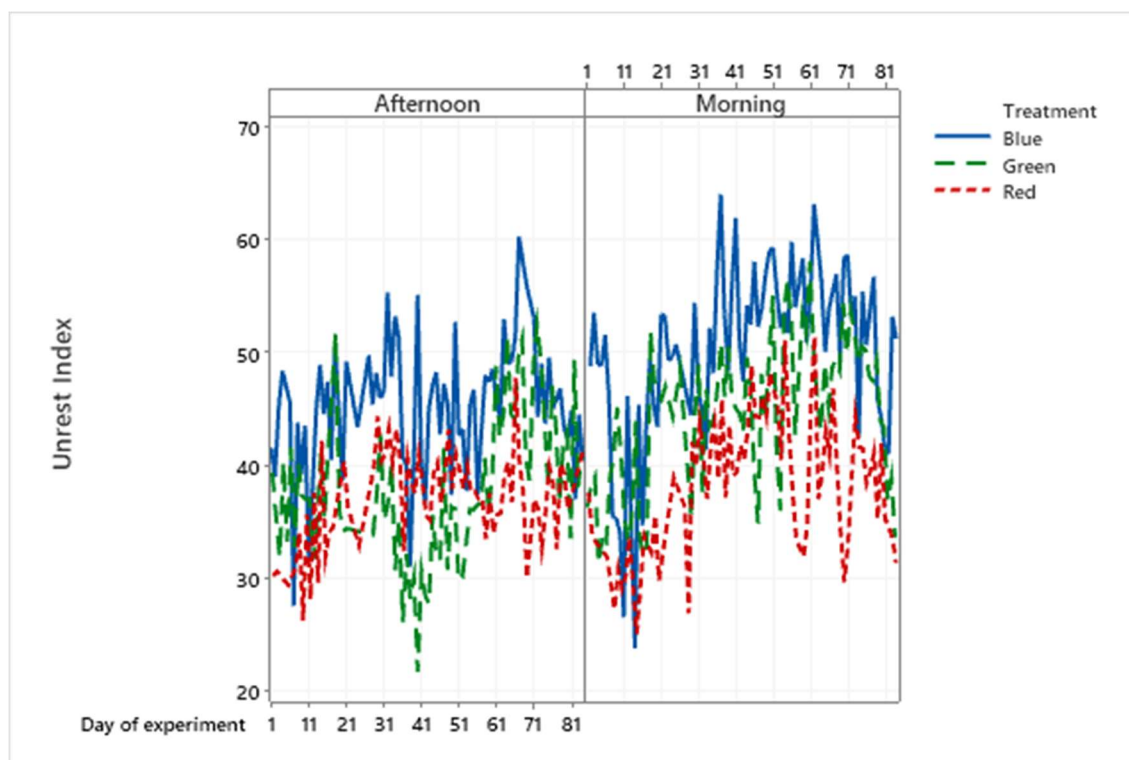


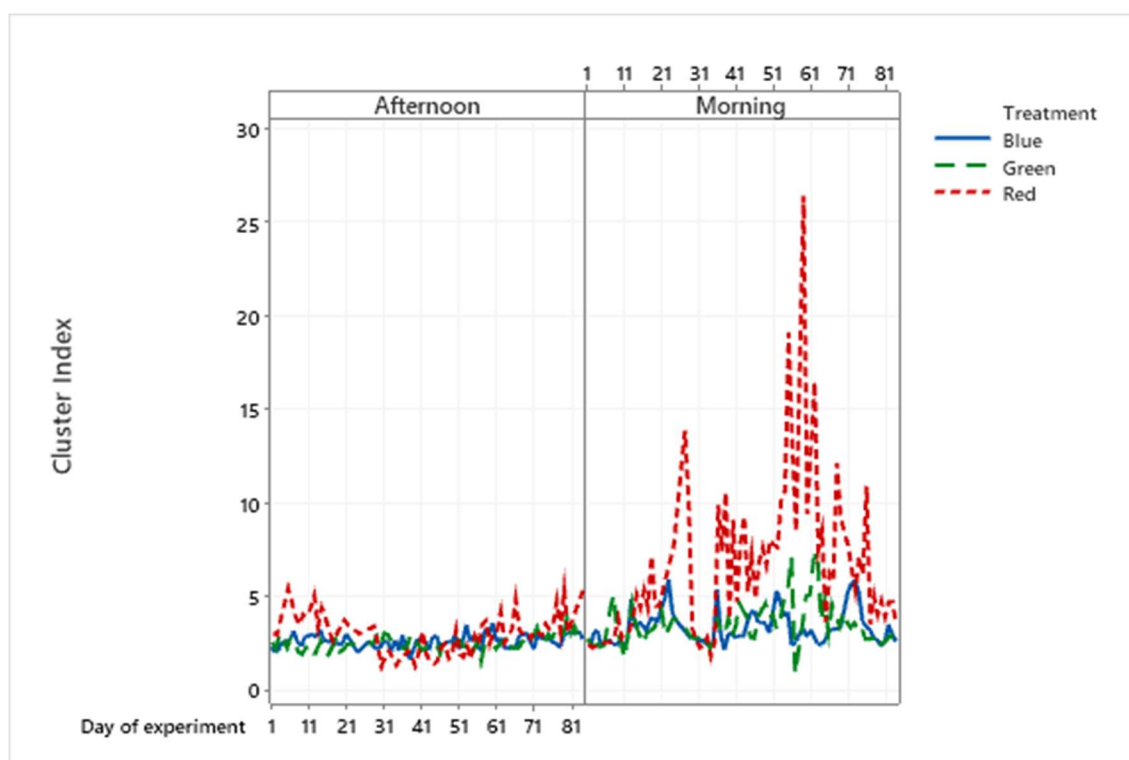
Figura 20. Gráfico de intervalos de confiança da média para os Índices de Aglomeração verificados para os tratamentos de luz azul, verde e vermelha.

Durante o estudo, foi notório que as aves da iluminação azul estiveram mais agitadas, conforme demonstrado pelo Índice de Agitação (Figura 21A), seguido do tratamento verde e vermelho. Apesar de alguma interação entre os dias, percebe-se uma tendência de redução da agitação com o aumento do comprimento de onda da iluminação.

No comportamento de aglomeração das aves foi observado maior interação do Índice de Aglomeração entre os dados provenientes dos grupos de luz azul e verde. Contudo, a aglomeração no grupo criado sob luz vermelha foi bem maior, apresentando picos bem pronunciados no período da manhã. De manhã havia maior oferta de ração nos comedouros e voltando aos vídeos verifica-se que essa aglomeração se dava em torno do comedouro, demonstrando que as aves nesse comprimento de onda têm maior disposição para se alimentarem.



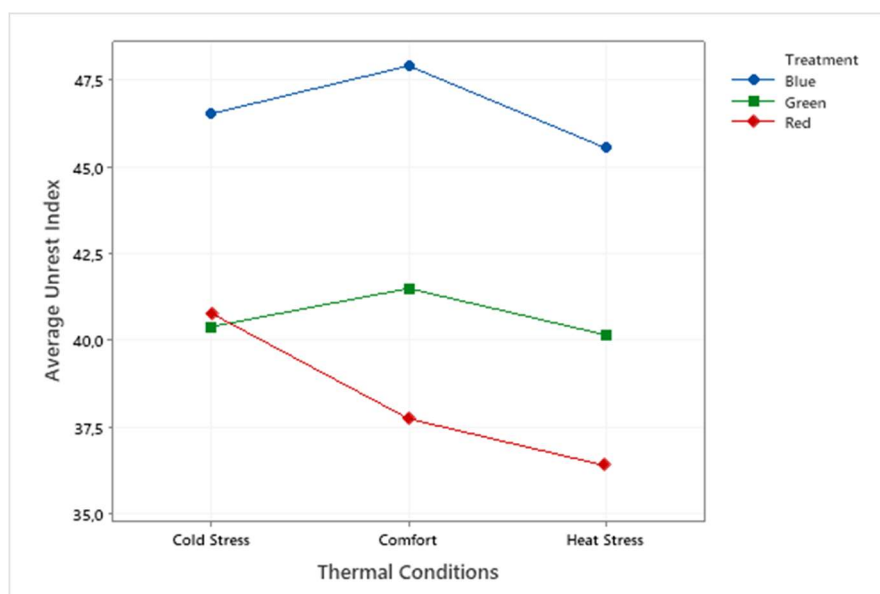
A)



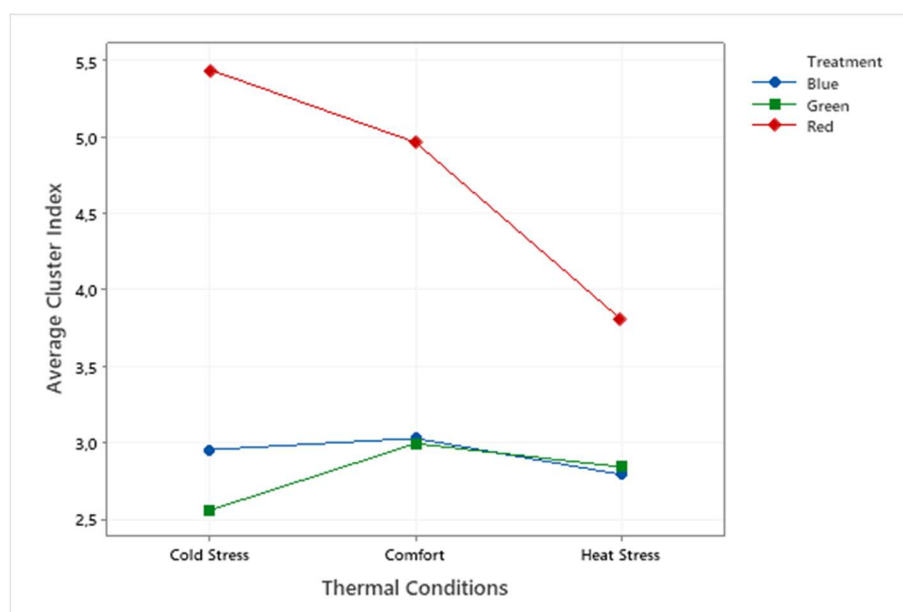
B)

Figura 21. Gráfico de valores médios diários para A) Índice de Agitação e B) Índice de Aglomeração, referente as amostras de vídeos de 15 minutos gravados e analisados por período do dia.

Verificou-se a interação entre os comportamentos de agitação e aglomeração das aves para as condições térmicas observadas no estudo (Figura 22).



(A)



(B)

Figura 22. Gráfico de interação para Agitação (A) e Aglomeração (B) de conforto por tratamento.

Apesar dos dados mostrarem interação, onde a agitação das aves submetidas a luz vermelha e verde na condição de estresse por frio podem ser consideradas iguais, verifica-se na Figura 22A que há influência da luz azul na maior agitação nas aves, em todas as condições ambientais, seguida da luz verde e

vermelha. Essa figura mostra também que nas iluminações azul e verde há agitação maior na termoneutralidade. Na luz vermelha, houve um decréscimo da agitação com o aumento do comprimento de onda da iluminação, mostrando que os comprimentos de onda podem afetar a resposta comportamental das aves ao estresse térmico.

A Figura 22B reforça as evidências de que a luz vermelha influencia uma maior disposição das aves para se alimentarem em todas as condições térmicas observadas nesse estudo. Verifica-se também uma tendência de reduzir a aglomeração com o estresse por calor em todos os tratamentos.

Nas Tabelas 6 e 7 aplicou-se o teste de comparação de médias para os resultados cruzados de tratamento de iluminação para períodos do dia e ambientes térmicos em que os comportamentos de agitação e aglomeração foram avaliados. Os resultados confirmam as evidências apresentadas nos gráficos das figuras anteriores.

Tabela 6. Índice de agitação para cada tratamento entre os níveis das variáveis período do dia, ciclo de produção e conforto térmico

		Treatment		
		Blue	Green	Red
Period	Morning	47,0 ^{Aa}	40,8 ^{Ba}	37,6 ^{Cb}
	Afternoon	45,1 ^{Ab}	37,4 ^{Cb}	39,3 ^{Ba}
Comfort	Cold Stress	44,8 ^{Ab}	36,7 ^{Cb}	41,4 ^{Ba}
	Comfort	47,9 ^{Aa}	41,5 ^{Ba}	37,1 ^{Cb}
	Heat Stress	45,4 ^{Ab}	39,0 ^{Ba}	36,9 ^{Cb}

Letras maiúsculas indicam diferenças entre os tratamentos de iluminação (colunas) e letras minúsculas indicam diferenças entre as linhas de uma mesma variável, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 7. Índice de aglomeração para cada tratamento entre os níveis das variáveis período do dia, ciclo de produção e conforto térmico

		Treatment		
		Blue	Green	Red
Period	Morning	3,16 ^{Ba}	3,15 ^{Ba}	6,18 ^{Aa}
	Afternoon	2,82 ^{Bb}	2,54 ^{Bb}	2,96 ^{Ab}
Comfort	Cold Stress	3,07 ^{Ba}	2,64 ^{Cb}	4,66 ^{Aa}
	Comfort	2,98 ^{Ba}	2,92 ^{Ca}	4,79 ^{Aa}

Heat Stress	2,91 ^{BCa}	2,98 ^{Ba}	4,26 ^{Ab}
-------------	---------------------	--------------------	--------------------

Letras maiúsculas indicam diferenças entre os tratamentos de iluminação (colunas) e letras minúsculas indicam diferenças entre as linhas de uma mesma variável, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O uso de iluminação artificial em aves poedeiras é essencial para atingir a iluminância, o espectro de luz e o fotoperíodo adequados para a estimulação fisiológica de galinhas poedeiras (BARROS, et al., 2020b).

Para Baggioni et al (2008), as temperaturas acima de 28°C e ITU acima de 78 são considerados fora da zona de conforto térmico e, portanto, já caracterizando estresse por calor, enquanto que para Tinôco (2004), temperaturas abaixo de 15°C e ITU abaixo de 59 são considerados estresse por frio. Os resultados do monitoramento do ambiente permitiram que fossem avaliados os comportamentos de aglomeração e agitação das aves em diferentes condições de ambiente térmico.

Observa-se em vários trabalhos que a iluminação tem efeito direto no comportamento das aves e, consequentemente o bem-estar (MENDES, et al., 2010; PAIXÃO et al., 2011; COSTA et al., 2012; JANCZAK e RIBER, 2015).

De acordo com Costa, Dourado e Merval et al. (2012), Vercese (2012) e Oliveira et al. (2014), a resposta comportamental ao ambiente térmico fora da termoneutralidade, seja ela individual ou de grupo, é a que ocorre mais rapidamente e tem o objetivo de mitigar o estresse calórico.

Quando situada na zona de conforto térmico, a ave não expressa comportamentos para mitigar estresse calórico e seu desempenho produtivo é maximizado (ABREU e ABREU, 2012). Em condições de alta temperatura, as aves se aglomeram mais (PEREIRA, et al., 2020) e se movimentam menos (SAEED, et al., 2019; DEL VALLE, 2020), diminuindo o consumo de ração e água (MACK, et al., 2013), conforme foi verificado nos dados desse estudo observacional.

As aves tiveram maiores índices de agitação e aglomeração no período da manhã em todos os tratamentos. Estes resultados corroboram com Barbosa Filho et al. (2007), Sirovnik, Würbel, Toscano (2018) e Farias et al. (2020), que retratam que presença da ração fresca atrai as aves ao comedouro e, portanto, aumenta a aglomeração das aves em torno do equipamento. Esse aumento da aglomeração à chegada da ração fresca está associado também ao comportamento das aves de se alimentarem em grupo (OLIVEIRA, XIN e WU, 2018).

No período da tarde as aves passam mais tempo descansando, sentadas ou paradas em pé (BARBOSA FILHO, et al., 2007; FARIAS, et al., 2020), especialmente em condições de confinamento, onde há facilidade ao acesso à água e a ração e não há presença de predadores (COSTA, 2003).

Sultana et al. (2013) e Hesham et al. (2018) verificaram que frangos de corte se aglomeraram menos na iluminação azul (comprimento de onda curto) e ficaram mais agitadas quando expostos à iluminação vermelha (comprimento de onda longo). Esse mesmo efeito foi observado em aves com idade de 10 a 20 dias por Rozenboim et al. (2004).

Neste estudo, as aves expostas a luz vermelha se aglomeraram mais e se agitaram menos, quando comparadas as luzes verde e azul, indicando possivelmente melhor sensação de bem-estar. Huber-Eicher et al. (2013), verificaram que a iluminação de LED monocromática vermelha reduziu a agressividade, enquanto que Svobodova, et al. (2015) observaram baixa mortalidade em aves criadas sob luz vermelha, indicando que esse comprimento de onda pode estar associada a uma redução do estresse.

Neste trabalho as aves criadas sob luz vermelha se aglomeraram mais no comedouro no período da manhã, quando comparado com as aves dos tratamentos de luz verde e azul. Esses resultados diferem de Li et al. (2019b) que verificaram que na luz vermelha o tempo de alimentação foi reduzido.

As diferenças de resultados observados na literatura podem estar associadas as iluminâncias diferentes entre os estudos, ou ainda a linhagem e idade das aves observadas, reforçando a necessidade de mais estudos sobre os efeitos da iluminação no comportamento das aves.

4.4 Análise dos parâmetros sanguíneos

No início do estudo, a média dos valores observados para os níveis séricos de proteínas plasmáticas totais e glicose do soro sanguíneo foram de 6,47 e 192,4 respectivamente. A média da relação heterófilo linfócito (H/L) foi de 1,49. A relação heterófilo/linfócito, os níveis séricos de proteínas plasmáticas totais e glicose, encontrados neste estudo após 90 dias de tratamento podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8. Valores médios dos parâmetros sanguíneos após 90 dias de exposição das aves nos tratamentos de iluminação azul, verde e vermelho.

Variável	Tratamento	Média ±	EP Média
H/L	Azul	0,663 ±	0,075
	Verde	0,487 ±	0,032
	Vermelha	0,612 ±	0,052
Proteína plasmática	Azul	7,845 ±	0,300
	Verde	7,740 ±	0,239
	Vermelha	7,995 ±	0,239
Glicose	Azul	219,1 ±	3,4 ^a
	Verde	213,9 ±	3,6 ^{ab}
	Vermelha	204,5 ±	2,8 ^b

^{ab} Médias na mesma coluna com letras distintas diferem pelo teste Tukey (P< 0,05).

Em todos os tratamentos foram observado valores próximos dos considerados normais na relação H/L, que segundo Macari e Luquetti (2002), o valor de bem-estar é de 0,5.

Os níveis de proteínas plasmáticas totais verificados neste estudo foram considerados normais, Mello (2008) relata que as aves em fase de produção podem ter aumento nos níveis de proteína podendo variar conforme o estágio de postura. Em estudos encontrou valores de 5,39 a 8,58, sendo compatíveis com as médias encontradas neste estudo

As concentrações médias de glicose variaram de 204,5 a 219,1mg/dL, valores considerados normais segundo Lumeji (2008), no qual relata que em situações estressantes, podem ser observados valores acima de 594 mg/dL. Contudo observou-se que conforme ocorreu o aumento de comprimento de onda, foi verificado diminuição nos valores de glicose (Figura 23), sendo os maiores níveis no tratamento com a luz azul. Este resultado demonstra que possivelmente as aves do tratamento azul passaram por condições mais estressantes que os outros tratamentos, principalmente quando comparado com o tratamento vermelho.

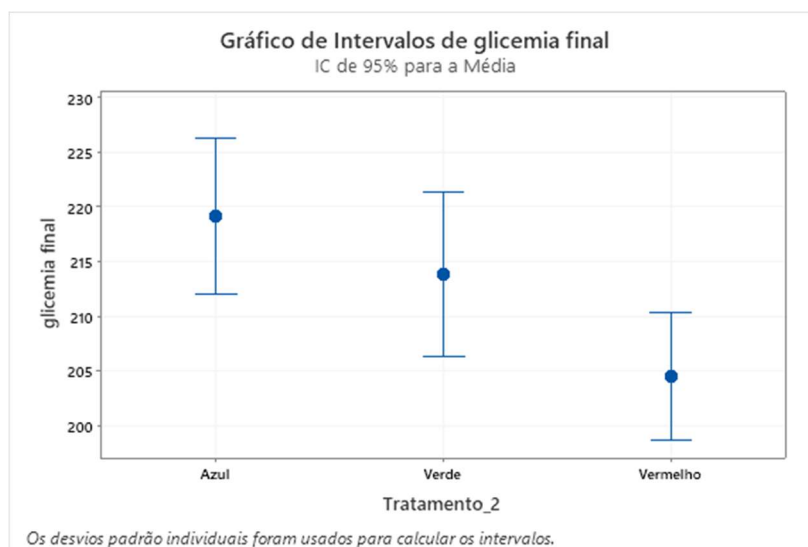


Figura 23. Comparação de glicose sérica após 90 dias de exposição das aves nos tratamentos de iluminação azul, verde e vermelho.

O perfil de cortisol fecal neste estudo foi: azul 0,56 pg/mg; verde 0,64 pg/mg e vermelho 0,71 pg/mg. Tais observações ficaram difíceis de comparar com outros estudos na literatura, pois as informações relativas à mensuração da concentração de cortisol em aves poedeiras se apresentam escassas, dificultando a comparação dos resultados obtidos.

A relação heterófilo/linfócito tem sido amplamente utilizada para verificação do estresse fisiológico. Gross e Siegel (1983) foram os primeiros a verificarem uma diminuição no número de linfócitos e um aumento de heterófilos em resposta a diferentes estressores fisiológicos.

Neste estudo a relação H/L mantiveram-se próximos do padrão de normalidade, no qual, de acordo com Macari e Luquetti (2002), valores próximos a 0,5 são considerados normais. Os resultados desse estudo estão de acordo com Hong et al. (2020) que não verificaram diferenças na relação H/L em frangos submetidos a três fontes de luz diferentes, lâmpadas incandescentes, LED e fluorescentes. Astuti et al. (2015) em estudos com frangos de corte com luz azul monocromática contínua e intermitente verificaram que a relação H/L não aumentou, sugerindo que a luz azul não está relacionada ao aumento de estresse nos animais.

Archer (2019) estudando duas lâmpadas de LED, branca e branca com vermelho, verificou que por volta de 42 semanas até 72 semanas de idade, as aves poedeiras do tratamento branco com vermelho tiveram menores relações de heterófilos para linfócitos e menores concentrações de corticosterona no plasma.

Hassan et al. (2013) avaliaram a relação H/L em aves poedeiras com tratamento de luz monocromática e luz monocromática associada a lâmpadas de LED monocromáticas nas cores: vermelha (R), verde (G), azul (B) e combinações de tratamentos R→G e R→G→B e a luz branca fluorescente (W) como controle. Eles verificaram que a relação H/L não foi influenciada pela iluminação monocromática, nestas condições a contagem diferencial de leucócitos mostrou que não houve aumento de heterófilos em relação aos linfócitos. Já em relação aos valores na concentração de glicose plasmática verificaram um aumento significativo nas aves expostas à luz vermelha, o que difere neste estudo que foi observado na luz azul.

Campbell (2004) encontrou valores de glicose que variaram de 200 a 500 mg/dL. Nas aves esses valores são bem superiores quando comparados com os mamíferos, o que pode ser explicado pelo fato de que os eritrócitos das aves utilizam ácidos graxos e não glicose para seu metabolismo (CAMPBELL, 2004). Lumeji (2008) relata que valores acima de 594 mg/dL são considerados em situações de estresse.

Olanrewajuet al. (2015) avaliaram três fontes de luz: lâmpadas LED [2.700 K, (LED quente); 5.000 K, (LED fria- #1); 5.000 K, (LED- fria #2)] e luz incandescente (ICD, padrão) em frangos de corte, machos e fêmeas, e observaram que a concentração de glicose não foi afetada pelos tratamentos.

Já Hong et al. (2020) observaram uma diferença significativa na concentração de glicose plasmática entre tratamentos incandescentes e de LED, tendo encontrado valores de concentração de glicose de 234,5mg/dL e 256,9mg/dL, respectivamente, porém dentro do padrão de normalidade.

Vale et al. (2019) encontraram valores de glicose em matrizes de corte variando de 184,3 mgdL a 242,5 mgdL, em sistemas de iluminação simulados com instalação convencional com programa de iluminação de oito horas de escuridão e intensidade de luz maior que 20 lux. Eles observaram que a glicemia apresentou o pico de 242,52 mgdL quatro horas após a alimentação e que o efeito do período da coleta e as condições de iluminação não influenciaram os valores de glicemia.

De acordo com Yalçinkaya et al. (2012) em condições de estresse, os níveis de glicose no sangue aumentam significativamente. O que se observou neste estudo é que os valores ficaram próximos aos encontrados na literatura dentro dos padrões de normalidade, porém quando comparados o tratamento com a luz azul e vermelha diferiram estatisticamente indicando que o tratamento azul pode estimular os

mecanismos estressores nas aves em relação ao aumento na concentração de glicose sérica.

Estudos de Olanrewaju et al. (2016) e Olanrewaju et al. (2019) com fontes de luz incandescente, fluorescente e luz de LED, avaliando duas intensidades (5 e 20lx) e três fotoperíodos respectivamente, verificaram que as concentrações de glicose e corticosterona plasmática não foram afetadas pelos tratamentos, sugerindo que as fontes de luz examinadas e suas interações não apresentaram mecanismos estressores para frangos de corte no tratamento de luz.

Cabe ressaltar que a exposição a diferentes fontes de luz pode alterar a concentração de vários hormônios como os glicocorticóides (LEPROULD et al., 2001). Vários autores em suas pesquisas têm avaliado a concentração de cortisol e corticosterona junto com outras variáveis para verificar se as aves que foram expostas aos diferentes programas de luz sofreram algum tipo de estresse ambiental.

A medição dos níveis de cortisol e corticosterona é realizada por meio de amostra sanguínea. Embora as concentrações plasmáticas seja um indicador confiável de estresse em galinhas, de acordo as normas de bem-estar animal, deve-se considerar que o manuseio e a coleta de sangue podem ser percebidos como estresse e/ou dor pelas aves e devem ser evitados sempre que possível (WANG et al., 2020). Além do manuseio e sangramento na hora da coleta serem eventos extremamente estressantes para as aves o que pode interferir nos resultados (FUJIHARA et al., 2014).

Mesmo diante de tal contexto, a maioria dos trabalhos encontrados na literatura são de mensurações de cortisol sanguíneo. No entanto, neste estudo optou-se pela avaliação do cortisol fecal como fonte menos invasiva para as aves.

Rettenbacher et al. (2004) também verificaram a atividade adrenocortical por meio de radiometabolismo de forma não invasiva em galinhas e outros galiformes, por cromatografia líquida de alta eficiência de fase reversa (RP-HPLC), na qual revelaram que a corticosterona foi amplamente metabolizada, principalmente em substâncias mais polares. Em suma, concluíram que deve ser possível medir os metabólitos de glicocorticóides de forma não invasiva em galinhas através das fezes, fornecendo assim uma ferramenta para uma variedade de campos de pesquisa, como produção avícola, etologia e ecologia comportamental.

Com relação ao cortisol nenhum trabalho com aves poedeiras foi encontrado com dados que pudessem ser utilizados para discussão. Os valores encontrados

neste estudo variaram de 0,56 pg/mg a 0,71pg/mg. Mesmo diante da escassez de trabalhos com cortisol fecal em aves domésticas, esses resultados são promissores e importantes para futuras comparações com outros estudos.

Em papagaios-verdadeiro (*Amazona aestiva*), Fujihara et al. (2014) avaliaram a concentração de cortisol e corticosterona por meio de metabólitos fecais. Para metabólitos de cortisol fecal encontraram valores de 1,09ng/g até 58,43ng/g. Ao avaliar separadamente cada hormônio, esses autores observaram que apesar da corticosterona ser considerada o glicocorticóide presente em maior concentração no plasma de ratos e aves adultas (ROMERO, 2004), eles encontraram altas concentrações de metabólitos de cortisol nas fezes desses papagaios-verdadeiros.

A mensuração das proteínas totais é um indicador útil do estado de higidezaviária, que corresponde ao estado de saúde das aves (HOCHLEITHNER, 1994). Os valores de proteínas plasmáticas totais nas espécies aviárias costumam ser menores quando comparados com os mamíferos, variando de 2,5 a 4,5 g/dL (THRALL et al., 2004). Neste estudo as concentrações de proteínas plasmáticas totais foram normais. De acordo com Swenson (1996) o plasma sanguíneo das galinhas em postura possui aproximadamente 5,40g/dL de proteína, podendo aumentar dependendo da fase de postura. Já em frangos e galinhas “fora de postura” valores menores que 3,6g/dLe, nos pintos, é menor ainda. Evans e Dunca (2003) relatam que valores acima do normal, podem indicar deficiência de água, devido a desidratação, doenças inflamatórias crônicas e doenças imunomediadas.

De forma geral, os principais fatores que afetam as concentrações das proteínas totais nas aves são: idade, sazonalidade, condições de criação (manejo) e doenças (LUMEIJ, 1997). Logo, avaliar o perfil das proteínas plasmáticas pode ser um fator importante para verificar o estado de saúde do animal em conjunto com outras variáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados evidenciam que as aves submetidas ao manejo de luz azul apresentaram maiores valores para produção de ovos por ave, resultados superiores para a resistência da casca e do peso dos ovos e proporcionou condição estressante nas aves, em relação à concentração de glicose.

A análise de imagens dos ovos permitiu avaliar o coeficiente de forma com precisão, sendo possível verificar que os ovos do tratamento azul foram os mais alongados, porém, não houve diferença perceptível a olho nu.

A iluminação monocromática afetou os comportamentos de agitação e aglomeração das aves. Verificou-se que a agitação das aves foi maior na luz azul enquanto a luz vermelha proporcionou maior aglomeração das aves, apresentando maior disposição para a alimentação.

A relação H/L e os níveis de proteínas plasmáticas totais se mantiveram próximo dos padrões de normalidade. A comparação com o cortisol fecal ficou difícil de mensurar, já que não foram encontradas referências na literatura com aves domésticas, portanto serão necessários mais estudos para verificar como essas fontes de luz em combinação com a intensidade podem interferir nos componentes sanguíneos e fisiológicos das aves poedeiras.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, A.; KHAN, M.J.; NAEEM, M.; AYAZ, M.; SUFYAN, A.; SOMRO, M. H. Cation anion balance in avian diet (a review). **Agricultural Science Research Journal**, v. 2, n.6, 302-307, junho 2012.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. 2018. **O Brasil Avícola**. Disponível em <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/resumo>. Acesso em 14 set. 2019.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2019**. São Paulo: ABPA, 2019.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2020**. São Paulo: ABPA, 2020.
- ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N. **Conforto térmico para aves**. 2012. Disponível em: <https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/conforto-termico-aves-t37559.htm>. Acesso em 02 de dez. 2020
- ABREU, V. M.N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, 1-14, 2011.
- ALCÂNTARA, J. B. **Qualidade físico-química de ovos comerciais: avaliação e manutenção da qualidade**. Goiânia: UFG, 2012. 32 f. Seminário (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás, 2012.
- ALLEONI, A. C.C.; ANTUNES, A. J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agrícola**, v.58, n.4, 681-685, 2001.

ALVES, S.P.; SILVA, I. J.O.; PIEDADE, S. M.S. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras comerciais: efeitos do sistema de criação e do ambiente bioclimático sobre o desempenho das aves e a qualidade de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n.5, 1988-1394, 2007.

AMARAL, G.; GUIMARÃES, D.; NASCIMENTO, J.C; CUSTODIO, S. **Avicultura de postura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES**. 2016. Disponível em:

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9579/3/BS%2043%20Avicultura%20de%20postura_estrutura%20da%20cadeia%20produtiva_corrigido_P_BD.pdf(2016). Acesso em: 06 jan. 2020. ARANGO, D. (2020). *Estresse por calor em poedeiras comerciais*. Acesso em 02 de dezembro de 2020, disponível em Avi News Brasil: <https://avicultura.info/pt-br/estresse-por-calor-poedeiras-comerciais/>

APTA. Agência Paulista de Tecnologias do Agronegócio. **Bastos é disparado o principal produtor de ovos paulista: são 5 bilhões por ano**.2019. Disponível em: <http://www.apta.sp.gov.br/noticias/bastos-%C3%A9-disparado-o-principal-produtor-de-ovos-paulista-s%C3%A3o-5-bilh%C3%B5es-por-ano>. Acesso em 19 nov. 2019.

ARANGO, G.D. **Estresse por calor em poedeiras comerciais**. 2020. Disponível em: <https://avicultura.info/pt-br/estresse-por-calor-poedeiras-comerciais/#:~:text=O%20estresse%20por%20calor%20%C3%A9,equil%C3%ADbrio%20com%20o%20meio%20ambiente>. Acesso em 02 dez. 2020.

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

ARCHER, G.S. How does red light affect layer production, fear, and stress? **Poultry Science**, v.98, 3–8, 2019.

ARCE, S.I.; MANZOLI, D.E.; SARAVIA-PIETROPAOLO, M.J.; QUIROGA, M.A.; ANTONIAZZI, L.R.; LARESCHI, M.; BELDOMENICO, P. M. The tropical fowl mite, *Ornithonyssus bursa* (Acari: Macronyssidae): environmental and host factors associated with its occurrence in Argentine passerine communities. **Parasitology Research**, v.117, 3257–3267, 2008.

ARENALES, M.C.; ROSSI, F.; FERREIRA, R.G.; FERREIRA, D.G.S. **Criação orgânica de frangos de corte e aves de postura**. Editora Fácil: Viçosa-MG, 2008.

ASTUTI, P.; ALFAJAR, B.; MAULUDIN, M.; HANA,A.; MONA AIRIN,C.; SARMIN,S.; HARIMURTI, S. Corticosterone Levels, Heterophil/Lymphocyte Ratios and Growth Rates in Lohmann Indian River Chickens Raised under Monochromatic Blue Light. **International Journal of Poultry Science**,v. 14, n.12, 639-643, 2015.

AVISITE. **Led: uma nova luz para a avicultura moderna**. 2020. Disponível em Avisite: <https://www.avisite.com.br/cet/img/LED.pdf>. Acesso em 04 fev. 2020.

AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A; SATURNINO, H.M.; LANA, A.M.Q; SAMPAIO, I.B.M; MONTEIRO, J.B.N; MORATO, L.E. Estimativa de Níveis Críticos Superiores do Índice de Temperatura e Umidade para Vacas Leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**,v. 34, n.6, 2000-2008, 2005.

BAGGIONI, M.A.M.; MATTOS, J.M.; JASPER, S.P.; TARGA, L.A. Desempenho térmico de aviários de postura acondicionado naturalmente. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.4, 961-972, dez. 2008.

BAIÃO, N. **Avaliação do peso específico. Curso de Manejo de Matrizes.** Valinhos: Facta, 1993.

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, 2004. 123f. Dissertação (mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

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

BARBOSA, N. A.A.; SAKOMURA, N. K.; MENDONÇA, M. O.; FREITAS, E. R.; FERNANDES, J. B.K. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. **Ars Veterinária**, v.24, n.2, 127-133, 2008.

BARRON, D.G.; BRAWN, J.D.; WEATHERHEAD, P.J. Meta-analysis of transmitter effects on avian behaviour and ecology. **Methods in Ecology and Evolution**, v.1, 180–187, 2010.

BARROS, J.S.G. **Sistema de iluminação artificial com tecnologia led para aplicação em gaiola de alojamento de poedeiras.** Campinas: Unicamp. Tese (doutorado). Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, 2019.

BARROS, J.S.G.; BARROS, T. A.S.; MORAIS, F.J.O.; SARTOR, K.; ROSSI, L.A. Proposal of LED-based linear lighting systems with low power consumption and high light distribution for laying hens. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.169, 2020a.

BARROS, J.S.G.; BARROS, T.A.S.; SARTOR, K.; RAIMUNDO, J.A.; ROSSI, L.A. The effect of linear lighting systems on the productive performance and egg quality of laying hens. **Poultry Science**, v.99, n.3, 1369-1378, 2020b.

BAXTER, M.; BÉDÉCARRATS, G.Y. Evaluation of the impact of light source on reproductive parameters in laying hens housed in individual cages. **The Journal of Poultry Science**, v.56, n.2, 148-158, 2019.

BÉDÉCARRATS, G. Y.; BAXTER, M.; SPARLING, B. An update model describe the neuroendocrine control of reproduction in chickens. **General and Endocrinology**, v.227, 58-63, 2016.

BÉDÉCARRATS, G. Y.; MCFARLANE, H.; MADDINENI, S. R.; RAMESH, R. Gonadotropin-inhibitory hormone receptor signaling and its impact on reproduction in chickens. **General and Comparative Endocrinology**, v.163, 7-11, 2009.

BENEZ, S. M. **Aves: criação, clínica, teoria, prática; silvestres, ornamentais.** São Paulo: Tecmedd, 1998.

BENITES, C. I.; FURTADO, P. B.; SEIBEL, N. F. **Características e aspectos nutricionais do ovo.** In SOUZ-SOARES, L. A. ; SIEWERDT, F. Aves e ovos Pelotas: UFPEL, 57-64, 2005.

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

BIAGGIONI, M. A.M.; MATTOS, J. M.; JASPER, S. P.; TARGA, L.A. Desempenho térmico de aviários de postura acondicionado naturalmente. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.4, 961-972, dezembro, 2008.

BLATCHFORD, R.; KLASING, K.C.; SHIVAPRASAD, H.L.; WAKENELL, P.S.; ARCHER, 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, 20-28, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Compêndio brasileiro de alimentação animal**. Método Analítico 23. Colaboradores: Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal, Associação Nacional dos Fabricantes de Rações, Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, Secretaria Executiva dos Sindições/Anfar, Editora: ANFAR/CBNA/SDR, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Portaria nº 1, de 21 de fevereiro de 1990**, 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Resolução nº 1, de 9 de janeiro de 2003**. Departamento de inspeção de produtos de origem animal, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017**. 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9013.htm#art541. Acesso em: 14 out. 2020

BROOM, D. M. Animal welfare: concepts and measurement. **Journal of Animal Science**, v. 69, 4167-4175, 1991.

BROOM, D.M.; MOLENTO, C. F.M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas – revisão. **Archives of Veterinary Science**, v.9,n.2, 1-11, 2004.

CAMPBELL, T.W. Clinical chemistry of birds. In: Thrall M.A. (Ed.), **Veterinary Hematology and Clinical Chemistry**. Philadelphia, 2004. p.479-492.

CAMPOS, E. J. **Avicultura: razões, fatos e divergências**. Belo Horizonte - MG: FEP-MVZ, 2000.

CANEPPELE, F.L.; MARQUESINI, I.A.; GABRIEL FILHO, L.R.A.; SERAPHIM, O.J. **A sensibilidade espectral do olho das aves e a importância da composição espectral das fontes de luz artificial**. III Simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal. 2013. Disponível em: http://sisca.com.br/resumos/SISCA_2013_064.pdf. Acesso em 09 fev. 2020.

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 Association**, v.17, 211-218, 2008.

CARVALHO, L.S.S.; FERNANDES, E.A. Formação e qualidade da casca de ovos de reprodutoras e poedeiras comerciais. **Medicina Veterinária**, v.7, n.1, 35-44, 2013.

CARVALHO, L.C.; ROMANO, G.G.; IVO, M.A.; RODRIGUES, R.F. Bem-estar na produção de galinhas poedeiras (revisão de literatura). **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v.28, 2017.

- CARVALHO, T. **Estresse térmico em poedeiras: definição do estresse e consequências fisiológicas**. 2020. Disponível em:

DEHNHARD, M.; SCHREER, A.; KRONE, O.; JEWGENOW, K.; KRAUSE, M.; GROSSMANN, R. Measurement of plasma corticosterone and fecal glucocorticoid metabolites in the chicken (*Gallus domesticus*), the great cormorant (*Phalacrocorax carbo*), and the goshawk (*Accipiter gentilis*)

General and Comparative Endocrinology, v.131, n.3, 345-352, 2003.

DE JONG, I.C.; HINDLE, V.A.; BUTTEWORTH, A.; ENGEL, B.; FERRARI, P.; GUNNINK, H.; PEREZ MOYA, T.; TUYTTENS, F.A.M.; VAN REENEN, C.G. Simplifying the Welfare Quality® assessment protocol for broiler chicken welfare. **Animal**, V.10. N.1, 117-127, 2016.

DEL VALLE, J.E. **Indicador de agitação para estimativa do conforto térmico de aves (*Gallus gallus domesticus*) utilizando análise digital de imagens**. Tupã: UNESP, 2020, 61f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento, Universidade Estadual Paulista, Tupã, 2020.

DEVANEY, J.A. Effects of the Chicken Body Louse, *Menacanthus stramineus* on Caged Layers. **Poultry science**, v. 55, 430-435, 1976.

DONALD D.B.; WILLIAM, D.W.J. Commercial Chicken Meat and Egg Production. 5ª edição. Springer-Verlag New York, LLC, 2002.

ECHES, R. J. **Estímulo luminoso na reprodução**. Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, Campinas, SP: FACTA, 1994.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Segurança e Qualidade para Avicultura de Postura. **Qualidade e Segurança dos alimentos**. Projeto PAS Campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA. Brasília: EMBRAPA/SEDE, 2004.

ER, D.; WANG, Z.; CAO, J.; CHEN, Y. Effect of Monochromatic Light on the Egg Quality of Laying Hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, 605-612, 2007.

ESPÓSITO, M. **Tipos de lâmpadas e cor da luz para codornas japonesas nas fases de crescimento e seus efeitos na fase de produção**, Lavras, 2015. 58f. Dissertação (mestrado acadêmico) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

ETCHES, R. J. Estímulo luminoso na reprodução. In: APINCO, Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. **Fisiologia e reprodução de aves**. p. 59-75. Campinas, SP: FACTA, 1994.

ETCHES, R.J.; JOHN, T.M.; VERRINDER, G.A.M. Behavioral, physiological, neuroendocrine and molecular responses to heat stress. In DAGHIR, N. **Poultry Production in hot climates**. 2ª edição. Trowbridge: CAB International, 2008.

EVANS, E. W.; DUNCAN, J. R. Proteins, lipids and carbohydrates. In: LATIMER, K. S. **Clinical Pathology**. 4.ed. 2003. cap.6, p.163-192.

FAO. **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura**. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL>. Acesso em 09 fev. 2020

FARIAS, M.R.S.; LEITE, S.C.B.; VASCONCELOS, A.M.; SILVA, T.A.G.; LEITÃO, A.M.F.; SENA, T.L.; PACHECO, D.B.; ABREU, C.G.; SILVEIRA, R.M.F. Thermoregulatory, behavioral and productive responses of laying hens supplemented with different types and dosages of phytases raised in a hot

environment: An integrative approach. **Journal of Thermal Biology**, v. 94, 1-12, 2020.

FIGUEIREDO, S.M; GUIMARÃES, J.H.; GAMA, N.M.S.Q. Biologia e Ecologia de Malófagos (insecta, phthiraptera) em aves de postura de granjas industriais. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.2,n.1, 45-51,1993.

FONSECA, A. C. **Interferência da iluminação na produção e reprodução das aves**. Avicultura Industrial. 2016. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/interferencia-da-iluminacaona-producao-e-reproducao-das-aves-por-andre-fonseca/20160923-102030-V188>. Acesso em 30 jun 2019.

FRANCO, B.M.R; SANS, E.C.O; SCHNAIDER, M.A; SORIANO, V.S.; MOLENTO, C.F.M. Atitude de consumidores brasileiros sobre o bem-estar animal. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v.16, 1-11, 2018.

FREITAS, H. J. **Avaliação de Programas de Iluminação para Poedeiras leves e Semi-pesadas**. Lavras: UFLA, 2003. 113f. Tese (doutorado) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, 2003.

FREITAS, H. J.; COTTA, J. T.B.; OLIVEIRA, A. I. G.; GEWHER, C. E. Avaliação de programas de iluminação sobre o desempenho zootécnico de poedeiras leves. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.2, 424-428, 2005.

FREITAS, H.J.; COTTA, J.T.B; OLIVEIRA, A.I.; MURGAS, L.D.S; GEWEHR, C.E. Efeito de diferentes programas de iluminação para poedeiras semi-pesadas criadas em galpões abertos. *Biotemas*, v.23, n.2, 157-162, junho de 2010.

FUJIHARA, C.J.; FILHO, M.W.C.; MONTEIRO, A.L.R.; BITTENCOURT, R.F.; QUEIROZ, C.M.; PEREIRA, R.J.G.; FERREIRA, J.C.P. Dosagem de metabólitos de glucocorticoides e progesterona em fezes de papagaio-verdadeiro (*Amazona aestiva*). **Ciência Animal Brasileira**, v.15, n.3, p. 277-288, 2014.

FURTADO, D.A.; AZEVEDO, P.V.; TINÔCO, I.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, 559-564, 2003.

FURTADO, D.A.; DANTAS, R.T.; NASCIMENTO, J.W.B.; SANTOS, J.T.; COSTA, F.G.P. Efeitos de diferentes sistemas de acondicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.10, n.2, 484–489, 2006.

GALVÃO, W. C. **Desenvolvimento de um Aplicativo para Processamento de Imagens Obtidas por Fotografias Aéreas**. Botucatu: UNESP, 2015, 69 f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu 2015.

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

GONZALES, E.; KONDO, K.; SALDANHA, S.P.B.; LODDY, M.M.; CAREGHI, C.; DECUYPERE, E. Performance and physiological parameters of broiler chickens subjected to fasting on the neonatal period. **Poultry Science**, v.82, n.8, p. 1250-1256, 2003.

- GRANER, E.A. TRIVELIN, A.P. Análise do tamanho e da forma do Ovo em galinhas das raças Rhode Island Red e Light Sussex e do híbrido entre essas duas raças. **Anais Da Escola Superior De Agricultura Luiz De Queiroz**, v.4, 393-402, 1947.
- GROSS, W.B.; SIEGEL, H.S. Evaluation of the Heterophil/Lymphocyte Ratio as a Measure of Stress in Chickens. **Avian Diseases**, v.27, n.4, p. 972-979, 1983.
- HANLON, C.; RAMACHANDRAN, R.; ZUIDHOF, M. J.; BÉDÉCARRATS, G. Y. Should i lay or should i grow: photoperiodic vsus metabolic cues in chickens. **Frontiers in physiology**, v.11, 1-24, 2020.
- HARRISON, P.; MCGINNIS, J.; SHUMAIER, G.; LAUBER, J. Sexual maturity and subsequent reproductive performance of white leghorn chickens subjected to different parts of the light spectrum. **Poultry Science**. v.48, n. 3, 878-883, 1969
- HASSAN, R.; SULTANA, S.; CHOE, H.S.; RYU, K.S. Effect of Monochromatic and Combined Light Colour on Performance, Blood Parameters, Ovarian Morphology and Reproductive Hormones in Laying Hens. **Italian Journal of Animal Science**, v.12, n.3, 359-364, 2013.
- 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. **The Journal of Poultry Science**, v. 51, n. 3, 321-326,nov 2014.
- HARVEY, S.; SCANES,C.G.; BROWN, K.I. Adrenals. In: **Avian physiology**. New York: Springer-Verlag, 1986. p.479-493
- HESHAM, M.; EL SHEREEN, A.; ENAS, S. Impact of different light colors in behavior, welfare parameters and growth performance of Fayoumi broiler chickens strain. **Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society**, v.69, n. 2, 2018.
- HILLGARTH, N. Ectoparasite transfer during Mating in Ring-Necked Pheasants *Phasianus colchicus*. **Journal of Avian Biology**, v.27, n.3, 260-262, setembro de 1996.
- HOCHLEITHNER, M. Biochemistries. In: RITCHIE, B. W. **Avian Medicine: Principles and Application**. Florida: Wingers Publishing, 1994. cap.11, p. 223-245.
- HONG, E.C.; KANG, B.S.; KANG, H.K.; JEON,J.J.; YOU,A.S.; KIM,H.S.; SON,J.;KIM,C.H.; KIM, H.J.Effects of light sources in poultry house on growth performance, carcass yield, meat quality and blood components of finishing broilers. **Korean Journal of Poultry Science**, v. 47, n.3, p.159-167, 2020.
- HORN, T.B.; ROCHA, M.S.; GRANICH, J.; K`ORBES, J.H; ALVES, L.F.A.; FERLA, N.J. Ectoparasitism of commercial laying hen by *Megninia ginglymura* (Megnin) (Acari): population dynamic and distribution on the body regions. **Poultry Science**, v.96, 4253–4260, 2017.
- 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, 869–873, 2013.
- HUNTON, P. Research on eggshell structure and quality: An historical overview. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.7, n.2, 67-71, 2005.

HY-LINE. **A Practical Guide to Poultry Lighting**. 2016a. Disponível em: https://www.hyline.com/UserDocs/Pages/Lighting_IR_2016.pdf. Acesso em: 13 fev. 2020.

HY-LINE. **Understanding heat stress in layers: Management Tips to Improve Hot Weather Flock Performanc**. Technical Update. 2016b.

HY-LINE. **Understanding Poultry Lighting: A Guide to LED Bulbs and Other Sources of Light for Egg Producers**. 2017. Disponível em: https://www.hyline.com/userdocs/pages/TU_LIGHT_ENG.pdf. Acesso em 13 fev. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Agropecuária**. Brasília, DF: Brasil, 2019a.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Brasília, DF: Brasil, 2019b.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Agropecuária**. Resultados Preliminares, jan-mar, 2020.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Lâmpada LED**. 2020. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>. Acesso em 11 fev. 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. Capítulo 4 - Procedimentos e Determinações Gerais - 1ª Edição Digital. São Paulo, p. 1020, 2008.

JACOB, J.P.; MILES, R.D.; BEN MATHER, F. Egg Quality. **University of Florida**, 1-12, 2000.

JACOB, J.P.; MILES, R.D.; BEN MATHER, F. Egg quality. **Florida Institute of Food and Agricultural Science-University of Florida**. Original publication date April 1998, 2011.

JACOBS, L.; VEZZOLI, G.; BEERDA, B.; MENCH, J.A. Northern fowl mite infestation affects the nocturnal behavior of laying hens. **Applied Animal Behaviour Science**, v.216, 33–37, 2019.

JAMES, C.; ASHER, L.; HERBORN, K.; WISEMAN, J. The effect of supplementary ultraviolet wavelengths on broiler chicken welfare indicators. **Applied Animal Behaviour Science**, v.209, 55-64, dez de 2018.

JANCZAK, A. M.; RIBER, A. B. Review of rearing-related factors affecting the welfare of laying hens. **Poultry Science**, v.94,n.7, 1454-1469, maio de 2015.

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, 420-423, 2005.

KAMANLI, S.; DURMUS, I.; DEMIR, S.; TARIM, B. Effect of different light sources on performance and egg quality traits in laying hens. **European Poultry Science**, v.79, set de 2015.

KAUFMAN, P.E. External Parasites of Poultry. **IFAS Extension - University of Florida**, 1-9, março de 2019.

KENNAWAY, D.J. The role of circadian rhythmicity in reproduction. **Human Reproduction Update**, v.11, n.1, 91-101, 2005.

KIM MIN, J.; HOSSAN, S.; NAZMA, A.; NAJAE, C.; BANG HAN, T.; KANG HWAN, K.; KIM DONG, W.; CHAE HYUN, S. CHOI HEE, C.; SUH OK, S. Effect of monochromatic light on sexual maturity, production performance and egg quality of laying hens. **Avian Biology Research**, v. 5, n. 2, 69-74, 2012.

KUMAR, V.; HASAN, S.S. In vitro bionomics of an ischnoceran louse, *Lipeurus caponis* (Phthiraptera: insecta). **Journal of Parasitic Diseases**, v.40, n.2, 374–376, ab./jun. de 2016.

LACERDA, M.J.R. **Microbiologia de ovos comerciais**. Seminário apresentado junto à Disciplina Seminários Aplicados do curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás, 2011. Disponível em: http://portais.ufg.br/uploads/67/original_semi2011_Maria_Juliana_1c.pdf. Acesso em 26 out. 2019.

LANA, S.R.V.; LANA, G.R.Q.; SALVADOR, E.L.; LANA, A.M.Q.; CUNHA, F.S.A.; MARINHO, A. L. Qualidade de ovos de poedeiras comerciais armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.18, n.1, 140-151, março de 2017.

LARA, L.J.; ROSTAGNO, M.H. Impact of Heat Stress on Poultry Production. **Animals**, 3, 356-369, 2013.

LEPROULT, R.; COLECCHIA, E. F.; L'HERMITE-BALÉRIAUX, M.; VAN CAUTER, E. Transition from Dim to Bright Light in the Morning Induces an Immediate Elevation of Cortisol Levels. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 86, n.1, p. 151-157. 2001.

LEVOT, G. Resistance and the control of lice on humans and production animals. **International Journal for Parasitology**, v.30, 291-297, 2000.

LEWIS, P.D.; CASTON, L.; LEESON, S. Green Light During Rearing Does Not Significantly Affect the Performance of Egg-Type Pullets in the Laying Phase. **Poultry Science**, v. 86, 739–743, 2007.

LI, D.; ZHANG, L.; YANG, M.; YIN, H.; XU, H.; TRASK, J. S.; SMITH, D.G.; ZHANG, Z.; ZHU, Q. The effect of monochromatic light-emitting diode light on reproductive traits of laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v.23, n. 3, 367-375, 2014.

LI, G.; JI, B.; LI, B.; SHI, Z.; ZHAO, Y.; DOU, Y.; BROCATO, J. Assessment of layer pullet drinking behaviors under selectable light colors using convolutional neural network. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.172, 1-10, 2020.

LI, G.; LI, B.; ZHAO, Y.; SHI, Z.; LIU, Y.; ZHENG, W. Layer pullet preferences for light colors of light-emitting diodes. *Animal*, 13(6), 1245–1251. (2019b).

LI, N.; REN, Z.; LI, D.; ZENG, L. Review: Automated techniques for monitoring the behaviour and welfare of broilers and laying hens: Towards the goal of precision livestock farming. *Animal*, 30, pp. 1-9. (09 de 2019a)

LIMA, R.V. **Influência da iluminação na criação de poedeiras**. Jataí: UFG, 2014, Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2014.

LIU, P.; GUO, L.; MAO, H.; GU, Z. Serum proteomics analysis reveals the thermal fitness of crossbred dairy buffalo to chronic heat stress. **Journal of Thermal Biology**, v.89, 2020

LOHMANN. LOHMANN DO BRASIL. **Guia de Manejo**. São José do Rio Preto, 2017.

LONG, H.; ZHAO, Y.; XIN, H.; HANSEN, H.; NING, Z.; WANG, T. Effect of light-emitting diode (LED) vs. fluorescent (FL) lighting on laying hens in aviary hen houses?: Part 2 - Egg quality, shel-life and lipid composition. **Poultry Science**, v. 95, n.1, 115-124, jan 2016.

LOPES, F.A.A. **Visão computacional para estimativa de comportamento de aglomeração de galinhas poedeiras**. Tupã: UNESP, 2018. 73f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-graduação em Agronegócio e Desenvolvimento - PGAD, Universidade Estadual Paulista, Tupã, 2018.

LOUTON, H.; BERGMANN, S.M.; RAUCH, E.; LIEBERS, C.; REESE, S., ERHARD, M.H.; HOEBORN, C.; SCHWARZER, A. Evaluation of welfare parameters in laying hens on the basis of a Bavarian survey. **Poultry Science**, v.96, 3199–3213, 2017.

LUMEJI, J. T. Avian clinical biochemistry. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. Oxford: Elsevier Academic Press, 2008. p. 839-872.

LUMEIJ, J.T. Avian clinical biochemistry. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**, 5 th ed., Boston: Academic Press, 1997. p.864-873.

LUZ, M. P. S. **Estudo da relação dos fatores climáticos com a qualidade do café da Mantiqueira de Minas**. Lavras: UFLA, 2014. 84 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

MACARI, M.; LUQUETTI, B. C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 17-35.

MACIEL, W.C.; ANDRADA, A.D.; RAMOS, A.C.; TEIXEIRA, R.S.C.; CARBÓ, C. B. Effect of hen age, egg weight and storage system on physical properties of egg from white-egg laying hens. **Pubvet**, v.5,n.32, Art. 1207, 2011.

MACK, L.A; FELVER-GANT, J.N.; DENNIS, R.L.; CHENG, H.W. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry Science**, v. 92, 285-294, 2013.

MARINHO, A.L. **Qualidade interna e externa de ovos de codornas japonesas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem**. Rio Largo: UFA, 2011. 79f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia/CECA, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2011.

MARTÍNEZ MICHEL, L.; PUNTER, P.H; WISMER, W.V. Perceptual attributes of poultry and other meat products: A repertory grid application. **Meat Science**, v.87, 349–355, 2011.

MATT, D.; REMBIALKOWSKA, E.; LUIK, A.; PEETSMANN, E.; PEHME, S. Quality of Organic vs. Conventional Food and Effects on Health. **Estonian University of Life Sciences**. set. de 2011.

MEDEIROS, F.M.; ALVES, M.G.M. Qualidade de ovos comerciais. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.11. n.4, 3515-3524, set. de 2014.

MEHAISEN, G. M.K.; DESOKY, A.A.; SARK, O.G.; SALLAM, W.; ABASS, A.O. Propolis alleviates the negative effects of heat stress on egg production, egg quality, physiological and immunological aspects of laying Japanese quail. **Plosone**, v.14, n.4, 2019. 2019. doi10.1371/journal.pone.0214839.

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. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n.1, pp. 62-70. 2013.

MENDES, A.S.; REFFATI, R.; RESTELATTO, R.; PAIXÃO, S.J. Visão e eliminação na avicultura oderna. **Revista Brasileira Agrociência**, v.16, n. 1-4, 05-13, jan/dez 2010.

MENEZES, P.C. LIMA, E.R.; MEDEIROS, J.P.; OLIVEIRA, W.N.K.; EVÊNCIO-NETO, J. Egg quality of laying hens in different conditions of storage, ages and housing densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n.9, 2064-2069, 2012.

MOBIGLIA, A.M.; CAMILO, F.R.; FERNANDES, J.J.R. Mensuração de metabólitos de cortisol nas fezes como um indicador de estresse em bovino de corte. **Archivosde Zootecnia**, v.63, n.R, p.1-9, 2014.

MORAIS, M.R.P.T; VELHO, A.L.M.C.S.; DANTAS, S.E.S.; FONTENELE-NETO, J.D. Morfofisiologia da reprodução das aves: desenvolvimento embrionário, anatomia e histologia do sistema reprodutor. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.6, n.3, p.165-176, 2012.

MORENG, R. E.; AVENS, J. S. Ciência e Produção das Aves (1ª ed.). São Paulo, São Paulo, Brasil: Roca, 1990.

MORENO, F.A. Efeito da idade da matriz e peso dos ovos no desempenho da progênie. Curitiba: UFP, 2019. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2019.

MOURA, D.J.; NÄÄS, I.; PEREIRA, D.F.; SILVA, R.B.T.R; CAMARGO, G.A. Animal Welfare Concepts and Strategy for Poultry Production: A Review. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.8, n.3, 137-148, set de 2006.

MOURA, J.B.; FEIL, M.A.A.; SGAVIOLI, S. Dez anos da produção e exportação de ovos de poedeiras comerciais no Brasil. **A Revista do Ovo**, v. 52, n.6, 18-27, 2019.

MUERER, R.F.P.; VALLE, F.L.P.; SANTOS, S.A.; ZANATTA, C.P.; DAHLKE, F.; MAIORKA, A.; OLIVEIRA, E.G. interação entre idade da matriz e peso do ovo no desempenho de frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v.13, n.3, 197-203, 2008.

MULLENS, B.A.; CHEN, B.L.; OWEN, J.P. Beak condition and cage density determine abundance and spatial distribution of northern fowl mites, *Ornithonyssus sylviarum*, and chicken body lice, *Menacanthus stramineus*, on CAGED LAYING HENS. **POULTRY SCIENCE**, V.89, 2565–2572, 2010.

MULLENS, B.A.; VELTEN, R.K.; HINKLE, N.C.; KUNEY, D.R. SZIJJ, C.E. Acaricide Resistance in Northern Fowl Mite (*Ornithonyssus sylviarum*) Populations on Caged Layer Operations in Southern California. **Poultry Science**, v.83, 365–374, 2004.

NÄÄS, I. A. Palestra princípios de bem-estar animal e sua aplicação na cadeia avícola. **Biológico**, v.70, n.2, 105-106, dez de 2008.

NAWAB, A.; IBTISHAM, F.; LI, G.; KIESER, B. WU, J.; LIU, W.; YI ZHAO, W.; NAWAB, Y.; LI, K.; XIAO, M.; AN, L. Heat stress in poultry production: Mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry. **Journal of Thermal Biology**, v. 78, p.131–139, 2018.

NERY, R. Grandezas Luminotécnicas. In: NERY, R. **Instalações Elétricas**. São Paulo: Érica, 2012.

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

OLANREWAJU, H. A.; COLLIER, S. D.; PURSWELL, J.L.; BRANTON, S.L. Effects of Light Sources and Intensity on Broilers Grown to Heavy Weights: Hematophysiological and Biochemical Assessment. **International Journal of Poultry Science**, v.15, n.10, p. 384-393, 2016.

OLANREWAJU, H. A.; COLLIER, S. D.; PURSWELL, J.L.; BRANTON, S.L. Effects of light-sources and photoperiod on hematophysiological indices of broilers grown to heavy weights. **Poultry Science**, v. 98, p.1075–1082. 2019.

OLANREWAJU, H. A.; PURSWELL, J.L.; COLLIER, S. D.; BRANTON, S.L. Effects of color temperatures (Kelvin) of LED bulbs on blood physiological variables of broilers grown to heavy weights. **Poultry Science**, v.94, p.1721-1728, 2015.

OLANREWAJU, H. A.; PURSWELL, J.L.; COLLIER, S. D.; BRANTON, S.L. Effects of light ingress through ventilation fan apertures on selected blood variables of male broilers. **International Journal of Poultry Science**, v.16, p.288-295, 2017.

OLANREWAJU, H.A.; THAXTON, J.P.; DOZIER, W.A.; PURSWELL, J.; ROUSH, W.B.; BRANTON, S.L. A Review of Lighting Programs for Broiler Production. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n.4, 301-308, 2006.

OLIVEIRA, B.; OLIVEIRA, D. **Qualidade e tecnologia de ovos** (1ª ed.). Lavras -MG: UFLA, 2013.

OLIVEIRA, D.L.; NASCIMENTO, J.W.B.; CAMERINI, N.L.; SILVA, R.C.; FURTADO, D.A.; ARAUJO, T.G.P. Desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, 1186-1191, 2014.

OLIVEIRA, J.L; XIN, H.; WU, H. Impact of feeder space on laying hen feeding behavior and production performance in enriched colony housing. **Animal**, v. 13, n.2, 374-383, 2018.

OSRAM. (2019). *Manual Luminotécnico Prático*.

OUROS, C.C. **Iluminação para poedeiras comerciais**. UNESP; Botucatu, 2019. 76f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2019.

PADOVAN, A. **Programa de Luz em granjas de poedeiras comerciais**. 2009.

Disponível em.:

www.apavi.com.br/index.php?pag=conteudo&id_conteudo=3472&idmenu=165%3E.

Acesso em 07 set. 2019.

PAIXÃO, S. J.; MENDES, A. S.; RESTELATTO, R.; MAROSTEGA, J.; SOUZA, C.; POSSSENTI, J. C. Desempenho produtivo de frangos de corte criados com dois tipos de lâmpadas. **Anais do I Congresso de ciência e tecnologia da UTFPR** (p. 339). Dois Vizinhos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

PARIZZI, R.C.; SANTOS, J.M.; OLIVEIRA, M.F.; MAIA, M.O.; SOUSA, J.A.; MIGLINO, M.A.; SANTOS, T.C. Macroscopic and microscopic anatomy of the oviduct in the sexually mature rhea (*Rhea americana*). **Anat. Histol. Embryol**, v.37, 169-176, 2008.

PASCHOAL, M.G.; ZEFERINO, C.P.; SGAVIOLI, S.; TABORDA, J.V.S. Bem-estar de poedeiras: sistema de criação e enriquecimento ambiental. **A Revista do Ovo**, ano IV, dez. de 2019.

PEDROSO-DE-PAIVA, D. **Principais parasitos externos de aves**. Concórdia: EMBRAPA - CNPSA. Circular Técnica, 18, 22p., 1996.

PEDROSO-DE-PAIVA, D. **Controle de piolhos e ácaros de galinhas em criações coloniais**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Suínos e Aves, dezembro de 2004.

PEREIRA, D. F. **Metodologia para estimativa de bem-estar de matrizes de frango de corte utilizando monitoramento digital e construção de modelos de simulação**. Campinas:Unicamp, 2005, 149f. Tese (doutorado) - eUniversidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, SP, Campinas, 2005.

PEREIRA, D.F.; LOPES, F.A.L.; GABRIEL FILHO, L.R.A.; SALGADO, D.D.; NETO, M.M. Cluster index for estimating thermal poultry stress (*gallus gallus domesticus*). **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 177, 1-11, 2020.

PIRES, M.F.A.; FERREIRA, A. M.; SATURNINO, H. M.; TEODORO, R. L. Taxa de gestação em fêmeas da raça Holandesa confinadas em free stall, no verão e inverno. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, n.1, 1-7, fev 2002.

PIRES, M.F.; PIRES, S.F.; ANDRADE, C.L.; CARVALHO, D.P.; BARBOSA, A.F.C. Fatores que afetam a qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 12, n.6, 4379-4385, dez 2015.

POLETTI, B. **Vida de Prateleira de os de poedeiras com diferentes idades de postura em sistema orgânico de produção**. Porto Alegre: UFRSP, 2018. 103f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

PREISINGER, R. Innovative layer genetics to handle global challenges in egg production. **British Poultry Science**, v. 59, 1-6, 2018.

PRELEZOV, P.N; KOINARSKI, V.T.S. Species variety and population structure of mallophaga (insecta: phthiraptera) on chickens in the region of stara zagora. **Bulgarian Journal of Veterinary Medicine**, v.9, n.3, 193-200, 2006.

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

PRICE, R.D.; HELLENTHAL, R.A.; PALMA, R.L.; JOHNSON, K.; CLAYTON, D.H. The Chewing Lice: World Checklist and Biological Overview. **Systematic Biology**, v.53, n.4, 666–668, 2004.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - **Manual de Iluminação**, 2011

PYRZAK, R.; SNAPIR, N.; GOODMAN, G.; PEREK, M. The effect of light wavelength on the production and oquality of eggs of the domestic hen. **Theriogenology**, v. 28, n. 6, 974-960, 1987.

RAJKUMAR, U.; SHARMA, R.P.; RAJARAVINDRA, K.S.; NIRANJAN, M.; REDDY, B.L.N.; BHATTACHARYA, T.K.; CHATTERJEE, R.N. Effect of Genotype and Age on Egg Quality Traits in Naked Neck Chicken under Tropical Climate from India. **International Journal of Poultry Science**, v. 8, n. 12, 1151-1155, 2009.

RÊGO, I.O.P.; CANÇADO, S.V.; FIGUEIREDO, L.D.M.; MENEZES, D.D.; OLIVEIRA, A.L.; LIMA, L.G.M.; ESSER, L.R. Influência do período de armazenamento na qualidade do ovo integral pasteurizado refrigerado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.3, 735-742, 2012.

RÉHAULT-GODBERT, S., GUYOT, N., & NYS, Y. The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. **Nutrients**, v.11, n. 684, 1-26, 2019.

RETTENBACHER, S.; MOSTI, E.; HACKI, R.; GHAREEB, K.; PALME, R. Measurement of corticosterone metabolites in chicken droppings. **British Poultry Science**, v.45, n.5, p.704-711, 2004

REZENDE, L.C.; CUNHA, L.M.; MARTINS, N.R.S.; TEIXEIRA, C.M.; OLIVEIRA, P. R. Epidemiologia de *Lipeurus caponis* (Phthiraptera: Philopteridae) (Nitzsch, 1818) em granjas avícolas comerciais de postura no estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.22, n.1, 34-38, jan./mar. 2015.

RIZZOTTO, D.; ENGROFF, G.; JÁCOME, I.; MARTINS, V.; BIANCHETTO, M. **Influência de diferentes cores de iluminação artificial sobre a qualidade de ovos de codornas japonesas**. XXII Congresso latino Americano de Avicultura. Buenos Aires. 2011. Disponível em: <https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/iluminacao-artificial-ovos-de-codornas-japonesas-t37127.htm>. Acesso em 04 fev. 2020.

RODRIGUES, T.P.N.S.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. L.P.; MORRILL, W. B.B. Behavior of broilers under the influence of led lighting and micrometeorological elements. **Engenharia Agrícola**, v.40, n.3, 272-279, jun. de 2020.

ROMERO, L.M. Physiological stress in ecology: lessons from biomedical research. **Trends in Ecology & Evolution**, v.19, n.5, p.249-255, 2004.

RONDONI, A.; ASIOLI, D.; MILLAN, E. Consumer behaviour, perceptions, and preferences towards eggs: A review of the literature and discussion of industry implications. **Trends in Food Science & Technology**, v.106, 391–401, 2020.

ROSA, P.S.; AVILA, V.S. Variáveis relacionadas ao rendimento da incubação de ovos em matrizes de frangos de corte. Embrapa Suínos e Aves. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, p.1-3, maio 2000.

ROZENBOIM, I.; BIRAN, I.; CHAISEHA, Y.; YAHAV, S.; ROSENSTRAUCH, A.; SKLAN, D.; HALEVY, O. The Effect of a Green and Blue Monochromatic Light Combination on Broiler Growth and Development. **Poultry Science**, v. 83, 842–845, 2004.

ROZENBOIM, I.; ZILBERMAN, E.; GVARZYAHU, G. New monochromatic light New monochromatic light. **Poultry Science**, v.77, n.11, 1695–1698, 1998

RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A.; XAVIER, E.G.; ROLL, V.F.B.; ROSSI, P. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.31, n.3, 307-317, set. 2007.

SAATKAMP, M.; DUARTE, S.C.; LOULY, C.C.B.; FERREIRA, L.L.; ARAÚJO, I. C.S. **Importância, identificação e controle de piolhos e ácaros em galinhas poedeiras: Perguntas & Respostas**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Suínos e Aves, v.1, 1-12, 2020.

SAEED, M.; ABBAS, G.; ALAGAWANY, M.; KAMBOH, A.A.; EL-HACK, M.E.A.; KHAFAGA, A.F.; CHAO, S. Heat stress management in poultry farms: A comprehensive overview. **Journal of Thermal Biology**, v. 84, 414-425, 2019.

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

SANTOS, D.O. **Propriedades funcionais de proteínas da clara do ovo de codorna**. Viçosa: UFV, 2008.76f. Dissertação (magister scientie) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, 2008.

SANTOS, F. **Eficiência energética na indústria e Luminotécnica**. Rio de Janeiro:UFRJ, 2013. 66f. Projeto de Graduação ao curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SANTOS FILHO, J.I.; MIELE, M.; MARTINS, F. M.; TALAMINI, D. J. D. **Os 35 anos que mudaram a avicultura brasileira**: 2011. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/48493/1/Os-35-anos-que-mudaram-a-avicultura-bras.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2020.

SANTOS-PREZOTO, H.H.; SILVA, M.O.; DAEMON, E.; D'AGOSTO, M.; PREZOTO, F. Sítios de localização de ectoparasitos em Gallus gallus Linnaeus, 1758. **Revista Brasileira Zootecias**, v.5, n.1, 129-135, julho de 2003.

SAPKOTA, S.; KOLACHHAPATI, M.R.; DEVKOTA, N.R.; GORKHALI, N.A.; BHATTARAI, N. Evaluation of egg laying and egg quality parameters of local chicken sakini (Gallus gallus domesticus) of Nepal. **Journal of Agriculture and Forestry University**, v.1, 181-188, 2017.

SARCINELLI, M.F.; VENTURINI, K.S.; SILVA, L.C. Características dos Ovos. Boletim Técnico. Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

SELYE, H. Forty years of stress research: principal remaining problems and misconceptions. **Canadian Medical Association Journal**, v. 115, 53–56, julho 1976.

SIEGFORD, J.M.; BEREZOWSKI, J.; BISWAS, S.K.; DAIGLE, C.L.; GEBHARDT-HENRICH, S.G.; HERNANDEZ, C.E.; THURNER, S.; TOSCANO, M.J. Avaliação da atividade e localização de galinhas poedeiras individuais em grandes grupos usando tecnologia moderna. **Animals**, v. 6, n. 10, 1-20, 2016.

SILVA, I.J.O. **Sistemas de produção de galinhas poedeiras no Brasil**. NUPEA – ESALQ/USP, 2019.

SILVA, I.J.O.; MIRANDA, K.O.D. Impactos do bem-estar na produção de ovos. **Thesis**. São Paulo, ano VI, n.11, 89-115, 2009.

SILVA, I.J.O.; ABREU, P.G.; MACUZZO, H. Manual de boas práticas para o bem-estar de galinhas poedeiras criadas livres de gaiola. 1ª edição. Concórdia: Suínos e Aves, 2020.

SINDICATO RURAL DE BASTOS. **Dados Estatísticos de Plantel de Aves e Produção de Ovos**. 2020.

SINGH, P.; ARYA, G.; AHMAD, A.; SAXENA, A.K. In vitro biology of *Columbicola bacillus* (Phthiraptera: Ischnocera). **Journal of Applied and Natural Science**, v.4, n.2, 234-236, 2012.

SIROVNIK, J.; WÜRBEL, H.; TOSCANO, M.J. Feeder space affects access to the feeder, aggression, and feed conversion in laying hens in an aviary system. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 198, 75-82, 2018.

SOARES, N.M.; TUCCI, E.C.; GUASTALLI, E.A.L.; YAJIMA, H. Controle da infestação por *ornithonyssus sylviarum* (canestrini e fanzago, 1877) (acarí: macronyssidae) em poedeiras comerciais utilizando extrato de *Azadirachta indica*. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.17, n.4, 175-178 2008.

SOBOTIK, E.B.; NELSON, J.R.; ARCHER, G.S. How does ultraviolet light affect layer production, fear, and stress. **Applied Animal Behaviour Science**, n.223, 2020.

SOLIMAN, E.; HASSAN, R.A. Impact of lighting color and duration on productive performance and Newcastle disease vaccination efficiency in broiler chickens. **Veterinary World**, v.12, 1052-1059, 2019.

SOLIMAN, F. N.; EL-SABROUT, K. Light wavelengths/colors: future prospects for broiler behaviour and production. **Journal of Veterinary Behavior**, v.36, 34-39, 2020.

SOUSA JÚNIOR, V.R. **Influência da iluminação artificial no desempenho e saúde de leitões na fase de creche**. Diamantina: UFVJM, 2010. 48f. Dissertação (mestrado) - Curso de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

SOUSA, D.C.T. Influência da temperatura de armazenamento e da idade da galinha poedeira na qualidade de ovos produzidos em Boa Vista-RR. Boa Vista, RR: UFR, 2013, 38f. Monografia (graduação) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR, 2013.

SULTANA, S.; HASSAN, 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, 207–214, 2013.

SVOBODOVÁ, J.; TŮMOVÁ, E.; POPELÁŘOVÁ, E.; CHODOVÁ, D. Effect of light colour on egg production Effect of light colour on egg production. **Czech Journal of Animal Science**, v. 60, n. 12, 550–556, 2015.

SWENSON, M. J. Propriedades fisiológicas e constituintes químicos e celulares do sangue. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes -Fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p. 19-43.

TAKESHIMA, K.; HANLON, C.; SPARLING, B.; KORVER, D.R.; BÉDÉCARRATS, G.Y. Spectrum Lighting During Pullet Rearing and Its Impact on Subsequent Production Performance in Layers. **Applied Poultry Research**, v. 28, 1262–1278, 2019.

Taschibra. **Light source test**. 2020

THRALL, M. A.; WEISER, G.; ALLISON, R.W.; CAMPBELL, T.W. Laboratory evaluation of plasma and serum proteins. In: **Veterinary hematology and clinical chemistry**. 1.ed. Philadelphia: Lippincott Williams, 2004. p. 401-412.

TINÔCO, I.F.F. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.1, 01-26, jan./abr. de 2001.

TINÔCO, I.F.F. A granja de frangos de corte. In MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas, SP: FACTA, 2004.

TRICHES, M.R.; GOMES, N.R. **Análise energética de aviários de corte**. Camargo: UFSM, 2014. 20f. 2014. Pós-graduação em Eficiência Energética, Universidade Federal de Santa Maria, Camargo, 2014.

TRIVEDI, M.C.; RAWAT, B.S; SAXENA, A.K. The distribution of lice (phthiraptera) on poultry (gallus doamesticus). **International Journal for Parasitology**, v.21, n.2, 247-249, 1991.

TSUTSUI, K.; UBUKA, T.; BENTLEY, G.E.; KRIEGSFELD, L.J. Gonadotropin-inhibitory hormone (GnIH): Discovery, progress and prospect. **General and Comparative Endocrinology**, v. 177, 305–314, 2012.

TÜNAYDIN, G.; YILMAZ DİKMEN, B. Impact of light-emitting diode and compact fluorescent light source type and cage tier on layers reared in an enriched cage system Part 1: Production performance and egg quality. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.43, n.5, 615-626, 2019a.

TÜNAYDIN, G.; YILMAZ DİKMEN, B. Impact of light-emitting diode and compact fluorescent lighting type and cage tier on layers reared in an enriched cage system, part 2: some welfare traits. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.43, n.5, 627-635, 2019b.

USDA. United States Department of Agriculture. **Egg-Grading Manual**. 2000. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/748967/nutrients>. Acesso em 15 fev. 2019.

USDA. United States Department of Agriculture. **Biology of Eggs**. 2016. Disponível em: https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/1f13a3dd-8931-4d5a-af1b-597917db353e/EPT_Biology_Eggs.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em 15 fev. 2019.

USDA. United States Department of Agriculture. **Nutrient database for standard reference**. 2019. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/748967/nutrients>. Acesso em 15 fev. 2019.

USDA. United States Department of Agriculture. 2019. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171287/nutrients>. Acesso em 15 nov. 2020.

VALE, M. M. DO.; KLEIN, D. R.; BRANCO, T.; SANTOS, M. P. Glycemic response of poultries in different feeding systems. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.41, n.1, 2019.

VAN KAMPEN, C.L.; GIBBONS, D.F.; JONES, R.D. Effect of implant surface chemistry upon arterial thrombosis. **Journal of Biomedical Materials**, v. 12, n.3, 517-541, 1979.

VERCESE, F.; GARCIA, E.A.; SARTORI, J.R.; SILVA, A.P.; FAITARONE, A.B.G.; BERTO, D.A.; MOLINO, A.B.; PELÍCIA, K. Performance and Egg Quality of Japanese Quails Submitted to Cyclic Heat Stress. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.14, n.1, 37-41, jan/mar, 2012.

VERZA, S.P. **LED em sistemas de iluminação para poedeiras Comerciais**. Bandeirantes: UENP, 2016. 61f. Dissertação (mestrado) - Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel. Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2016

WANG, J.; ZHU, B.; WEN, J.; LI, Q.; ZHAO, G. Genome-Wide Association Study and Pathway Analysis for Heterophil/Lymphocyte (H/L) Ratio in Chicken. **Genes**, v.11, n.9, p.1005, 2020.

WANG, Y.; LI, Y. B.; YANG, H. M.; WANG, Z. Y. Effect of photoperiod on the egg production, plasma luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone, gonadal hormones, and Mrna levels of LH and FSH in the hypothalamic-pituitary-gonadal axis of pigeons. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.21, n.4, 1-6, 2019.

WORLD ANIMAL PROTECTION. **Consumo às cegas: Percepção do consumidor sobre o bem-estar animal**. Disponível em: https://www.worldanimalprotection.org.br/sites/default/files/media/br_files/consumo_a_s_cegas_latam.pdf. Acesso em: 10 out. 2020.

WYSE, C.; HAZLERIGG, D. Seasonal Biology: Avian photoreception goes deep. **Current Biology**, v. 19, n.16, 685-687, 2009.

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.8, p.1535-1539, 2008.

YALÇINKAYA, I.; ÇINAR, M.; YILDIRIM, E.; ERAT, S.; BAŞALAN, M.; GÜNGÖR, T. The effect of prebiotic and organic zinc alone and in combination in broiler diets on the performance and some blood parameters. **Italian Journal of Animal Science**, v.11, n.3, 2012.

YANAGI JR, T.; XIN, H.; GATES, R.S. Optimization of Partial Surface Wetting to Cool Caged Laying Hens. **American Society of Agricultural Engineers**, v.45, n.4, 1091–1100, 2002.

YANG, Y.F.; JIANG, J.S.; PAN, J.M.; YING, Y.B.; WANG, X.S.; ZHANG, M.L.; LU, M.S.; CHEN, X.H. The relationship of spectral sensitivity with growth and

reproductive response in avian breeders (*Gallus gallus*). **Scientific Reports**, v.6, 1-9, 2016.

YOUSAF, A.; JABBAR, A.; RAJPUT, N.; MEMON, A.; SHAHNAWAZ, R.; MUKHTAR, N.; FAROOQ, F.; ABBAS, M.; KHALIL, R. Effect of Environmental Heat Stress on Performance and Carcass Yield of Broiler Chicks. **World's Veterinary Journal**, v. 9, n.1, 26-30, 2019.

ANEXO

FORMULAÇÕES DAS RAÇÕES

FORMULAÇÃO – PICO nº01

Período de utilização - 09/06/2020 a 28/06/2020

Insumo	Quantidade (%)
Milho	61,58
Soja	25,6
Carne e Osso	1,5
Calcáreo grosso	5,4
Calcáreo fino	4,0
Sal	0,4
Fosfato cálcio	0,7
Lípidol	0,04
Metionina	0,05
Lisina	0,12
Treonina	0,02
Colina	0,05
Adsorvente	0,1
Núcleo	0,4
Tecnase	0,02

FORMULAÇÃO – PICO nº 02

Período de utilização - 29/06/2020 a 03/07/2020

12/06/2020 a 25/07/2020

Insumo	Quantidade (%)
Milheto	70,63

Soja	15,8
Carne e Osso	1,8
Calcáreo grosso	5,3
Calcáreo fino	4,0
Sal	0,35
Óleo soja	0,6
Fosfato cálcio	0,7
Lipidol	0,06
Metionina	0,01
Lisina	0,21
Colina	0,05
Adsorvente	0,05
Corante amarelo	0,001
Corante vermelho	0,00015
Núcleo	0,4
Tecnase	0,02

FORMULAÇÃO – PICO nº 03

Período de utilização - 04/07/2020 a 11/07/2020

Insumo	Quantidade (%)
Sorgo	33,1
Milheto	33,55
Soja	19,8
Carne e Osso	1,7
Calcáreo grosso	5,3
Calcáreo fino	4,0
Sal	0,35
Óleo soja	0,7
Fosfato cálcio	0,7
Lipidol	0,065
Metionina	0,032
Lisina	0,17
Colina	0,05

Adsorvente	0,05
Premix	0,4
Tecnase	0,02

FORMULAÇÃO – PICO nº 04

Período de utilização - 27/07/2020 a 14/09/2020

Insumo	Quantidade (%)
Milheto	71,5
Soja	14,5
Carne e Osso	2,9
Calcáreo grosso	5,2
Calcáreo fino	4,0
Sal	0,35
Óleo soja	0,4
Fosfato cálcio	0,3
Lipidol	0,065
Metionina	0,015
Lisina	0,225
Colina	0,05
Adsorvente	0,05
Vitamina	0,4
Tecnase	0,02
Corante amarelo	0.004
Corante vermelho	0,0015

NÍVEIS NUTRICIONAIS – FORMULAÇÃO PICO

Nutrientes	Pico
Proteína Bruta (%)	17,4
Extrato Etéreo (%)	3,83
Ácido Linoléico (%)	1,26
Fibra Bruta (%)	3,63
Cálcio (%)	4,15

Fósforo Disponível (%)	0,46
Sódio (%)	0,16
Cloro (%)	0,25
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	2.850,00
Lisina Digerida (%)	0,85
Metionina Digerida (%)	0,37
Metionina + Cisteína Digerida (%)	0,6
Triptofano Digerido (%)	0,19
Treonina Digerida (%)	0,56
Arginina Digerida (%)	0,87
Isoleucina Digerida (%)	0,64
Valina Digerida (%)	0,75