

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EXPOSIÇÃO DE OVOS DE MATRIZES PESADAS À LUZ
MONOCROMÁTICA DURANTE A INCUBAÇÃO ARTIFICIAL**

Mariana Alves Mesquita
Orientador: Prof. Dr. Marcos Barcellos Café

GOIÂNIA
2017



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS
DE TESES E
DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☐ Dissertação ☒ Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: Mariana Alves Mesquita

Título do trabalho: Exposição de ovos de matrizes pesadas à luz monocromática durante a incubação artificial.

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 01 / 09 / 2017

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente
- Submissão de artigo em revista científica
- Publicação como capítulo de livro
- Publicação da dissertação/tese em livro

²A assinatura deve ser escaneada.

MARIANA ALVES MESQUITA

**EXPOSIÇÃO DE OVOS DE MATRIZES PESADAS À LUZ
MONOCROMÁTICA DURANTE A INCUBAÇÃO ARTIFICIAL**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Zootecnia junto à Escola de
Veterinária e Zootecnia da Universidade
Federal de Goiás

Área de Concentração:

Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Marcos Barcellos Café – EVZ/UFG

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Edgar Orlando Oviedo-Rondón –
North Carolina State University/EUA

Prof.^a Dra. Nadja Susana Mogyca Leandro –
EVZ/UFG

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Mesquita, Mariana Alves

Exposição de ovos de matrizes pesadas à luz monocromática
durante a incubação artificial [manuscrito] / Mariana Alves Mesquita. -
2017.

xvi, 74 f.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Barcellos Café; co-orientador Dr.
Edgar Orlando Oviedo-Rondón; co-orientador Dr. Nadja Susana
Mogyca Leandro.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, Goiânia, 2017.

Bibliografia.

Inclui gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Desenvolvimento embrionário. 2. Fotoestimulação. 3. Frangos
de corte. 4. LED. 5. Eclodibilidade. I. Café, Marcos Barcellos, orient.
II. Título.

CDU 635

ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA



1 ATA NÚMERO 13 DA SESSÃO DE JULGAMENTO DA DEFESA DE DOUTORADO
2 DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA DA ESCOLA DE
3 VETERINÁRIA E ZOOTECNIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS,
4 REALIZADA POR **MARIANA ALVES MESQUITA**. Aos **01/06/2017** a partir das
5 **08h30min**, na sala de Reuniões do Departamento de Zootecnia da Escola de
6 Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, nesta Capital, realizou-se
7 a sessão pública de Defesa de Doutorado apresentado (a) pelo (a) Pós-Graduando
8 (a) **MARIANA ALVES MESQUITA**, intitulada "**Exposição de ovos de matrizes**
9 **pesadas à luz monocromática durante a incubação artificial**", para obtenção do
10 **Título de Doutor em Zootecnia**, junto à Área de Concentração: **Produção Animal**
11 desta Universidade. Os trabalhos foram instalados pelo (a) Presidente da Comissão
12 Julgadora, Orientador (a) **Prof. Dr. Marcos Barcellos Café**, com a participação dos
13 demais membros da Banca Examinadora **Profa. Dra. Candice Bergmann Garcia e**
14 **Silva Tanure - UnB/DF; Profa. Dra. Cibele Silva Minafra - IFG/GO; Dra. Dunya**
15 **Mara Cardoso Moraes (memória) (memória) e Profa. Dra. Heloísa Helena de**
16 **Carvalho Mello**. Iniciando os trabalhos, o Presidente concedeu a palavra ao (a)
17 candidato (a) **MARIANA ALVES MESQUITA** para exposição em **cinquenta** minutos
18 do seu trabalho. A seguir, o senhor Presidente concedeu a palavra, pela ordem, aos
19 demais membros da banca, os quais passaram a arguir o (a) candidato (a), durante o
20 prazo máximo de **trinta minutos**, assegurando-se ao mesmo, igual prazo para
21 responder aos Senhores Membros da Banca Examinadora. Ultimada a arguição, que
22 se desenvolveu nos termos regimentais, a Comissão, em sessão secreta, expressou
23 seu Julgamento, considerando o (a) candidato (a) APPROVADA
24 **(Aprovado/Reprovado)** pelos seus membros. Proclamados os resultados da Banca
25 Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar lavrou-se a presente
26 ata que, após lida e achada conforme vai assinada pelos membros da Banca
27 Examinadora.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Barcellos Café (Orientador(a))

Profa. Dra. Candice Bergmann Garcia e Silva Tanure -
UnB/DF

Profa. Dra. Cibele Silva Minafra - IFG/GO

Dra. Dunya Mara Cardoso Moraes (memória)

Profa. Dra. Heloísa Helena de Carvalho Mello

ASSINATURA

[Assinatura de Prof. Dr. Marcos Barcellos Café]
[Assinatura de Profa. Dra. Candice Bergmann Garcia e Silva Tanure]
[Assinatura de Profa. Dra. Cibele Silva Minafra]
[Assinatura de Dra. Dunya Mara Cardoso Moraes]
[Assinatura de Profa. Dra. Heloísa Helena de Carvalho Mello]

A Banca Examinadora aprovou a seguinte alteração no título da tese:

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pelas oportunidades concedidas, pela sabedoria para tomar as decisões certas, por me ensinar a ter paciência para saber que tudo tem o tempo certo de acontecer e por ter me dado forças para vencer os obstáculos e continuar trilhando meus caminhos.

À toda minha família, em especial aos meus avós, Sebastiana Felipe Alves e Alcidino Alves Rodrigues, por todo amor, dedicação e por me darem condições para atingir meus objetivos e realizar meus sonhos. À minha mãe, Maria Luzia Alves Mesquita, por ser sempre meu porto seguro. Ao meu pai, Donizete Lima de Mesquita (*in memoriam*), que no momento de sua perda me fez enxergar o quanto sou forte e persistente para nunca desistir dos meus sonhos e objetivos. Ao meu irmão Guilherme Alves Mesquita, por todo carinho e apoio. Muito obrigada. Amo vocês.

Ao meu querido orientador, Professor Dr. Marcos Barcellos Café, pela confiança, ensinamentos e compreensão. Muito obrigada pela oportunidade de trabalharmos juntos e pela amizade ao longo dessa caminhada. Você com certeza é meu exemplo de caráter, de pessoa e de profissional. Todo seu apoio e incentivo foram essenciais para me encorajar a realizar o intercâmbio nos EUA e assim, poder viver as experiências mais incríveis da minha vida.

À Professora Dr.^a Nadja Susana Mogyca, pela amizade, conselhos e motivação.

Ao Professor Dr. Edgar Orlando Oviedo-Rondón, com quem tive a grande oportunidade de trabalhar nos EUA, agradeço por ter me recebido no *Prestage Department of Poultry Science* da NCSU, por todos os ensinamentos, conselhos e pela confiança no meu trabalho.

À todos os professores e funcionários da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, que contribuíram para a minha formação profissional, agradeço pela oportunidade e pelos conhecimentos compartilhados.

À todos os professores e funcionários da *North Carolina State University*, Universidade em que permaneci durante um ano para a realização do Doutorado Sanduíche, agradeço por toda hospitalidade e presteza.

Aos grandes amigos que me acompanham por longas datas, aos amigos e irmãos conquistados durante a graduação e aos colegas de pós-graduação, pela amizade, carinho e respeito.

Aos amigos conquistados em Raleigh, Albaraa Sarsour, Liliane Borsatti, Hernan Alejandro Córdova, Luiz Carlos Bernal, Ricardo Fasanaro, Beatriz Sandaña e Lindolfo

Dorcino, pelo companheirismo e dedicação. Muito obrigada por terem transformado minha rotina nos EUA leve e prazerosa. Com certeza somos o time dos sonhos e sem a ajuda de vocês este trabalho não teria sido realizado.

À CAPES, pela concessão da bolsa de pesquisa.

À empresa Chick Master, que patrocinou a execução deste trabalho.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão de mais uma etapa da minha vida profissional.

Meus sinceros agradecimentos.

"Resiliência: é a capacidade de se recuperar de situações de crise e aprender com ela. É ter a mente flexível e o pensamento otimista, com metas claras e a certeza de que tudo passa."

(Autor desconhecido)

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

(José de Alencar)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Incubação artificial de ovos de matrizes pesadas	3
2.2. A luz na produção de frangos de corte	6
2.3. A luz durante a incubação artificial	8
2.4. Efeitos da fotoestimulação no rendimento da incubação.....	12
2.5. Efeitos da fotoestimulação no período pós eclosão	13
3. REFERÊNCIAS.....	15
CAPÍTULO 2 – RENDIMENTO DA INCUBAÇÃO, DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE EXPOSTOS À LUZ MONOCROMÁTICA VERDE E VERMELHA DURANTE A INCUBAÇÃO	Erro!
Indicador não definido.	
1. INTRODUÇÃO	24
2. MATERIAL E MÉTODOS	26
3. RESULTADOS	30
4. DISCUSSÃO	42
5. CONCLUSÃO	46
6. REFERÊNCIAS.....	47
CAPÍTULO 3 – RENDIMENTO DA INCUBAÇÃO, DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE EXPOSTOS À LUZ MONOCROMÁTICA VERDE EM DIFERENTES MOMENTOS DURANTE A INCUBAÇÃO	49
1. INTRODUÇÃO	51
2. MATERIAL E MÉTODOS	53
3. RESULTADOS	57
4. DISCUSSÃO	67
5. CONCLUSÃO	70
6. REFERÊNCIAS.....	72
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- FIGURA 1 - Temperatura registrada nos *data loggers*, temperatura registrada na máquina e temperatura do embrião do tratamento estimulado com luz verde intermitente. 30
- FIGURA 2 - Temperatura registrada nos *data loggers*, temperatura registrada na máquina e temperatura do embrião do tratamento estimulado com luz verde contínua.. ... 30
- FIGURA 3 - Temperatura registrada nos *data loggers*, temperatura registrada na máquina e temperatura do embrião do tratamento sem estímulo luminoso (escuro). 31
- FIGURA 4 - Temperatura registrada nos *data loggers*, temperatura registrada na máquina e temperatura do embrião do tratamento estimulado com luz vermelha intermitente. 31
- FIGURA 5 - Temperatura dos embriões estimulados com luz verde intermitente, luz verde contínua, luz vermelha e ausência de luz (escuro) durante a incubação..... 32

CAPÍTULO 3

- FIGURA 1 - Temperatura registrada nos *data loggers*, temperatura registrada na máquina e temperatura do embrião das máquinas que receberam luz verde contínua..... 57
- FIGURA 2 - Temperatura registrada nos *data loggers*, temperatura registrada na máquina e temperatura do embrião das máquinas que não receberam estímulo luminoso (escuro). 58
- FIGURA 3 - Temperatura dos embriões estimulados com luz verde e ausência de luz (escuro) durante a incubação. 58

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- TABELA 1 - Percentual de eclosão em relação ao número de ovos incubados e eclosão em relação ao número de ovos férteis da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação33
- TABELA 2 - Resultados do embriodiagnóstico de ovos férteis da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação33
- TABELA 3 - Peso vivo e peso vivo sem o resíduo vitelino em gramas e percentual em relação ao peso do ovo de pintos neonatos da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação34
- TABELA 4 - Pesos relativos de proventrículo, moela e fígado e comprimento de intestino de pintos neonatos da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação35
- TABELA 5 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos sete dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação36
- TABELA 6 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos 15 dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação38
- TABELA 7 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos 21 dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação39

TABELA 8 - Rendimento de carcaça, asas, coxa+sobrecoxa e peito de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação	40
TABELA 9 - Pesos relativos de proventrículo, moela e fígado e comprimento de intestino de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação	41

CAPÍTULO 3

TABELA 1 - Percentual de eclosão em relação ao número de ovos incubados e eclosão em relação ao número de ovos férteis da linhagem Ross 708 submetidos a estímulos luminosos em diferentes períodos durante a incubação.....	59
TABELA 2 - Resultados do embriodiagnóstico de ovos férteis da linhagem Ross 708 submetidos a estímulos luminosos em diferentes períodos durante a incubação	60
TABELA 3 - Percentual de eclosão, fertilidade e eclosão em relação ao número de ovos férteis da linhagem Ross 708 submetidos a estímulos luminosos em diferentes períodos durante a incubação	61
TABELA 4 - Pesos relativos de proventrículo, moela e fígado e comprimento de intestino de pintos neonatos da linhagem Ross 708 submetidos a estímulos luminosos em diferentes períodos durante a incubação	61
TABELA 5 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos sete dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos a estímulos luminosos em diferentes períodos durante a incubação	62
TABELA 6 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos 14 dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos a estímulos luminosos em diferentes períodos durante a incubação	63
TABELA 7 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos 35 dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos a estímulos luminosos em diferentes períodos durante a incubação	63

TABELA 8 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos 42 dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos a estímulos luminosos em diferentes períodos durante a incubação	64
TABELA 9 - Rendimento de carcaça, asas, coxa+sobrecoxa e peito de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos a estímulos luminosos em diferentes períodos durante a incubação	65
TABELA 10 - Desdobramento da interação do rendimento de peito de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa em diferentes períodos durante a incubação	65
TABELA 11 - Pesos relativos de proventrículo, moela e fígado e comprimento de intestino de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos a estímulos luminosos em diferentes períodos durante a incubação	66

RESUMO

Foram realizados dois ensaios experimentais na *North Carolina State University* com o objetivo de elucidar a hipótese de que a exposição de embriões de frangos de corte à luz monocromática durante o período de incubação pode influenciar o crescimento e desenvolvimento embrionário promovendo melhorias no rendimento da incubação e no período pós-eclosão. No primeiro experimento avaliou-se a estimulação com luz monocromática verde intermitente, verde contínua, vermelha intermitente e ausência de luz. Foi testado também a influência da posição dos ovos no interior da bandeja em relação a fonte de luz. No segundo experimento, avaliou-se a exposição de ovos à luz verde monocromática durante diferentes fases do período de incubação. Os tratamentos estudados foram: 1) 21 dias de incubação no escuro; 2) 21 dias de incubação com luz verde contínua; 3) escuro até o quinto dia de desenvolvimento embrionário (E5) e luz verde contínua até o nascimento; 4) luz verde contínua até E5 e escuro até o nascimento; 5) escuro até o décimo oitavo dia de desenvolvimento embrionário (E18) e luz verde contínua até o nascimento; 6) luz verde contínua até E18 e escuro até o nascimento. As temperaturas das máquinas, em ambos os experimentos foram reguladas diariamente com o objetivo de se obter uma temperatura ótima da casca do ovo (99,5 a 100,4°F) durante todo o período de desenvolvimento embrionário. No primeiro experimento, o percentual de mortalidade embrionária na fase intermediária foi superior no tratamento exposto à luz verde intermitente. O peso relativo do proventrículo foi influenciado pelos estímulos luminosos, sendo que o grupo que não foi exposto a luz, o que apresentou maior desenvolvimento do órgão. O consumo de ração também foi influenciado pelos tratamentos estudados aos 21 dias de idade. No segundo experimento, a exposição à luz verde contínua em diferentes momentos do período de incubação prejudicou os percentuais de eclosão e eclosão sobre férteis. Além disso, o percentual de bicados mortos foi superior no tratamento exposto à luz verde contínua até E18. A conversão alimentar aos 35 e 42 dias de idade também foi influenciada pelos tratamentos estudados, sendo que o grupo que não foi exposto à luz durante todo o período de incubação o que apresentou melhor conversão alimentar. Houve interação entre estímulo luminoso e sexo para rendimento de peito, sendo que para machos o menor rendimento de peito foi observado no grupo que recebeu estímulo luminoso até E18. Comparando-se os sexos, constatou-se maior rendimento para fêmeas oriundas de incubação com estímulo luminoso até E18. Concluiu-se que nas condições de incubação estabelecidas durante a realização dos experimentos, a exposição de embriões de frangos de corte à luz monocromática não promoveu benefícios no rendimento da incubação e também não favoreceu o crescimento e desenvolvimento das aves no período pós-eclosão.

Palavras-chave: desenvolvimento embrionário, fotoestimulação, frangos de corte

ABSTRACT

Two experiments were conducted at North Carolina State University to elucidate the hypothesis that exposing broiler embryos to monochromatic lights during incubation period may influence embryonic growth and development, improving incubation traits and posthatching period. In the first experiment, intermittent green light, continuous green light, intermittent red light and dark were evaluated. In addition, the influence of egg position in the tray was also tested. In the second experiment, monochromatic green light exposure was evaluated during different phases of incubation period. Treatments were: 1) 21d of incubation in the dark; 2) 21d of incubation with green light; 3) dark until E5 and continuous green light until hatch; 4) continuous green light until E5 and dark until hatch; 5) dark until E18 and continuous green light until hatch; 6) continuous green light until E18 and dark until hatch. Machine temperatures were adjusted daily in order to obtain optimal eggshell temperature (99,5 a 100,4°F) during the whole incubation period. In the first trial, embryo mortality in intermediate phase was higher in the group exposed to intermittent green light. Relative proventriculus weight was influenced by light stimuli, and the group that was not exposed to light showed the greatest organ development. Feed intake was also influenced by light treatments at 21 d of age. In the second trial, exposing embryos to continuous green light at different moments during incubation period affected the percentage of hatch and hatch of fertile. In addition, dead pipped was higher in the group exposed to light until E18. Feed conversion ratio at 35 and 42 days was also influenced by light treatments, and the group that was not exposed to light during the whole incubation period had the lower feed conversion ratio. Significant interaction was observed between light stimuli and sex for breast yield. Male chicks that were light stimulated until E18 had the lowest breast yield. Comparing sexes, the highest breast yield was observed for females that were light stimulated until E18 during incubation. In conclusion, with incubation conditions that were established during the experiments, exposing broiler embryos to monochromatic lights did not promote benefits in incubation traits and also did not influenced chick growth and development in posthatching period.

Key words: embryo development, photostimulation, broilers

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

A produção industrial de carne de frango consolidou-se no mercado de proteína animal, devido a qualidade do produto ofertado e ao preço acessível. O emprego de instrumentos adequados de manejo, sanidade, alimentação balanceada e a utilização de aves com alto potencial genético direcionado para crescimento possibilitaram o aperfeiçoamento da atividade e consequentemente, a alta produtividade. Ainda, a produção integrada, que possibilita a parceria entre indústria e avicultores, contribui para a excelência técnica em todas as etapas da cadeia produtiva.

O Brasil, atualmente, desempenha um importante papel na produção, consumo e exportação mundial de carne de frango, mesmo diante da crise econômica e política enfrentada pelo país nos últimos anos. De acordo com dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA)¹, no ano de 2016, a produção brasileira de carne de frango foi estimada em 12,9 milhões de toneladas e as exportações atingiram um total de 6,84 milhões de toneladas.

A produção industrial de pintos de corte é um dos setores de grande importância dentro do cenário da avicultura e destaca-se pelo uso de máquinas altamente desenvolvidas, capazes de simular o choco natural. Trata-se de um processo dinâmico, que exige o equilíbrio entre diversos fatores para que se possa garantir um bom desenvolvimento embrionário e consequentemente, boa qualidade dos pintos eclodidos.

Foi demonstrado pelas pesquisas científicas que os diversos fatores relacionados ao processo de incubação podem influenciar diretamente o crescimento e desempenho das aves², além de refletir também na qualidade física e microbiológica das carcaças destinadas ao consumo humano. Sendo assim, o estudo e constante aprimoramento desse processo são imprescindíveis para a rentabilidade final de todo o segmento avícola.

O incubatório possui como principal objetivo transformar biologicamente ovos férteis em pintos de um dia em quantidade e qualidade desejados, minimizando a incidência de anormalidades e contaminações, de forma a atender às necessidades e expectativas da produção avícola ao menor custo². Nas granjas de criação, esses pintos devem apresentar desempenho zootécnico satisfatório, com alta viabilidade, alta taxa de crescimento, alto rendimento de peito e baixa conversão alimentar³.

A produtividade do processo de incubação pode ser afetada por diversos fatores, entre eles a linhagem genética, a idade da matriz, o tamanho dos ovos incubados, além dos

fatores físicos que devem ser controlados dentro e fora das máquinas de incubação como temperatura, umidade relativa, fluxo de gases e viragem dos ovos⁴.

As modernas técnicas de manejo utilizadas em todas as fases de vida dos frangos de corte são diretamente responsáveis pelo desempenho zootécnico altamente satisfatório das aves. Entre as ferramentas de manejo empregadas na avicultura, destacam-se os programas de luz. A iluminação artificial é utilizada a campo com o objetivo de estimular as atividades biológicas associadas ao crescimento e reprodução⁵.

Durante o processo de incubação artificial, os embriões de frangos de corte se desenvolvem com ausência total de luminosidade no interior das máquinas de incubação e nascedouros. Entretanto, os incubatórios comerciais estão constantemente buscando alternativas que permitam modificar as condições oferecidas aos embriões e que possibilitem o aumento das taxas de eclosão e uniformidade dos pintos de um dia. Neste sentido, a utilização da iluminação artificial durante o período de desenvolvimento embrionário talvez seja uma alternativa viável capaz de maximizar a produtividade dos incubatórios.

Alguns autores já relataram em seus estudos que a estimulação luminosa pode acelerar o desenvolvimento embrionário⁶, aumentar a eclodibilidade⁷ e o peso dos pintos ao nascimento⁸, além de influenciar positivamente o desempenho zootécnico e desenvolvimento muscular de frangos de corte no final do ciclo de produção⁸.

Tendo em vista os possíveis efeitos benéficos decorrentes da fotoestimulação, a utilização de luzes no interior das máquinas de incubação e nascedouros torna-se foco para mais estudos. Sendo assim, objetivou-se com esta pesquisa elucidar a hipótese de que a exposição de embriões de frangos de corte à luz monocromática durante o período de incubação artificial pode influenciar o desenvolvimento embrionário promovendo melhorias no rendimento da incubação e no período pós-eclosão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Incubação artificial de ovos de matrizes pesadas

A incubação artificial é uma etapa fundamental dentro da avicultura, pois permite a produção em larga escala de pintos de um dia para atender a alta demanda do mercado por produtos avícolas.

Os resultados do processo de incubação podem influenciar a rentabilidade final de toda cadeia de produção avícola⁹, uma vez que, o desempenho zootécnico e econômico de um lote de frangos de corte depende diretamente da qualidade do pinto de um dia alojado¹⁰. Sendo assim, a otimização do crescimento e maturação do embrião em desenvolvimento é necessária para que se possa maximizar os resultados no período pós-eclosão¹¹.

O período total de incubação de ovos de matrizes pesadas corresponde a 21 dias, dos quais o embrião em desenvolvimento permanece aproximadamente 18 dias nas incubadoras e em seguida, são transferidos para os nascedouros, onde permanecem até a eclosão¹².

O início do desenvolvimento embrionário ocorre no trato reprodutor das aves, logo após a ocorrência da fertilização¹³. Após a chegada dos ovos no incubatório, os mesmos são estocados sob condições específicas, que permitem a paralisação do desenvolvimento embrionário e o reinício do desenvolvimento ocorre quando os ovos são colocados nas máquinas de incubação sob condições físicas apropriadas¹⁴.

De acordo com Boerjan¹⁵, o desenvolvimento embrionário das aves durante o período de incubação pode ser dividido em três fases principais: diferenciação celular, crescimento e maturação, sendo cada uma dessas fases dependentes de fatores fisiológicos específicos.

Na primeira fase, que ocorre nos primeiros quatro dias de incubação (0 a 96 horas), o embrião se adapta às condições físicas de incubação e reinicia seu desenvolvimento com intensa multiplicação celular, diferenciação das estruturas e definição da espécie¹⁶. Durante o quinto até o 18º dia de incubação ocorre a fase de intenso crescimento embrionário (hipertrofia celular)¹⁷. O último período, que corresponde ao 19º até o 21º dia, ocorrem importantes eventos que condicionam o nascimento do feto: posicionamento da cabeça embaixo da asa direita, perfuração da membrana interna, respiração, perfuração da casca e rompimento da casca para o nascimento¹⁶. Durante esta fase as principais glândulas iniciam a secreção hormonal, promovendo interação entre os órgãos, dentro da cadeia metabólica⁹.

A incubação é um processo extremamente delicado que requer um excelente controle de determinados fatores físicos. As máquinas de incubação devem proporcionar controle preciso de temperatura, fluxo de gases, umidade relativa e viragem dos ovos⁹.

A temperatura do embrião é considerada o fator físico mais importante e que determina o sucesso da incubação comercial de ovos de frangos de corte¹⁸.

Os embriões das aves são considerados animais poiquilotermos¹⁹ e, portanto, dependem basicamente de três fatores: a temperatura da máquina de incubação, a capacidade de dissipação de calor entre o embrião e a máquina e a produção de calor metabólico do embrião²⁰. Sendo assim, é necessário o monitoramento constante da temperatura das máquinas, a fim de se manter a temperatura embrionária adequada para que ocorra o seu desenvolvimento e manutenção de suas funções metabólicas¹⁹.

A faixa de temperatura considerada ideal para que ocorra um bom desenvolvimento embrionário é em torno de 37,5°C à 37,8°C²⁰ ou 37,0°C a 38,0°C²¹ e desvios acima ou abaixo da temperatura ótima podem comprometer o desenvolvimento, reduzindo a eclodibilidade e prejudicando a qualidade dos pintos²².

O crescimento do embrião é diretamente dependente das trocas gasosas²³. Para garantir o suprimento de O₂ e consequente remoção de CO₂, a ventilação dentro das máquinas de incubação se faz necessária⁹.

Uma ventilação adequada é essencial para controlar a taxa de ar fresco introduzido dentro das máquinas, com o objetivo de prover corretos níveis de O₂ e eliminação de CO₂, além de manter apropriada circulação interna de ar, prevenindo temperatura irregular e inadequada concentração de gases tóxicos em torno dos ovos²⁴.

A umidade relativa é outro fator de grande importância durante a incubação e irá determinar as taxas de perda evaporativa de peso do ovo²⁴.

O ovo é constituído por aproximadamente 75% de água²⁵ e durante o desenvolvimento embrionário as reações químicas necessárias para a disponibilização de nutrientes ao embrião produzem água metabólica, aumentando o volume de água presente no interior do ovo²⁶. Uma quantidade desta água precisa ser perdida no decorrer do processo de desenvolvimento embrionário para, principalmente, possibilitar o surgimento da câmara de ar em um dos polos dos ovos²⁷. Esta perda ocorre através de um processo de difusão no qual a água atravessa os poros da casca movendo-se sempre do ponto mais úmido para o ponto mais seco. Portanto, quanto mais seco for o ar em volta do ovo, maior será sua taxa de evaporação²⁸.

Mauldin²⁹ estabeleceu os valores de 12 a 13% como sendo ótimos para a perda de peso total em relação ao peso inicial dos ovos até o momento da transferência, sendo também aceitáveis perdas de 11 a 14%.

Para que se possa atingir a taxa ideal de perda evaporativa os níveis de umidade relativa no microambiente do ovo devem ser de aproximadamente 50 a 55%³⁰ até o momento da transferência dos ovos para os nascedouros. Entretanto, recomenda-se ajustar os níveis de umidade relativa baseado na idade da matriz pesada³¹, uma vez que ovos produzidos por matrizes velhas são maiores, apresentam a casca mais fina e com maior número de poros, facilitando as trocas de gases e vapor de água entre o embrião e o meio ambiente e, conseqüentemente, aumentando o valor de umidade relativa no interior da máquina de incubação. O inverso ocorre com os ovos produzidos por matrizes jovens, que são geralmente menores, com casca mais espessa e menor quantidade de poros, dificultando as perdas evaporativas e conseqüentemente, exigindo menores valores de umidade relativa^{32,33}.

A viragem dos ovos durante a incubação também influencia o rendimento da incubação artificial³⁴. Os principais objetivos da viragem dos ovos durante a incubação são reduzir o mau posicionamento embrionário, prevenir a adesão do embrião nas membranas da casca e garantir a utilização adequada do albúmen¹⁹. Recomenda-se que a viragem dos ovos seja realizada a cada hora em um ângulo de 45° em relação ao eixo horizontal³⁴.

As seleções genéticas provocaram intensas modificações nos frangos de corte modernos, alterando principalmente o metabolismo embrionário²⁸. As altas taxas de biossíntese tecidual têm relação direta com a produção de calor metabólico, ou seja, como resultado do alto potencial de crescimento a produção de calor metabólico das linhagens modernas é bem mais elevada se comparada as linhagens passadas³⁵, fazendo com que os requerimentos físicos e químicos durante o processo de incubação sejam mais específicos²⁸. Sendo assim, o principal desafio da incubação artificial moderna é obter máquinas de incubação capazes de atender as demandas biológicas e físicas dos ovos das atuais linhagens⁹.

Atualmente, existem dois principais sistemas de incubação artificial que podem ser utilizados nos incubatórios comerciais: estágio múltiplo e estágio único. No sistema de incubação em estágio múltiplo uma mesma máquina é utilizada para comportar embriões em diferentes estágios de desenvolvimento³⁶. Na incubação em estágio único a máquina é carregada completamente a cada ciclo, de modo que todos os embriões contidos em uma máquina estejam no mesmo estágio de desenvolvimento embrionário³⁷.

Os dois sistemas possuem características particulares, entretanto, as máquinas de estágio único vêm ganhando mercado por serem consideradas mais produtivas, uma vez que

conseguem atender melhor às necessidades fisiológicas dos embriões¹². Como os ovos são incubados com a mesma idade, os parâmetros físicos requeridos durante a incubação podem ser ajustados ao longo do período de incubação baseando-se nas mudanças fisiológicas ocorridas em cada fase de desenvolvimento embrionário³⁸. Sendo assim, as máquinas de estágio único são capazes de proporcionar ao embrião melhor aproveitamento dos nutrientes, maturação dos órgãos e, conseqüentemente, melhorar o rendimento de todo processo de incubação³⁹.

2.2. A luz na produção de frangos de corte

A iluminação é um dos fatores ambientais fundamentais no controle de diversos processos fisiológicos e comportamentais das aves⁴⁰, pois permite que os animais possam estabelecer ritmicidade, sincronizar diversas funções essenciais do seu organismo e também estimular a secreção de vários hormônios relacionados ao crescimento, maturação e reprodução⁴¹.

Na produção comercial de frangos de corte, a utilização eficiente de um período de iluminação tem como principal objetivo permitir a adaptação das aves nos primeiros dias de vida, estimular o crescimento e maximizar o consumo de alimento e água, uma vez que o comportamento e desenvolvimento das aves são influenciados por sua visão⁴².

As aves são animais que possuem o sistema visual altamente desenvolvido⁴³. A percepção da luz ocorre em função de dois tipos de células fotorreceptoras na retina, os cones, que estão localizados na região central e bastonetes, encontrados nas regiões periféricas. Essas células são ligadas a uma fibra nervosa e toda informação visual proveniente do meio externo é captada e transformada em estímulos elétricos que chegam ao cérebro, produzindo imagens e permitindo a percepção das cores⁴².

A capacidade de visão das aves é bem superior a dos humanos, no qual possuem uma visão denominada tricromática (comprimentos de onda curto, médio e longo) com apenas três tipos de células cones. Já as aves, possuem uma visão tetracromática, com quatro tipos de células cones, que as permitem perceber comprimentos de onda de 370nm (UV) a 445nm⁴⁴.

Além da percepção da luz pela retina, as aves podem detectar a luz através da glândula pineal, que está localizada na superfície dorsal do cérebro⁴⁵. A pineal possui células secretoras, que produzem o hormônio melatonina, um potente antioxidante, que possui ação similar à da vitamina E, atuando na destruição de radicais livres no organismo⁴⁶. Além disso, este hormônio possui ação nos sistemas cardiopulmonar, reprodutivo, excretório, termoregulatório, imunológico e no comportamento das aves⁴⁷.

A produção de melatonina, entretanto, é inibida pela luz e estimulada pelo escuro, sendo que em períodos de luz a produção é sempre baixa e durante o período de escuro, eleva-se a produção⁴⁸. Zeman e Ilinerova⁴⁹ demonstraram que a atividade da N-acetiltransferase na pineal, enzima responsável pela conversão da serotonina em N-acetilserotonina na via de biossíntese da melatonina, apresenta um ritmo de atividade determinado pelos ciclos de luz e escuro diários.

Os programas de luz que podem ser estabelecidos durante o período de crescimento de frangos de corte são fundamentais para o bom desempenho e bem estar dos animais e podem ser classificados em programas de luz contínua, intermitente e crescente⁵⁰.

O uso de um programa de luz contínuo tem sido uma prática comum na avicultura industrial, uma vez que possibilita a maximização do crescimento e a ingestão de alimentos⁵¹. Porém, programas de luz alternativos que permitam períodos de escuro passaram a ser considerados, devido a preocupações com o bem-estar dos animais e com possíveis economias de energia dentro da produção⁵².

Períodos de escuro durante o ciclo de produção possibilitam a síntese do hormônio melatonina, além de possibilitar um tempo de descanso para as aves e melhoria na conversão alimentar e uniformidade do lote, proporcionando menores taxas de mortalidade e redução de problemas locomotores⁵³.

No programa de luz intermitente ocorrem ciclos repetidos de luz e escuro dentro de um período de 24 horas e acredita-se que esses ciclos possibilitam melhor sincronização do consumo de alimentos com a passagem do bolo alimentar pelo trato digestório dos frangos. Além disso, durante o período escuro do ciclo, a produção de calor é reduzida⁵⁴.

No programa de luz crescente o fotoperíodo é aumentado com o aumento da idade da ave. O estímulo luminoso curto na fase inicial de vida das aves visa propiciar a redução no consumo de ração e na taxa de ganho de peso, sem afetar o desenvolvimento esquelético, possibilitando ao esqueleto suportar o desenvolvimento da massa muscular⁵⁴.

Além do tipo de programa de luz, a fonte de luz e a intensidade luminosa utilizadas podem também influenciar de alguma forma o desempenho dos animais⁵⁵. Com relação a fonte luz, as lâmpadas do tipo incandescentes foram as primeiras utilizadas nos sistemas de iluminação artificial dos aviários, entretanto, são consideradas pouco eficientes por emitirem pouca luz e produzirem muito calor. Dessa forma, as lâmpadas do tipo fluorescentes substituíram as incandescentes, uma vez que, possuem melhor eficiência luminosa e podem reduzir o custo de energia elétrica em até 70%⁵⁶.

Nos últimos anos, as lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) vem sendo gradativamente empregada na produção de frangos de corte. Segundo Mendes et al.⁴² as lâmpadas de LED possuem alta eficiência luminosa e podem ser empregadas em diferentes cores. Além disso, possuem baixo custo de energia elétrica, longo tempo de vida útil e ainda são consideradas um tipo de iluminação sustentável, pois não utilizam materiais considerados danosos ao meio ambiente⁵⁷.

A intensidade luminosa é outro fator importante a ser considerado na produção de frangos de corte e um desempenho satisfatório depende da correta intensidade luminosa empregada nos galpões⁴². Recomenda-se utilizar uma intensidade luminosa de 25 lux (lúmens/m²) na primeira semana e após sete dias diminuir gradativamente a intensidade da luz para cinco a 10 lux⁵³.

2.3. A luz durante a incubação artificial

Nos incubatórios comerciais, os ovos de matrizes pesadas são incubados em máquinas com ausência total de luminosidade. Sob condições naturais, entretanto, os embriões das aves podem receber algum tipo de estímulo luminoso nos momentos em que a ave deixa o ninho para se alimentar ou desempenhar outras funções⁵⁸. Porém, não existem informações precisas na literatura sobre a quantidade de luz que os embriões recebem durante a incubação natural que poderiam servir para determinar um padrão de iluminação ideal para a incubação artificial⁵⁹.

Foi demonstrado que a presença de luz artificial durante o período de incubação de ovos de frangos de corte pode acelerar o desenvolvimento dos embriões e consequentemente, influenciar no rendimento de todo processo de incubação⁶⁰. Além disso, a influência da estimulação luminosa durante a incubação pode persistir durante a fase pós-eclosão, melhorando o crescimento das aves e características de carcaça⁸.

Os mecanismos fisiológicos pelos quais a luz pode estimular o crescimento e desenvolvimento dos embriões das aves estão relacionados principalmente com o aumento do metabolismo embrionário⁶¹.

Durante os primeiros dois dias de desenvolvimento embrionário, a luz pode atuar estimulando o processo de mitose da crista neural, acelerando o fechamento do tubo neural (estágio 7 da classificação de desenvolvimento embrionário de Hamburger-Hamilton (H-H))⁶² e consequentemente, o desenvolvimento dos sômitos⁶¹. Em estudo conduzido por Ghatpande et

al.⁶³ foi constatado que a utilização de luzes do tipo fluorescentes durante as primeiras 40 horas do período de incubação acelerou a morfogênese em embriões de frangos de corte.

Os resultados encontrados por Shafey⁶⁰ indicaram que a fotoestimulação durante a incubação aumentou o peso absoluto e também o ganho de peso diário dos embriões. O autor afirma que a estimulação com a luz promoveu alterações no metabolismo embrionário, favorecendo a utilização dos nutrientes presentes no ovo e, conseqüentemente, promovendo um crescimento mais acelerado dos embriões incubados na luz em comparação com os incubados no escuro.

A exposição de embriões à luz também pode exercer efeitos específicos no crescimento muscular, estimulando a proliferação e diferenciação das células satélites e permitindo uma maior uniformidade das fibras musculares no período pós-eclosão⁶⁴.

As fibras musculares são formadas a partir da camada mesodérmica do embrião, em que células progenitoras dão origem aos mioblastos mononucleados. Os mioblastos, por sua vez, proliferam e fundem-se, dando origem a fibra muscular cilíndrica e multinucleada⁶⁵.

O número total de fibras musculares é definido ainda no período embrionário, sendo que após a eclosão novas fibras não são formadas⁶⁴. Entretanto, o músculo esquelético possui capacidade de crescimento e reparação, através da divisão mitótica das células satélites, que podem servir como fonte de novos núcleos para a fibra muscular⁶⁵.

Durante o desenvolvimento embrionário, alguns mioblastos que não formaram fibras musculares, permanecem localizados próximos às fibras já formadas e passam a ser denominados de células satélites⁶⁵. Estas células são mitoticamente ativas e podem se proliferar, diferenciar e fundir com as fibras adjacentes promovendo a hipertrofia muscular durante o período pós-natal⁶⁶. A atividade mitótica das células satélites é um importante parâmetro para se avaliar o crescimento muscular e a maior atividade no período logo após a eclosão irá resultar em uma maior musculatura na fase de maturidade de frangos de corte⁶⁷.

O desenvolvimento da musculatura esquelética durante a embriogênese é mediada por fatores de transcrição (MyoD), que são essenciais para a ativação, proliferação e diferenciação das células satélites⁶⁸. Em estudo conduzido por Zhang et al.⁶⁹ os níveis de mRNA de MyoD da musculatura do peito aumentou significativamente a partir do décimo sétimo dia de desenvolvimento embrionário até o terceiro dia pós-eclosão, indicando que a estimulação com luz verde durante o desenvolvimento embrionário aumentou a proliferação e diferenciação das células satélites.

A estimulação luminosa durante o período de incubação também pode influenciar o crescimento embrionário através do desenvolvimento e regulação das funções do eixo hipotálamo-hipófise-tireoide^{70,71}.

Os hormônios neuroendócrinos exercem diversos efeitos no metabolismo através da regulação do crescimento somático e da composição corporal das aves e a estimulação luminosa pode influenciar o crescimento embrionário através da estimulação da secreção dos hormônios dos eixos tireotrófico e somatotrófico⁷².

Entre os hormônios, que são considerados fundamentais para o crescimento e desenvolvimento destacam-se a triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), secretados pela glândula tireoide, e o hormônio do crescimento (GH), secretado pela hipófise⁷³.

Os hormônios da tireoide são considerados os mais importantes no controle do crescimento e do desenvolvimento das diversas estruturas corporais⁷⁴. O aumento nos níveis destes hormônios pode acelerar os diversos mecanismos de controle do crescimento e o desenvolvimento de um grande número de órgãos, como o cérebro e o fígado, e a estrutura esquelética⁷¹.

A secreção dos hormônios tireoidianos é induzida pelo hormônio estimulador da tireoide (TSH), que por sua vez, é produzida pela glândula hipófise e suas concentrações plasmáticas podem ser detectadas a partir do quarto e quinto dias de desenvolvimento embrionário⁷⁵. Entretanto, a glândula tireoide só se torna ativa ao final da primeira semana de incubação e as concentrações plasmáticas dos hormônios tireoidianos podem ser detectadas apenas a partir do nono dia de desenvolvimento embrionário⁷⁶.

Na fase final do período de incubação, a concentração plasmática de T₃ aumenta drasticamente seguido pelos níveis de T₄⁷⁷. Este aumento promove não só a estimulação do crescimento, como também, regula diversos processos relacionados a eclosão, como a retração do saco vitelino e a transição para a respiração pulmonar⁷⁶.

Em estudo conduzido por Khalil⁷⁸ observou-se uma elevação de aproximadamente 44% na concentração plasmática do hormônio T₃ em embriões expostos à luz durante a incubação, indicando que ocorre uma elevação na secreção hormonal em situação de estímulo luminoso. Portanto, o aumento dos níveis de hormônios tireoidianos podem ser positivamente correlacionados com o aumento da taxa metabólica, desenvolvimento e diferenciação das estruturas corporais em embriões de aves⁷⁹.

O hormônio do crescimento (GH) é outro hormônio que está diretamente relacionado com o crescimento e desenvolvimento dos embriões das aves⁸⁰ e é secretado pelas células somatotróficas da hipófise anterior. Segundo Bell et al.⁸¹ o GH estimula a divisão

celular, crescimento do esqueleto e o anabolismo proteico. Além disso, este hormônio exerce efeitos metabólicos importantes como elevação da taxa de oxidação de gorduras e inibição do transporte de glicose para os tecidos periféricos.

A circulação do GH é necessária para que ocorra um crescimento e desenvolvimento normal tanto durante o período embrionário, quanto no período pós-eclosão⁷². Alguns estudos demonstraram que a presença da luz durante o período pós-eclosão estimula a secreção de GH pelas células somatotróficas da pituitária⁸². Da mesma forma, foi constatado em estudo conduzido por Zhang et al.⁷², que a estimulação com luz verde durante a incubação promoveu uma elevação dos níveis plasmáticos de GH nos embriões desde o 19º dia de desenvolvimento embrionário até o quinto dia pós-eclosão, sugerindo que as células somatotróficas da pituitária são sensíveis a estimulação luminosa na fase final do período de incubação e este efeito permanece durante os primeiros dias pós-eclosão podendo otimizar o crescimento das aves.

A melatonina é um hormônio secretado pela glândula pineal, com propriedades antioxidantes⁴⁶ e que possui mecanismo de ação em diversos sistemas do organismo das aves⁴⁷.

Em estudo conduzido por Pang et al.⁴⁷, foi encontrado que o pico de concentração de melatonina em frangos de corte ocorre dois dias após a eclosão. Apesar de o pico ser detectado somente no período pós-eclosão, a partir do décimo dia de desenvolvimento embrionário já é possível detectar a presença da melatonina nos tecidos embrionários⁸³. Na fase final de incubação, os embriões já são capazes de estabelecer um ritmo de secreção, o que indica a participação deste hormônio em resposta ao estresse do nascimento e ao estabelecimento do metabolismo aeróbico e à termorregulação⁴⁷.

Quando a luz penetra na casca do ovo, esta é captada pelas células da retina e glândula pineal, estimulando o início da síntese de melatonina⁵⁹. A fotoestimulação durante o período de desenvolvimento embrionário pode influenciar o ritmo de secreção de melatonina na fase final da incubação e nos primeiros dias pós-eclosão⁸⁴. O estabelecimento de um ritmo de secreção deste hormônio ainda na fase de embriogênese pode ter efeitos no comportamento e fisiologia dos animais pós-eclosão através dos efeitos epigenéticos⁸⁵.

Özkan et al.⁸⁴ provaram que a incubação no escuro não promoveu um ritmo de secreção de melatonina no momento da eclosão, entretanto, um fotoperíodo de 16 horas de luz e 8 de escuro durante todo o período de incubação foi capaz de promover um ritmo de secreção. Da mesma forma Archer e Mench⁸⁶ encontraram que foi estabelecido um ritmo de secreção de melatonina no final de período de incubação em embriões incubados em fotoperíodos de 6 horas de luz e 18 de escuro e também de 12 horas de luz e 12 de escuro.

2.4. Efeitos da fotoestimulação no rendimento da incubação

Os primeiros estudos com o objetivo de avaliar o efeito da estimulação com luz sobre o desenvolvimento dos embriões de frangos de corte foram reportados na década de 60. Shutze et al.⁸⁷, encontraram que embriões expostos à luz branca durante a incubação anteciparam o nascimento um dia em relação aos embriões incubados no escuro e até oito horas em relação aos que receberam luzes coloridas.

Siegel et al.⁸⁸ também observaram que o estímulo luminoso contínuo durante a incubação causa uma redução na duração do período de incubação quando comparado com a incubação realizada no escuro. Além disso, foi concluído que a estimulação com luz durante a primeira semana de desenvolvimento embrionário causa efeitos mais pronunciados. Segundo Cooper et al.⁶¹ a taxa e o mecanismo de fotoaceleração variam de acordo com o estágio de desenvolvimento embrionário, sendo que estímulo luminoso durante a fase inicial de desenvolvimento acarretam em uma taxa de desenvolvimento mais acelerada. Se o estímulo for na fase intermediária do período de incubação, a taxa de crescimento será menos acelerada e o estímulo na fase final de incubação não gera efeitos aparentes sobre o desenvolvimento embrionário.

Em trabalho conduzido por Fairchild e Chistensen⁸⁹, foi encontrado que a estimulação luminosa durante a incubação pode ser utilizada como ferramenta para reduzir o período total de nascimento. Essas conclusões foram baseadas em estudo realizado com perus, no qual foi observado que a estimulação com luz branca promoveu uma aceleração do processo de nascimento das aves, reduzindo em 12 horas o período total de incubação, sem afetar, no entanto, a eclodibilidade.

Shafey⁶ observou que a incubação com estímulo luminoso de ovos de matrizes de diferentes linhagens comerciais de poedeiras aumentou o crescimento diário em 3,9% e a eclodibilidade em 5,9% quando comparada com a incubação no escuro.

Em estudo realizado com ovos de codornas, Khalil⁷⁸ encontrou maior percentual de eclodibilidade, peso vivo relativo, peso relativo de fígado, coração e moela e menor percentual de embriões com mortalidade no período final de incubação no tratamento que recebeu luz branca durante a incubação.

Veterany et al.⁹⁰ testaram o uso de luz monocromática durante a incubação de ovos de frangos de corte e encontraram que a luz vermelha promoveu maior eclodibilidade do que a luz azul.

Algumas controvérsias, entretanto, podem ser encontradas na literatura com relação aos efeitos do estímulo luminoso durante o período de desenvolvimento embrionário sobre a eclodibilidade e respostas fisiológicas.

Isakson et al.⁹¹ reportou efeitos negativos da luz sobre o metabolismo da glicose em embriões submetidos a tratamento com luz em comparação a embriões submetidos ao escuro.

Bowling et al.⁹² encontrou que a exposição à luz durante a incubação reduziu a eclodibilidade de ovos da linhagem Leghorn branca. Zakaria⁹³ não observou nenhuma melhora no percentual de eclodibilidade de ovos de matrizes pesadas de frangos de corte submetidos a luz durante o período de desenvolvimento embrionário.

Foi encontrado alto percentual de mortalidade embrionária, redução da eclodibilidade e baixo peso vivo dos pintos neonatos e má formação de pernas e olhos em um estudo com ovos de frangos de corte submetidos a incubação com estímulo de luz branca⁹⁴. Além disso, neste mesmo estudo foi relatado que o impacto do estímulo luminoso durante a incubação é mais acentuado utilizando luz contínua do que utilizando a luz em períodos intervalados.

Gill e Gangwar⁹⁵ observaram que a presença de luz na máquina de incubação reduziu a eclodibilidade e em vários outros estudos foi concluído que a estimulação luminosa durante a incubação é ineficaz na melhora do rendimento da incubação^{93,96,99,97}.

2.5. Efeitos da fotoestimulação no período pós-eclosão

Com relação aos efeitos da fotoestimulação durante a embriogênese no período pós-eclosão, Halevy et al.⁶⁴ observaram aumento no ganho de peso, calculado como percentual em relação ao peso do ovo, e crescimento muscular de frangos de corte que foram submetidos à exposição de luz verde e azul durante a incubação. Estes resultados tiveram alta correlação com o número de células musculares satélites, levando os autores a hipótese de que a exposição embrionária a luzes monocromáticas afetam a proliferação das células satélites. Os resultados encontrados neste estudo indicam um efeito estimulatório da luz verde no desenvolvimento muscular esquelético. Este efeito estimulatório foi específico para células mioblásticas, melhorando a sua proliferação, diferenciação e consequentemente, alterando o padrão de formação das fibras musculares.

De acordo com Harvey e Marshall⁹⁸, a estimulação luminosa durante o período de incubação promove a proliferação e crescimento das células satélites na fase final de

desenvolvimento embrionário e estimula os processos iniciais de hipertrofia das células musculares na fase pós eclosão.

Da mesma forma, Stojanovic⁹⁹, encontrou que a exposição de embriões de frangos de corte à luz monocromática verde durante a incubação influencia a musculatura esquelética dos embriões em desenvolvimento. Segundo o autor, houve um prolongamento da proliferação de mioblastos e aceleração do crescimento das células musculares do peito durante o período pós-natal.

Com o objetivo de avaliar a influência da estimulação com luz durante a incubação no desempenho zootécnico de frangos de corte, Rozenboim et al.⁸ observaram que as aves que foram estimuladas com luz verde e azul durante o desenvolvimento embrionário apresentaram maior taxa de crescimento associado com um aumento do peso do peito, quando comparado com os frangos que não receberam estímulo luminoso durante a incubação. Resultados semelhantes foram encontrados em frangos de corte por Wabeck e Skoglund¹⁰⁰ e também em codornas por Phogat et al.¹⁰¹.

Rozenboim et al.^{8,97} concluíram que a utilização de luz monocromática verde durante o período de desenvolvimento embrionário melhora o desempenho a campo de frangos de corte e perus. Recentemente, Zhang et al.⁶⁹ encontraram resultados semelhantes, no qual a estimulação contínua com luz monocromática verde do tipo LED durante o período de embriogênese aumentou o peso vivo e o crescimento do músculo peitoral de frangos de corte.

A estimulação luminosa durante o desenvolvimento embrionário pode melhorar a produtividade do incubatório e também promover benefícios relacionados, principalmente, ao crescimento da musculatura do peito. Entretanto, mais pesquisas precisam ser realizadas para que seja possível estabelecer qual o tipo, cor e intensidade de luz, além da fase e condições embrionárias necessárias para que o uso da luz no interior das máquinas de incubação e nascedouros se torne uma rotina nos incubatórios comerciais.

3. REFERÊNCIAS

1. ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2017. [acesso 10 abr de 2017]. Disponível em: www.abpabr.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais.
2. Tona K, Bamelis F, De Ketelaere B, Bruggeman V, Moraes VMB, Buyse J, Onagbesan O, Decuypere E. Effects of egg storage time on spread of hatch, chick quality and chick juvenile growth. *Poult Sci*. 2003;82:736-741.
3. Decuypere E, Bruggeman V. The endocrine interface of environmental and egg factors affecting chick quality. *Poult Sci*. 2007;86:1037-1042.
4. Yalçın S, Abuk MC, Bruggeman V, Babacanoglu E, Buyse J, Decuypere E, Siegel PB. Acclimation to heat stress during incubation: 1. Effects on embryonic morphological traits, blood biochemistry, and hatching performance. *Poult Sci*. 2008;87:1219-1228.
5. Özkan S, Yalcin S, Babacanoglu E, Uysal S, Karadağ F, Kozanoglu H. Photoperiodic lighting (16 h of light: 8 h of dark) programs during incubation: 2. Effects on early posthatching growth, blood physiology and production performance in broiler chickens in relation to posthatching lighting programs. *Poult Sci*. 2012;91:2922-2930.
6. Shafey TM. Effect of lighted incubation on embryonic growth and hatchability performance of two strains of layer breeder eggs. *Br Poult Sci*. 2004;45(2):223-229.
7. Shafey TM, Al-mohsen TH. Embryonic growth, hatching time and hatchability performance of meat breeder eggs incubated under continuous green light. *Asian-Aust J Anim Sci*. 2002;12:1702-1707.
8. Rozenboim I, Piestun Y, Mobarkey N, Barak M, Hoyzman A, Halevy O. Monochromatic light stimuli during embryogenesis enhance embryo development and posthatch growth. *Poult Sci*. 2004;83:1413-1419.
9. Calil TAC. Princípios básicos de incubação. Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas; 2007; Santos, Brasil. São Paulo: FACTA; 2007.
10. Schmidt GS, Figueiredo EAP, Avila VS. Incubação: efeito da qualidade do pinto no desempenho pós nascimento. [acesso 23 dez de 2016]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/961583/incubacao-efeito-da-qualidade-do-pinto-no-desempenho-pos-nascimento>
11. Hulet RM. Symposium: managing the embryo for performance. Managing incubation: where are we and why? *Poult Sci*. 2007;86:1017-1019.
12. Moro D. Conceitos sobre sistemas de incubação: etapa única x etapa múltipla e o conceito de bio-resposta. Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas; 2007; Santos, Brasil. São Paulo: FACTA; 2007.p.81-88.
13. Christensen VL. Factors associated with early embryonic mortality. *World's Poult Sci J*. 2001;57:359-372.
14. Fasenko GM. Egg storage and the embryo. *Poult Sci*. 2007;86:1020-1024.

15. Boerjan M. Incubation for uniformity. *Aust Poult Sci.* 2006;18:174-181.
16. Gonzales E. Análise de problemas de eclodibilidade e fertilidade de plantéis avícolas por métodos de embriodiagnóstico. X Congresso Nacional de Zootecnia – Zootec. Campo Grande, Brasil; 2005. [acesso 15 jan 2017]. Disponível em: http://www.abz.org.br/files.php?file=documentos/Elisabeth_910013612.
17. Wilson HR. Effects of maternal nutrition on hatchability. *Poult Sci.* 1997;76:134-143.
18. Lourens A, Brand HVD, Heetkamp MJW, Meijerhof R, Kemp B. Effects of eggshell temperature and oxygen concentration on embryo growth and metabolism during incubation. *Poult Sci.* 2007;86:2194-2199.
19. Wilson HR. Physiological requirements of the developing embryo: temperature and turning. In: *Avian Incubation. Poult Sci Symposium.* 1991;22:145-156.
20. French NA. Modeling incubation temperature: The effects of incubator design, embryonic development and egg size. *Poult Sci.* 1997;76:124-133.
21. Smit LD, Bruggeman V, Debonne M. The effect of nonventilation during early incubation on the embryonic development of chicks of two commercial broiler strains differing in ascites susceptibility. *Poult Sci.* 2008;87:551-560.
22. Leksrisompong N, Romero-Sanchez H, Plumstead PW. Effect of elevated temperature during late incubation on body weight and organs of chicks. *Poult Sci.* 2007;86:2685-2691.
23. Oviedo-Rondón EO, Murakami AE. Fatores que interferem no desenvolvimento embrionário e seus efeitos nos problemas metabólicos pós-eclosão em frangos de corte. *Acta Sci.* 1998;3:373-382.
24. Tullett SG, Burton FG. Factors affecting the weight and water status of the chick at hatch. *Br Poult Sci.* 1982;23:361-369.
25. Benites CI, Furtado PBS, Seibel NF. Características e aspectos nutricionais do ovo. In: Souza-Soares LA, Siewedt F. *Aves e ovos.* Pelotas: Ed. Da Universidade UFPEL; 2005. p.57-64.
26. Ar A, Rahn H. Water in the avian egg: overall budget of incubation. *Am Zoologist.* 1980;20:373-384.
27. Meijerhof R. Princípio da perda de umidade durante a incubação. Hatchtech Tecnologia de Incubação; 2008. [acesso 15 abr 2017]. Disponível em: <http://www.hatchtech.nl/html/br/pdf/articles/Principio%20da%20perda%20de%20umidade%20durante%20a%20incubacao.pdf>.
28. Decuyper E, Tona K, Bruggeman V, Bamelis F. The day-old chick: a crucial hinge between breeders and broilers. *World's Poult Sci J.* 2001;57:127-138.
29. Mauldin JM. Measuring incubation moisture weight loss. *International Hatchery Practice.* 1993; 8:47.
30. Boerjan M. Perfil ideal de perda de peso durante a incubação. **Revista Avisite** [online], 2011. [acesso 20 jun 2017]. Disponível em: www.avisite.com.br.

31. French NA; Tullett SG. Variation in the eggs of various poultry species. In: Tullett SG. (Ed.). Avian incubation. London: Butterworth-Heinemann; 1991. p.59-77.
32. WILSON, H.R. Interrelationships of egg size, chick size, posthatching growth and hatchability. World's Poult. Sci. J., v.47, p.5-20, 1991.
33. Ribeiro BRC, Lara LJC, Baião NC. Efeito do nível de ácido linoléico na ração de matrizes pesadas sobre o peso, composição e eclosão dos ovos. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 2007; 59:789-796.
34. Decuypère E, Malheiros RD, Moraes VMB, Bruggeman V. Fisiologia do embrião. In: Macari M, Gonzales E, Patrício IS, Naas IA, Martins PC. Manejo da incubação. 3 ed. Campinas: FACTA; 2003.p.65-94.
35. Boerjan M. Early embryogenesis of the chick. Post Graduation Course in Incubation biology and management. University of Wageningen, Holland. 2006.
36. Gonzales E. Estágio múltiplo vs único de incubação artificial de ovos. Revista Avicultura Industrial; 2009. [acesso 20 mar 2017]. Disponível em: http://www.aviculturaindustrial.com.br/noticia/incubacao/20090831081247_Y_742.
37. Calil TAC. Incubação estágio único e estágio múltiplo. Simpósio Goiano de Avicultura; 2009. Goiânia, Brasil.
38. Bennett B. Single stage vs. multi stage. The customer newsletter of jamesway incubator company; 2010. [acesso 15 abr 2017]. Disponível em: <http://www.jamesway.com/images/stories/hatchtalk/june2010.pdf>.
39. Wineland MJ, Oviedo-Rondon EO. Single stage incubation systems versus multi stage incubation systems. 9^{no} Seminario de Actualización Avícola de Amevea; 2010. Colón, Argentina. [acesso 20 abr 2017]. Disponível em: <http://en.engormix.com/MA-poultryindustry/management/forums/single-stage-incubation-systems-t4787/124-p0.htm>.
40. Zheng L, Ma YE, Gu LY, Yuan D, Shi ML, Guo XY, Zhang XA. Growth performance, antioxidant status, and nonspecific immunity in broilers under different lighting regimens. J Appl Poult Res. 2013;22:798-807.
41. Olanrewaju HA, Thaxton JP, Dozier III WA, Purswell J, Roush WB, Branton SL. A review of lighting programs for broiler production. Int J Poult Sci. 2006;5:301-308.
42. Mendes AS, Reffati R, Restelatto R, Paixão SJ. Visão e iluminação na avicultura moderna. Rev Bras Agroc. 2010;16:05-13.
43. Lewis PD, Morris TR. Poultry and coloured light. Worlds Poult Sci J. 2000;56:189-207.
44. Prescott NB, Wathes CM, Spectral sensitivity of the domestic fowl (*Gallus g. domesticus*). Br Poult Sci. 1999;40(3):332-339.
45. Abreu VMN, Abreu PG. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. Rev Bras Zoot. 2011;40(1):1-14.

46. Acuña-Castroviejo D, Crespo E, Martin M. Melatonin as a cell neuroprotector: experimental and clinical studies. *J Physiol Biochem.* 1997;53(1):54.
47. Pang SF, Pang CS, Poon AMS. An overview of melatonin and melatonin receptors in birds. *Poult Avian Biol Rev.* 1996;7(4):217-228.
48. Nakahara K, Murakami N, Nasu T, Kuroda H, Murakami T. Involvement of protein kinase A in the subjective nocturnal rise of melatonin release by chick pineal cells in constant darkness. *J Pineal Res.* 1997;23:221-229.
49. Zeman M, Ilnerova H. Ontogeny of N-acetyltransferase activity rhythm in pineal gland of chick embryo. *Comp Biochem Physiol A Comp Physiol.* 1990;97:175-178.
50. Vandenberg C, Widowski TM. Hens preferences for Sodium or low-intensity high intensity pressure. *Appl Poult Sci.* 2000; 9:172-179.
51. Özkan S, Bayram A. Effects of a 16-hour light, 8-hour dark lighting schedule on behavioral traits and performance in male broiler chickens. *J Appl Poult Res.* 2010;19:263-273.
52. Lewis P, Morris T. Lighting for broilers. *Poultry Lighting: The Theory and Practice.* Northcot. 2006;145-148.
53. COBB. Suplemento: Manejo de Frangos de Corte, Cobb Vantress, 2012.
54. Gewehr CE, Cotta JTB, Oliveira AIG, Freitas, HJ. Efeitos de programas de iluminação na produção de ovos de codornas (*Coturnix coturnix*). *Ciênc Agrotec.* 2005;29(4):857-865.
55. Lewis PD, Perry GC, Sherwin CM. Effect of photoperiod and light intensity on the performance of intact male turkeys. *Anim Sci.* 1998;66(10):759-767.
56. Araujo WAG, Albino LFT, Tavernari FC, Gody MJS. Programa de luz na avicultura de postura. *Avicult Ind.* 2011;52:5865.
57. Marteleto DC. Avaliação do diodo emissor de luz (LED) para iluminação de interiores. [Monografia]. Rio de Janeiro: Departamento de Energia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.
58. Rogers LJ. Environmental influences on development of the embryo. In: Rogers LJ. The development of brain and behavior in the chicken. Wallingford: CAB Publishing; 1996.p.52.
59. Archer GS, Mench JA. Natural incubation patterns and the effects of exposing eggs to light at various times during incubation on post-hatch fear and stress responses in broiler (meat) chickens. *Appl Anim Behav Sci.* 2014;152:44-51.
60. Shafey TM. Effect of lighted incubation on embryonic growth and hatchability performance of two strains of layer breeder eggs. *Br Poult Sci.* 2004;45(2):223-229.
61. Cooper CB, Voss MA, Ardia DR, Austin SH, Robinson WD. Light increases the rate of embryonic development: implications for latitudinal trends in incubation period. *Br Ecol Soc.* 2011;25:269-776.

62. Hamburger V, Hamilton HL. A series of normal stages in the development of the chick embryo. *J of Morph.* 1951;88:49-92.
63. Ghatpande A, Ghatpande S, Khan MZ (1995) Effect of different intensities of fluorescent light on the early development of chick embryos in ovo. *Cell Mol Biol Res.* 1995;41:613-621.
64. Halevy O, Piestun Y, Rozenboim I, Yablonka-Reuveni Z. In ovo exposure to monochromatic green light promotes skeletal muscle cell proliferation and affects myofiber growth in posthatch chicks. *Am J Physiol.* 2006;290:1062-1070.
65. Rehfeldt C, Fiedler I, Dietl G, Ender K. Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. *Livest Prod Sci.* 2000;66:177-188.
66. Allen RE, Goll DE. Cellular and developmental biology of skeletal muscle as related to muscle growth. In: *Biology of growth of domestic animals.* Iowa: CG Scanes; 2003.p.148-169.
67. Moore DT, Ferket PR, Mozdziak PE. The effect of early nutrition on satellite cell dynamics in the young turkey. *Poul Sci.* 2005;84:748-756.
68. Schultz E, McCormick KM. Skeletal muscle satellite cells. *Reviews of Phys., Bioch and Pharm.* 1994;123:213-257.
69. Zhang L, Zhang HJ, Wang J, Wu SG, Qiao X, Yue HY, Yao JH, Qi GH. Stimulation with monochromatic green light during incubation alters satellite cell mitotic activity and gene expression in relation to embryonic and posthatch muscle growth of broiler chickens. *Anim.* 2014;8(1):86-93.
70. Ottenweller JE, Hedge GA. Diurnal variations of plasma thyrotropin, thyroxine, and triiodothyronine in female rats are phase shifted after inversion of the photoperiod. *Endocrinol.* 1982;111:509-514.
71. Deuchar E. The effect of high temperature shock on early morphogenesis in the chick embryo. *J of Anat.* 1952;80:443-459.
72. Zhang L, Wu S, Wang J, Qiao X, Yue H, Yao J, Zhang H, Qi G. Changes of plasma growth hormone, insulin-like growth factors-I, thyroid hormones, and testosterone concentrations in embryos and broiler chickens incubated under monochromatic green light. *Ital J Anim Sci.* 2014;13:530-535.
73. Decuypere E, Buyse J, Buys N. Ascites in broiler chickens: exogenous and endogenous structural and functional causal factors. *World Poul Sci J.* 2000;56:367-376.
74. Lawrence TLJ, Fowler VR. Hormonal, genetic and immunological influences on growth. In: *Lawrence TLJ, Fowler VR. Growth of farm animals.* New York: CAB INTERNATIONAL. 1997. p.102-149.
75. De Groef B, Grommen SVH, Darras VM. The chicken embryo as a model for developmental endocrinology; development of the thyrotropic, corticotropic and somatotrophic axes. *Mol Cell Endocrinol.* 2008;293:17-24.
76. Tong Q, Romanini CE, Exadaktylos V, Bahr C, Berckmans D, Bergoug H, Eterradosi N, Roulston N, Verhelst R, McGonnell IM, Demmers T. Embryonic development and the

physiological factors that coordinate hatching in domestic chickens. *Poult Sci.* 2013;92:620-628.

77. Decuypere E; Bruggeman V. The endocrine interface of environmental and egg factors affecting chick quality. *Poult Sci.* 2007;86:1037-1042.

78. Khalil HA. Productive and physiological responses of Japanese quail embryos to light regime during incubation period. *Slovak J Anim Sci.* 2009;42(2):79-86.

79. Decuypere E, Van As P, Darras VM. Thyroid hormone availability and activity in avian species. *A Review Domestic Anim Endoc.* 2005;29:63-77.

80. Decuypere E, Buyse J. Endocrine control of postnatal growth in poultry. *J Poult Sci.* 2005; 42:1-13.

81. Bell AW, Bauman DE, Beermann DH, Harrell RJ. Nutrition, development and efficacy of growth modifiers in livestock species. *J Nutr.* 1998;128:360-363.

82. Buyse J, Decuypere E, Veldhuis JD. Compensatory growth of broiler chickens is associated with an enhanced pulsatile growth hormone (GH) secretion: preferential amplification of GH secretory burst mass. *Brit Poultry Sci.* 1997;38:291-296.

83. Zeman M, Gwinner E, Herichova I, Lamosova D, Kostal L. Perinatal development of circadian melatonin production in domestic chicks. *J Pineal Res.* 1999;26:28–34.

84. Özkan S, Yalçın S, Babacanoğlu E, Kozanoğlu H, Karadaş F, Uysal S. Photoperiodic lighting (16 hours of light:8 hours of dark) programs during incubation: 1. Effects on growth and circadian physiological traits of embryos and early stress response of broiler chickens. *Poult Sci.* 2012;91:2912-2921.

85. Nichelmann, M., and B. Tzschentke. 2002. Ontogeny of thermoregulation in precocial birds. *Comp Biochem Physiol.* 131(A):751-763.

86. Archer GS, Mench JA. The effects of the duration and onset of light stimulation during incubation on the behavior, plasma melatonin levels, and productivity of broiler chickens. *J Anim Sci.* 2013;4:1753-1758.

87. Shutze JV, Lauber JK, Dato M, Wilson W. Influence of incandescent light and coloured light on chick embryos during incubation. *Nature.* 1962;96:594-595.

88. Siegel PB, Isakson ST, Coleman FN, Huffman BJ. Photoacceleration of development in chick embryos. *Comp Biochem Physiol.* 1969;28:753-758.

89. Fairchild BD, Christensen VL. Photostimulation of turkey eggs accelerates hatching times without affecting hatchability, liver or heart growth, or glycogen content. *Poult Sci.* 2000; 79:1627-1631.

90. Veterany L, Hluchy S, Toman R, Cabaj M, Adamkovicova M. The effect of white and monochromatic lights on chicken hatching. *Zootehnie si Biotechnologii.* 2007;40:411-417.

91. Isakson ST, Huffman BJ, Siegel PB. Intensities of incandescent light and the development of chick embryos in ovo and in vitro. *Biochem Physiol.* 1970;35:229-235.

92. Bowling JA, Howarth B, Fletcher DL. The effects of lighted incubation on eggs with pigmented and nonpigmented egg. *Poult Sci.* 1981;60:2328-2332.
93. Zakaria AH. The effect of fluorescent light on hatchability of commercial broiler parent stock eggs and on body weight of chickens hatched under large-scale commercial conditions. *Poult Sci.* 1989;68:1585-1587.
94. Tamimie HS. Effect of continuous and intermittent light exposure on the embryonic development of chicken eggs. *Poult Sci.* 1967;46:1327.
95. Gill SPS, Gangwar PC. Effect of fluorescent and red light on the development of chick embryo. *Indian J Anim Res.* 1985;19:21-28.
96. Zhang L, Zhang HJ, Qiao X, Yue HY, Wu SG, Yao JH, Qi GH. Effect of monochromatic light stimuli during embryogenesis on muscular growth, chemical composition, and meat quality of breast muscle in male broilers. *Poult Sci.* 2012;91:1026-1031.
97. Rozenboim I, Huisinga R, Halevy O, El Halawani ME. Effect of embryonic photostimulation on the posthatch growth of turkey poults. *Poult Sci.* 2003;82:1181-1187.
98. Harvey AL, Marshall IG. Skeletal muscle. In: Scanes CG. *Sturkie's Avian Physiology*. Milwaukee: Department of Biological Sciences, University of Wisconsin; 2000.p.123-139.
99. Stojanovic S, Uscebrka G, Zikic D, Kanacki Z. Skeletal muscle characteristics of broiler chickens under modified incubation factors. *Avian Biol Research.* 2013;6(4):281-288.
100. Wabeck CJ, Skoglund WC. Influence of radiante energy from fluorescente 33 light sources on growth, mortality, and feed conversion of broilers. *Poult Sci.* 1974;53:2055-2059.
101. Phogat SB, Aggarwal CK, Chopra SK. Effect of red and green lights on growth of quail. *Indian J Poult Sci.* 1985;20:126-128.

CAPÍTULO 2 – RENDIMENTO DA INCUBAÇÃO, DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇA DE FRANGOS DE CORTE EXPOSTOS À LUZ MONOCROMÁTICA VERDE E VERMELHA DURANTE A INCUBAÇÃO

RESUMO: O experimento foi realizado com o objetivo de se avaliar os efeitos da exposição de ovos de matrizes de frangos de corte à luz monocromática verde e vermelha e a influência da distância entre os ovos no interior da bandeja e a fonte de luz durante o período de incubação sobre o rendimento da incubação, desempenho zootécnico e características de carcaça. No ensaio de incubação, utilizou-se um total de 672 ovos da linhagem Ross 708 distribuídos em quatro tratamentos (luz verde intermitente, luz verde contínua, escuro e luz vermelha intermitente) e três posições no interior da bandeja de incubação em relação à fonte de luz (frente, meio e atrás). As temperaturas das máquinas foram reguladas diariamente com o objetivo de se obter uma temperatura ótima da casca do ovo durante toda a incubação. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com efeito da posição na bandeja aninhada ao tratamento (estímulo de luz). Ao nascimento, 48 pintos (12/tratamento) foram pesados com e sem o resíduo vitelino. Proventrículo, moela e fígado foram pesados e o intestino total medido. Foram calculados os percentuais de eclosão em relação ao número de ovos incubados e eclosão em relação ao número de ovos férteis. Todos os ovos não eclodidos foram analisados no embriodiagnóstico. Após o nascimento, 480 pintos foram alojados em 48 boxes com 10 aves em cada repetição (5 machos e 5 fêmeas). As variáveis de desempenho foram avaliadas até 21 dias de idade. Aos 42 dias, 4 aves por repetição foram abatidas e processadas para determinar o rendimento de carcaça e de cortes comerciais. Após evisceração, os órgãos foram pesados e o comprimento total do intestino foi mensurado. O delineamento adotado foi em blocos casualizados com efeito da posição da bandeja aninhada a cada tratamento. Não houve efeito significativo entre os estímulos luminosos e as posições dos ovos no interior das bandejas para eclosão, eclosão sobre férteis, pesos dos pintos com e sem o resíduo vitelino, pesos de moela e fígado e comprimento de intestino. Os diferentes estímulos com luz afetaram o percentual de mortalidade no período intermediário, sendo que o grupo exposto à luz verde intermitente apresentou a maior mortalidade. O peso relativo do proventrículo foi influenciado pelo estímulo luminoso, sendo o tratamento incubado no escuro o que apresentou o maior desenvolvimento de proventrículo. As variáveis de desempenho zootécnico não foram afetadas pelos tratamentos estudados aos sete e 15 dias, entretanto, aos 21 dias houve diferença entre os estímulos luminosos para o consumo de ração. Da mesma forma, os estímulos luminosos não afetaram as características de carcaça e desenvolvimento dos órgãos. Em conclusão, o uso de luzes verde e vermelha durante o período de desenvolvimento embrionário não promoveu melhorias no rendimento de incubação e no período pós-eclosão, sob as condições de incubação propostas neste experimento.

Palavras-chave: aves, desenvolvimento embrionário, eclodibilidade, fotoestimulação

CHAPTER 2 - HATCHING TRAITS, PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS OF BROILERS EXPOSED TO MONOCHROMATIC GREEN AND RED LIGHTS DURING INCUBATION

ABSTRACT: This experiment was conducted to evaluate the effects of monochromatic green and red lights exposure, and distance from light source during incubation on hatching traits, performance and carcass characteristics. In incubation trial, a total of 672 eggs from Ross 708 breeders were distributed in four treatments (intermittent green light, continuous green light, dark and intermittent red light) and three positions inside incubation tray (front, middle and back). Machine temperatures were adjusted daily in order to obtain optimum eggshell temperature during whole incubation period. The experimental design was completely randomized with effect of position in the tray nested within light treatment. At hatch, 48 chicks (12/treatment) were weighted with and without residual yolk. Proventriculus, gizzard and liver were weighted and intestine measured. Hatch and hatch of fertile eggs were calculated. All unhatched eggs were analyzed in embryo diagnosis. After hatch, 480 chicks were placed in 48 boxes, with 10 birds in each replicate (5 males and 5 females). Performance variables were evaluated until 21 d. At 42 d, 4 chicks from each replicate were slaughtered and processed to determine carcass yield and cut up parts. After evisceration, organs were weighed and intestine length was measured. Data were analyzed as completely randomized block design with effect of the position nested within light treatment. There were no significant effects of light treatments and egg position on hatch and hatch of fertile, chick body weight, chick body weight yolk free, gizzard and liver weights, and intestine length. Light stimuli affected mortality during intermediate phase. Intermittent green light group had the highest percentage of mortality in this phase. Relative proventriculus weight was influenced by light treatment. The group that was incubated in dark conditions showed the best proventriculus development. Performance was not affected by light treatments at 7 and 15 days. However, at 21 days there were significant effects between light groups for feed intake. No significant effects were observed for carcass traits and organ development. Dark treatment had the lowest mean of footpad dermatitis score. In conclusion, using green and red lights during embryonic development period did not improve incubation and post hatching period, under incubation conditions proposed in this experiment.

Keywords: birds, embryonic development, hatchability, photostimulation

1. INTRODUÇÃO

A luz é um fator ambiental extremamente necessário na produção industrial de frangos e corte, sendo utilizada para regular a produção e bem-estar das aves, através da modulação de várias vias fisiológicas e comportamentais¹.

Apesar de ser uma técnica de manejo essencial no período pós-eclosão, durante a fase de desenvolvimento embrionário, os ovos de matrizes pesadas de frangos de corte ainda não recebem nenhum tipo de estímulo luminoso, sendo comercialmente incubados em máquinas com ausência total de luminosidade².

Durante o processo de incubação artificial, o embrião é afetado pelo ambiente das máquinas de incubação, que por sua vez, devem necessariamente proporcionar controle preciso de temperatura, umidade relativa, viragem dos ovos e fluxo constante de gases. Desvios desses fatores em relação aos respectivos valores ótimos para a espécie ou linhagem podem inviabilizar o desenvolvimento embrionário, resultando em um aumento da mortalidade dos embriões e, conseqüentemente redução da eclodibilidade³.

Além de todos os fatores físicos já conhecidos, que são necessários para que ocorra um desenvolvimento embrionário satisfatório, há evidências de que a iluminação artificial durante a incubação possa ser um outro fator capaz de promover efeitos benéficos sobre o crescimento embrionário, eclosão e ainda, refletir na fase pós-eclosão, promovendo melhorias principalmente no rendimento muscular de frangos de corte².

Os mecanismos pelos quais a luz pode estimular o desenvolvimento dos embriões das aves estão relacionados principalmente com o aumento do metabolismo embrionário, promovendo alterações nos processos fisiológicos relacionados a diferenciação e proliferação celulares⁴.

Diversos estudos já investigaram os efeitos da fotoestimulação durante a incubação sobre o desenvolvimento embrionário e foram constatados que a presença de uma fonte luminosa dentro da máquina de incubação promoveu uma aceleração do desenvolvimento de embriões de perus⁵, frangos de corte⁶, poedeiras⁷ e codornas⁸.

Em estudo conduzido por Ghatpande et al.⁹, em que foram utilizadas luzes do tipo fluorescentes durante as primeiras 40 horas do período de incubação, foi constatado que houve uma aceleração da morfogênese de embriões de frangos de corte.

A fotoestimulação com luzes do tipo fluorescente durante a incubação de ovos de poedeiras promoveu aumento do peso absoluto e do ganho de peso diário dos embriões, além

de aumento significativo do percentual de eclosão¹⁰. Segundo o autor, a aceleração do crescimento ocorreu em decorrência de alterações no metabolismo embrionário.

Em estudo realizado por Shafey e Mohsen¹¹, a estimulação com luz verde contínua durante a incubação reduziu o período total de incubação, melhorou a eclodibilidade e reduziu a mortalidade de embriões de frangos de corte.

Veterany et al.¹² testaram o uso de luzes monocromáticas durante a incubação de frangos de corte e observaram que os tratamentos estimulados com as luzes nas cores branca e vermelha apresentaram a maior eclodibilidade.

Analisando a influência da estimulação luminosa durante a incubação no desempenho pós eclosão de frangos de corte, Rozenboim et al.¹³ observaram um aumento do peso vivo e peso muscular. Resultados semelhantes foram encontrados por Zhang et al.¹⁴ em que foi constatado que a estimulação com luz LED verde em regime contínuo durante o período de embriogênese aumentou o peso vivo e o crescimento do músculo peitoral de frangos de corte.

Tendo em vista os possíveis benefícios decorrentes de uma fotoestimulação durante o período de desenvolvimento embrionário, objetivou-se avaliar os efeitos da exposição de ovos de matrizes pesadas de frangos de corte à luz monocromática verde e vermelha e a influência da distância entre os ovos no interior da bandeja e a fonte de luz sobre o rendimento da incubação, desempenho zootécnico e características de carcaça.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

O experimento foi conduzido no *Prestage Department of Poultry Science da North Carolina State University - NCSU*, Raleigh, North Carolina, Estados Unidos da América. Os procedimentos experimentais foram submetidos à avaliação e aprovados (protocolo: 14-113-A) pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da *North Carolina State University – Institutional Animal Care and Use Committee (IACUC)*.

2.2 Incubação

Foram utilizados um total de 672 ovos obtidos de lotes de matrizes pesadas da linhagem comercial Ross 708 de 54 semanas de idade. Os ovos utilizados foram provenientes da Unidade experimental de matrizes pesadas da *North Carolina State University*.

Os ovos passaram previamente por uma seleção visual, considerando-se ovos incubáveis aqueles que apresentaram casca limpa e íntegra e forma elíptica. Ovos pontiagudos, com trincas, quebrados, sujos ou arredondados foram descartados.

Após a seleção visual, todos os ovos foram individualmente identificados e pesados a fim de obter-se o peso médio dos ovos no momento da incubação.

Os ovos foram distribuídos aleatoriamente nas bandejas e carrinhos de incubação e em seguida, transferidos para sala de pré-aquecimento, no qual permaneceram durante oito horas até atingirem a temperatura de aproximadamente 25 a 27°C.

A incubação foi realizada em quatro máquinas comerciais adaptadas (Chick Master) com capacidade para incubação de aproximadamente 2.000 ovos cada e distribuídos em bandejas de incubação com capacidade para 132 ovos cada.

Os ovos foram distribuídos em quatro tratamentos (quatro máquinas):

- 1) Incubação com a utilização de luz monocromática verde intermitente (15 minutos ligada e 15 minutos desligada) durante os 21 dias de incubação;
- 2) Incubação com a utilização de luz monocromática verde contínua (24 horas/dia) durante os 21 dias de incubação;
- 3) Incubação sem estimulação luminosa durante os 21 dias de incubação;
- 4) Incubação com a utilização de luz monocromática vermelha intermitente (15 minutos ligada durante quatro vezes por dia) durante os 21 dias de incubação.

As lâmpadas do tipo LED nas cores verde e vermelha (Modelo: LED #3528-60) foram afixadas somente no fundo das máquinas, de modo que fosse possível estabelecer três diferentes posições dos ovos dentro das bandejas em relação a fonte luminosa. As posições foram: frente (localizadas em frente a estimulação luminosa a uma distância de aproximadamente 10 cm das lâmpadas LED), meio (localizadas a uma distância de aproximadamente 41 cm de distância das lâmpadas LED) e atrás (localizadas a uma distância de aproximadamente 93 cm de distância das lâmpadas de LED).

A intensidade de luz que atingia os ovos em cada uma das posições foi medida com o auxílio de um luxímetro, sendo que a intensidade detectada em cada uma das posições foram: frente 200 lux, meio 10 lux e atrás 2,7 lux.

Para os tratamentos com luz verde e vermelha intermitente as lâmpadas foram instaladas acopladas a um *timer* que ligava as luzes nos tempos estabelecidos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com efeito da posição na bandeja como fator aninhado ao tratamento (estímulo luminoso). Foram utilizadas oito bandejas (duas bandejas por tratamento) com um total de 84 ovos cada, sendo que cada posição no interior da bandeja (frente, meio e atrás) possuía 28 ovos cada. Os demais espaços das bandejas e dos carrinhos de incubação foram ocupados com ovos que não faziam parte do estudo, a fim de manter as condições adequadas no interior das máquinas.

Uma vez que todos os ovos incubados foram da mesma idade, as condições de temperatura e umidade relativa da incubadora foram reguladas diariamente seguindo um protocolo de incubação em estágio único, a fim de manter a temperatura da casca do ovo entre a faixa de 99,5 até no máximo 100,4°F durante todo o período de incubação. A umidade relativa foi inicialmente programada para 50% e ajustada ao longo da incubação. A viragem foi programada para cada hora em um ângulo de 45° até o décimo oitavo dia de incubação.

A temperatura e umidade relativa das máquinas foram ajustadas manualmente de acordo com as necessidades do embrião, que foram monitorados com o auxílio de sensores (Cooper-Atkins® Modelo 4011) capazes de medir a temperatura da casca do ovo. Os sensores foram acoplados em dois ovos por bandeja e a temperatura da casca dos ovos foram aferidas quatro vezes por dia. Além disso, dois *data loggers* (sensores que registram a temperatura e umidade relativa - HOBO® Modelo Pro v2) foram colocados no interior de cada máquina, com o objetivo de se verificar que o perfil de temperatura foi devidamente alcançado durante todo o período de incubação.

No décimo oitavo dia incubação (E18), foi realizada a ovoscopia de todos os ovos incubados, com o intuito de eliminar os ovos inférteis ou com mortalidade embrionária. Os

ovos que possuíam embriões em desenvolvimento foram novamente pesados e acondicionados individualmente em sacos ar-permeável, com o objetivo de se identificar o pinto neonato com o respectivo ovo ao final do nascimento. Em seguida, os ovos foram transferidos para as bandejas de nascimento e encaminhados para os nascedouros.

Ao nascimento, 12 pintos por tratamento, sendo quatro pintos oriundos de cada uma das posições no interior das bandejas, foram pesados e em seguida, eutanasiados por deslocamento cervical e novamente pesados sem o resíduo vitelino. Os pesos corporal e peso corporal sem o resíduo vitelino foram expressos em valores absolutos e em relação ao peso do ovo ($\text{peso do pinto} \times 100 / \text{peso do ovo}$).

Proventrículo, moela e fígado foram coletados e pesados e o comprimento total do intestino medido. Os pesos dos órgãos foram expressos em relação ao peso corporal sem o resíduo vitelino ($\text{peso do órgão} \times 100 / \text{peso corporal sem o resíduo vitelino}$). O comprimento do intestino foi expresso em valores absolutos. Cada pinto foi considerado uma repetição, totalizando 48 pintos analisados.

Foram calculados o percentual de eclosão em relação ao total de ovos incubados e o percentual de eclosão em relação aos ovos férteis. O número de ovos férteis, utilizado para os cálculos da eclosão em relação aos ovos férteis, foi obtido através da análise do embriodiagnóstico. As repetições foram constituídas pelas bandejas, totalizando 8 bandejas avaliadas.

Ao final do período de incubação, todas as bandejas foram retiradas dos nascedouros e os ovos não eclodidos foram recolhidos, quebrados e seu conteúdo analisado no embriodiagnóstico.

2.3 Desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e desenvolvimento de órgãos

Após o nascimento, todos os pintos eclodidos provenientes do ensaio de incubação foram sexados pela asa e aqueles que apresentaram algum tipo de deformação grave foram descartados. Em seguida, as aves foram encaminhadas para o galpão número 231, localizado na Unidade experimental de frangos de corte da *North Carolina State University*.

Um total de 480 pintos de um dia foram alojados em galpão sobre piso com 48 boxes individuais e criados até 42 dias de idade. Os pintos foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados, com efeito da posição na bandeja aninhada ao tratamento (estímulo luminoso), com 12 repetições, sendo a parcela constituída por 10 aves cada (cinco fêmeas e cinco machos). O galpão foi dividido em quatro salas constituída por 12 boxes cada, sendo,

portanto, cada sala um bloco. Todas as aves foram identificadas no pescoço com uma etiqueta numerada.

As aves foram alojadas sob as mesmas condições de iluminação, sendo a intensidade de luminosidade de 20 lux durante os primeiros sete dias de idade e de oito até o final do período experimental de 10 lux.

Foi disponibilizada água e ração *ad libitum* e as dietas foram elaboradas em três fases: fase inicial (1 a 14 dias), crescimento (15 a 35 dias) e final (36 a 42 dias).

As aves foram pesadas com sete, 15 e 21 dias de idade, bem como as rações utilizadas e as sobras para cálculo de ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. A mortalidade foi registrada diariamente e as aves mortas foram pesadas para cálculo de correção do consumo de ração e da conversão alimentar.

Aos 42 dias de idade, após jejum alimentar de oito horas, quatro aves por unidade experimental (dois machos e duas fêmeas), representando o peso médio da parcela, foram insensibilizadas e abatidas por sangria na veia jugular. A depenagem foi realizada mecanicamente e a evisceração manualmente removendo-se a cabeça, pescoço e pés. O rendimento da carcaça eviscerada, de peito, coxa + sobrecoxa e asas foram expressos em relação ao peso vivo das aves.

Após a evisceração foram coletados e pesados o proventrículo, moela e fígado e o comprimento total do intestino foi mensurado.

2.4 Análise estatística

Todos os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, considerando nível de significância de 5%.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando programa estatístico JMP® 12 (JMP® 12. Cary, NC: SAS Institute INC).

3. RESULTADOS

Nas Figura 1, 2, 3 e 4 estão representados os valores médios das temperaturas registradas nos *data loggers*, o registro das máquinas e a temperatura registrada nos sensores acoplados aos ovos das máquinas que receberam os diferentes estímulos luminosos.

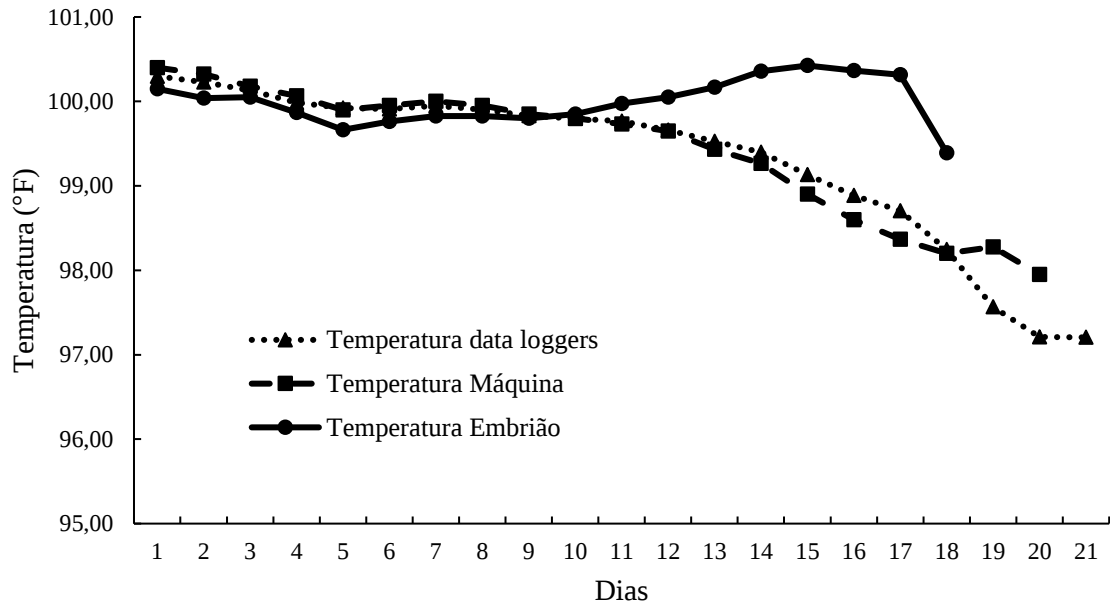


FIGURA 1 - Temperatura registrada nos *data loggers*, temperatura registrada na máquina e temperatura do embrião do tratamento estimulado com luz verde intermitente.

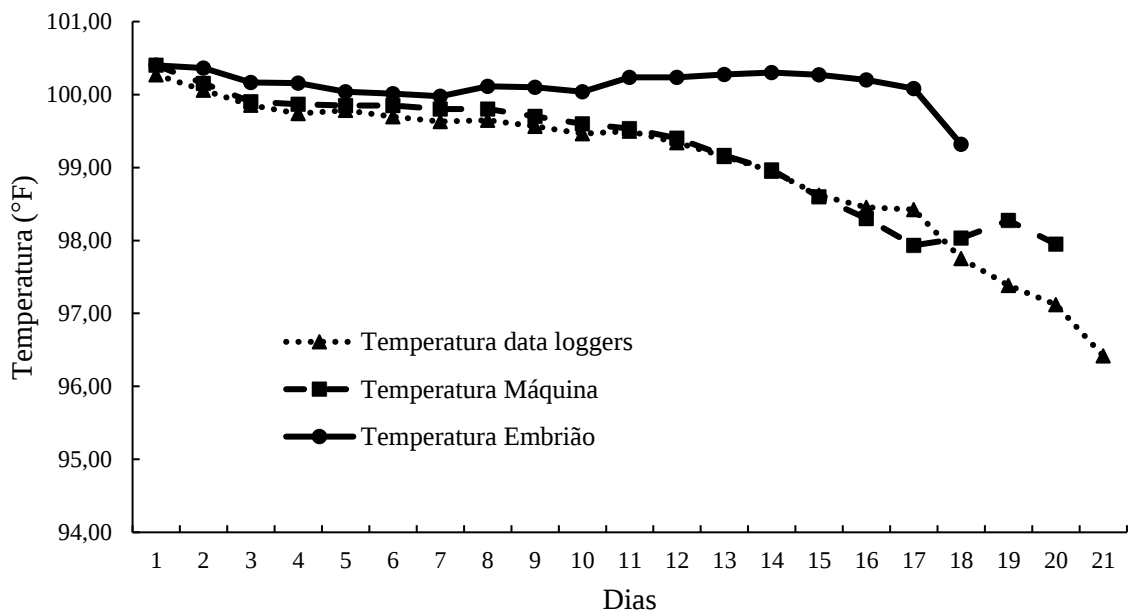


FIGURA 2 - Temperatura registrada nos *data loggers*, temperatura registrada na máquina e temperatura do embrião do tratamento estimulado com luz verde contínua.

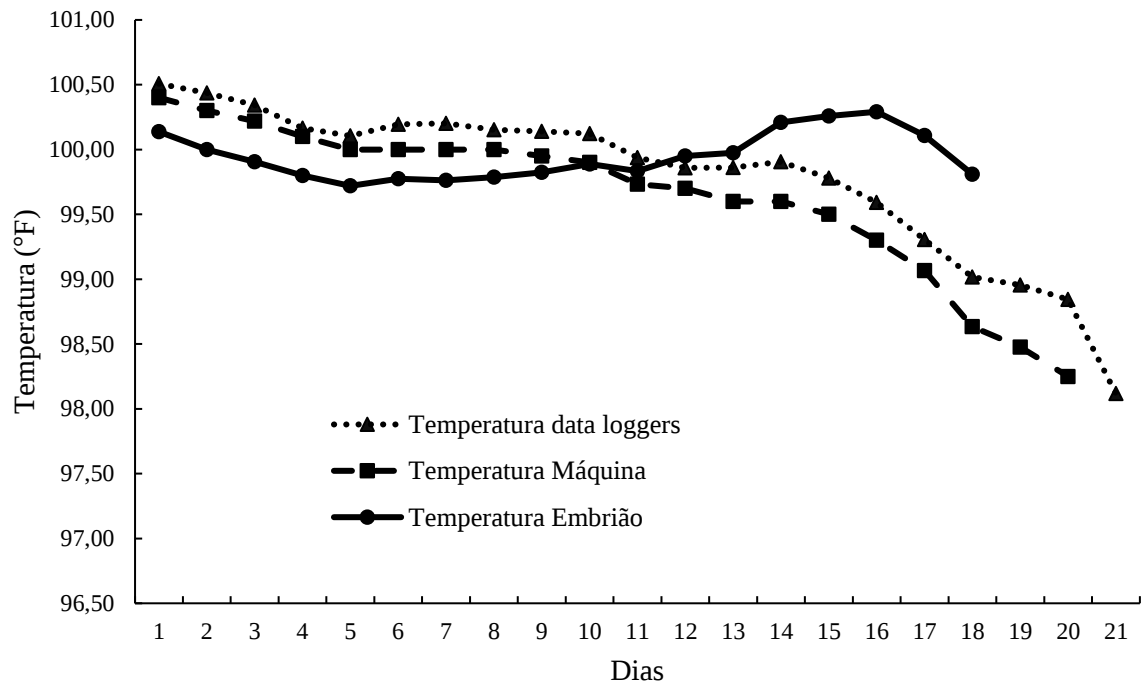


FIGURA 3 - Temperatura registrada nos *data loggers*, temperatura registrada na máquina e temperatura do embrião do tratamento sem estímulo luminoso (escuro).

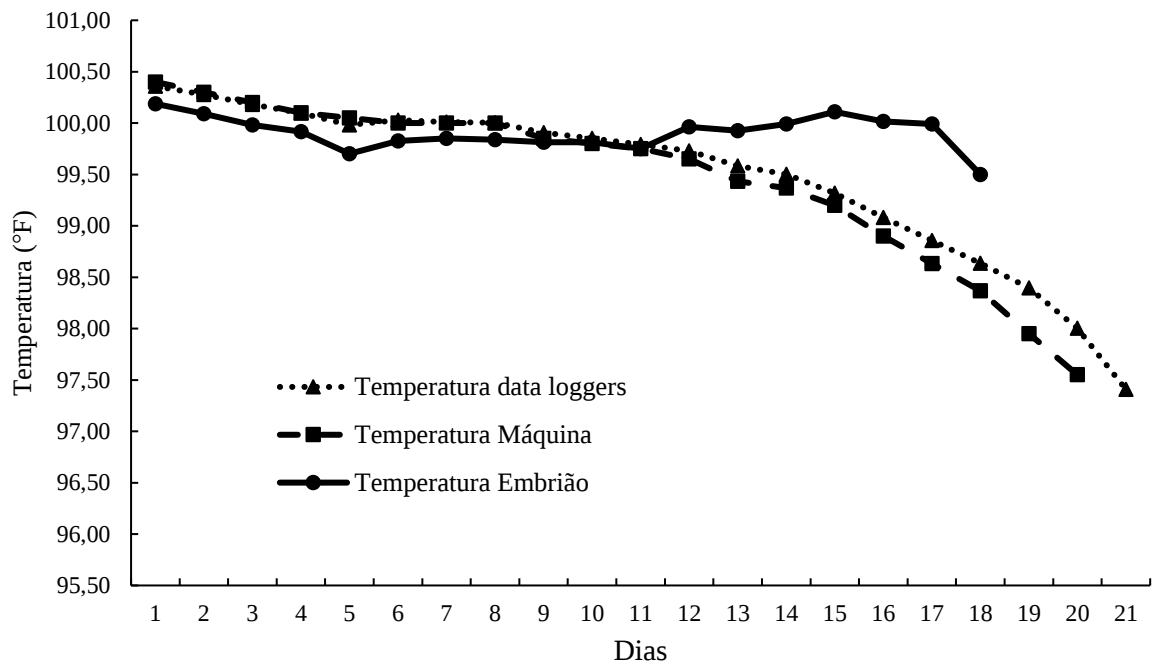


FIGURA 4 - Temperatura registrada nos *data loggers*, temperatura registrada na máquina e temperatura do embrião do tratamento estimulado com luz vermelha intermitente.

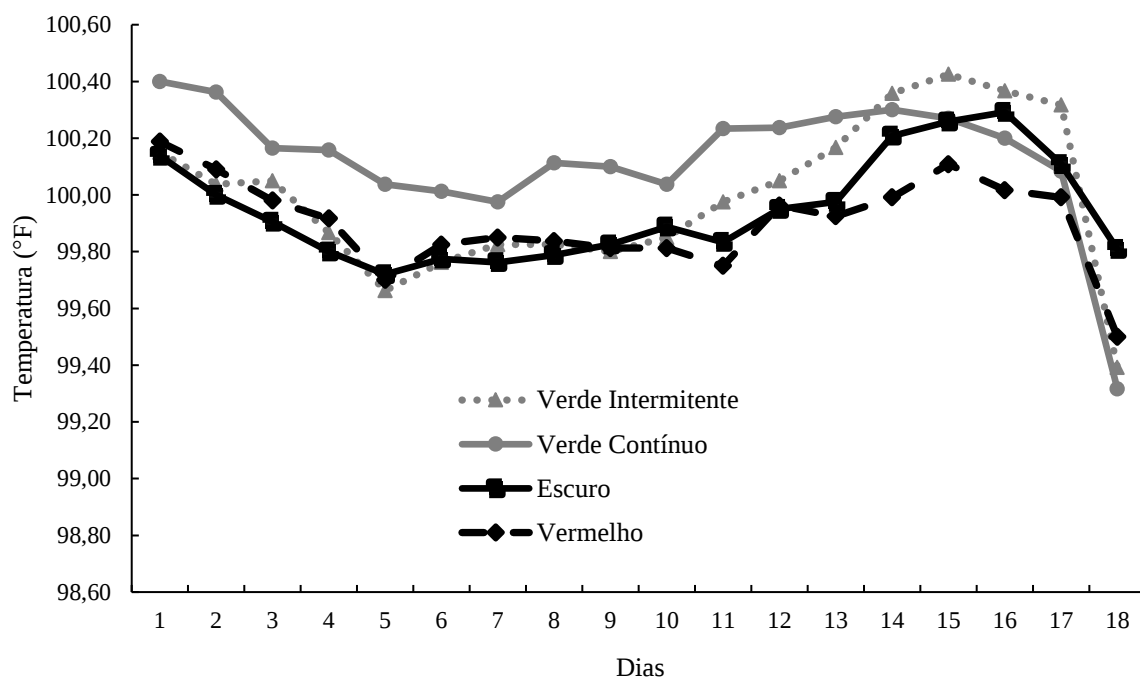


FIGURA 5 - Temperatura dos embriões estimulados com luz verde intermitente, luz verde contínua, luz vermelha intermitente e ausência de luz durante a incubação (escuro).

A temperatura das máquinas foi regulada ao longo de todo período de incubação baseando-se na temperatura embrionária (Figuras 1, 2, 3 e 4). Observa-se que em todos os tratamentos estudados (Figura 5) a temperatura do embrião permaneceu dentro do limite de temperatura (99,5 a 100,4°F) considerado ideal para que ocorra um desenvolvimento embrionário satisfatório desde o primeiro dia de incubação até o momento da transferência dos ovos para os nascedouros (18 dias).

A estimulação luminosa durante a incubação e as diferentes posições dos ovos nas bandejas em relação a fonte de luz não influenciaram o percentual de eclosão em relação ao número de ovos incubados e eclosão em relação ao número de ovos férteis (Tabela 1).

TABELA 1 - Percentual de eclosão em relação ao número de ovos incubados e eclosão em relação ao número de ovos férteis da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação

Tratamentos	Posição na bandeja	Eclosão (%)	Eclosão/Férteis (%)
Verde intermitente	Frente	83,93 ± 6,88	95,90 ± 4,70
	Meio	82,14 ± 6,88	90,23 ± 4,70
	Atrás	80,30 ± 6,88	88,46 ± 4,70
	Média	82,12 ± 3,97	89,50 ± 2,72
Verde contínua	Frente	85,71 ± 6,88	94,16 ± 4,70
	Meio	85,72 ± 6,88	95,99 ± 4,70
	Atrás	91,08 ± 6,88	96,23 ± 4,70
	Média	87,50 ± 3,97	95,46 ± 2,72
Escuro	Frente	96,37 ± 6,88	96,37 ± 4,70
	Meio	87,50 ± 6,88	96,08 ± 4,70
	Atrás	87,37 ± 6,88	98,08 ± 4,70
	Média	90,41 ± 3,97	96,84 ± 2,72
Vermelho intermitente	Frente	82,08 ± 6,88	86,15 ± 4,70
	Meio	90,31 ± 6,88	94,22 ± 4,70
	Atrás	91,08 ± 6,88	94,51 ± 4,70
	Média	87,99 ± 3,97	91,62 ± 2,72
		----- p ¹ -----	
Tratamentos		0,531	0,252
Posição na bandeja		0,930	0,701
		----- CV(%) ² -----	
		11,19	7,13

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

Também não foram observadas diferenças para percentual de inférteis, mortalidade embrionária nas fases inicial (1 a 5 dias de desenvolvimento embrionário) e final (19 a 21 dias de desenvolvimento embrionário) e bicados vivos (Tabela 2). Observou-se diferença para percentual de mortalidade na fase intermediária (6 a 18 dias de desenvolvimento embrionário) entre os diferentes estímulos luminosos, sendo que o grupo que recebeu a luz verde intermitente apresentou maior percentual de mortalidade (4,17%), apesar de não diferir do grupo que recebeu luz vermelha intermitente.

TABELA 2 - Resultados do embriodiagnóstico de ovos férteis da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação

Tratamentos	Posição na bandeja	Inférteis (%)	Mortalidade embrionária (%)			Bicado Vivo (%)
			1-5 dias	6-18 dias	19-21 dias	
Verde intermitente	Frente	12,50 ± 3,93	0,00 ± 2,08	3,57 ± 1,16	0,00 ± 0,52	0,00 ± 1,16
	Meio	7,14 ± 3,93	3,57 ± 2,08	7,14 ± 1,16	0,00 ± 0,52	0,00 ± 1,16
	Atrás	5,36 ± 3,93	9,00 ± 2,08	1,79 ± 1,16	1,79 ± 0,52	1,79 ± 1,16
	Média	8,33 ± 2,27	4,19 ± 1,20	4,17 ± 0,67 ^a	0,60 ± 0,30	0,60 ± 0,67
Verde contínua	Frente	8,93 ± 3,93	3,57 ± 2,08	0,00 ± 1,16	0,00 ± 0,52	1,79 ± 1,16
	Meio	10,72 ± 3,93	0,00 ± 2,08	1,79 ± 1,16	0,00 ± 0,52	1,79 ± 1,16
	Atrás	5,36 ± 3,93	1,79 ± 2,08	1,79 ± 1,16	0,00 ± 0,52	0,00 ± 1,16
	Média	8,33 ± 2,27	1,79 ± 1,20	1,19 ± 0,67 ^b	0,00 ± 0,30	1,19 ± 0,67
Escuro	Frente	0,00 ± 3,93	0,00 ± 2,08	1,85 ± 1,16	0,00 ± 0,52	0,00 ± 1,16
	Meio	8,93 ± 3,93	0,00 ± 2,08	0,00 ± 1,16	0,00 ± 0,52	3,57 ± 1,16
	Atrás	10,78 ± 3,93	1,85 ± 2,08	0,00 ± 1,16	0,00 ± 0,52	0,00 ± 1,16
	Média	6,57 ± 2,27	0,62 ± 1,20	1,19 ± 0,67 ^b	0,00 ± 0,30	1,19 ± 0,67
Vermelho intermitente	Frente	5,36 ± 3,93	3,71 ± 2,08	5,56 ± 1,16	0,00 ± 0,52	1,85 ± 1,16
	Meio	3,71 ± 3,93	5,49 ± 2,08	0,00 ± 1,16	0,00 ± 0,52	0,00 ± 1,16
	Atrás	3,57 ± 3,93	3,64 ± 2,08	0,00 ± 1,16	0,00 ± 0,52	1,79 ± 1,16
	Média	4,21 ± 2,27	4,28 ± 1,20	1,85 ± 0,67 ^{ab}	0,00 ± 0,30	1,21 ± 0,67
----- p ¹ -----						
Tratamento		0,547	0,132	0,023	0,426	0,893
Posição na bandeja		0,546	0,256	0,068	0,483	0,294
----- CV ² -----						
		80,94	108,43	84,21	189,90	156,83

^{ab}Médias seguidas por letras diferentes na coluna são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey (P≤0,05)

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

Não foram encontradas diferenças entre os estímulos luminosos e posições dos ovos no interior das bandejas para peso do pinto, peso do pinto sem o resíduo vitelino e seus respectivos pesos relativos (Tabela 3).

TABELA 3 - Peso vivo e peso vivo sem o resíduo vitelino em gramas e percentual em relação ao peso do ovo de pintos neonatos da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação

Tratamentos	Posição na bandeja	Peso Pinto (g)	Peso Pinto (%) ¹	Peso Pinto sem resíduo vitelino (g)	Peso Pinto sem resíduo vitelino (%) ¹
Verde intermitente	Frente	45,60 ± 1,71	70,24 ± 0,80	39,77 ± 1,25	61,28 ± 0,82
	Meio	47,14 ± 1,71	70,47 ± 0,80	40,39 ± 1,25	60,39 ± 0,82
	Atrás	48,17 ± 1,71	72,38 ± 0,80	41,06 ± 1,25	61,82 ± 0,82
	Média	46,97 ± 1,03	71,03 ± 0,46	40,41 ± 0,72	61,16 ± 0,47
Verde contínua	Frente	49,61 ± 1,71	73,11 ± 0,80	42,19 ± 1,25	62,16 ± 0,82
	Meio	46,82 ± 1,71	69,89 ± 0,80	39,75 ± 1,25	59,30 ± 0,82
	Atrás	48,93 ± 1,71	71,50 ± 0,80	42,03 ± 1,25	61,48 ± 0,82
	Média	48,35 ± 1,03	71,35 ± 0,46	41,24 ± 0,72	60,87 ± 0,47
Escuro	Frente	46,95 ± 1,71	71,09 ± 0,80	41,71 ± 1,25	63,27 ± 0,82
	Meio	50,44 ± 1,71	73,19 ± 0,80	42,82 ± 1,25	62,13 ± 0,82
	Atrás	47,19 ± 1,71	70,64 ± 0,80	40,74 ± 1,25	60,95 ± 0,82
	Média	48,19 ± 1,03	71,64 ± 0,46	41,76 ± 0,72	62,12 ± 0,47
Vermelho intermitente	Frente	45,84 ± 1,71	71,32 ± 0,80	40,00 ± 1,25	62,30 ± 0,82
	Meio	48,34 ± 1,71	71,57 ± 0,80	40,80 ± 1,25	60,48 ± 0,82
	Atrás	42,60 ± 1,71	71,52 ± 0,80	37,28 ± 1,25	62,58 ± 0,82
	Média	46,19 ± 1,03	71,46 ± 0,46	39,77 ± 0,72	61,63 ± 0,47
----- P ² -----					
Tratamentos		0,244	0,813	0,157	0,328
Posição na bandeja		0,380	0,061	0,556	0,098
----- CV(%) ³ -----					
		7,20	2,25	6,10	2,66

¹Percentual de peso do pinto em relação ao peso do ovo

²Valor da probabilidade da análise de variância

³CV(%)=Coeficiente de variação

Houve diferença entre os diferentes estímulos luminosos para peso relativo do proventrículo. O maior peso relativo (0,86%) foi observado nas aves que não receberam estímulo luminoso (escuro) durante a incubação, apesar de não diferir do grupo que recebeu luz verde intermitente. Não foram encontradas diferenças entre os estímulos luminosos e diferentes posições dos ovos no interior das bandejas para pesos relativos de moela e fígado e comprimento de intestino (Tabela 4).

TABELA 4 - Pesos relativos de proventrículo, moela e fígado e comprimento de intestino de pintos neonatos da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação

Tratamentos	Posição na bandeja	Proventrículo (%) ¹	Moela (%) ¹	Fígado (%) ¹	Intestino (cm)
Verde intermitente	Frente	0,84 ± 0,04	5,17 ± 0,22	2,40 ± 0,15	35,00 ± 1,86
	Meio	0,80 ± 0,04	4,91 ± 0,22	2,62 ± 0,15	39,12 ± 1,86
	Atrás	0,76 ± 0,04	4,66 ± 0,22	2,62 ± 0,15	36,37 ± 1,86
	Média	0,80 ± 0,03 ^{ab}	4,91 ± 0,13	2,55 ± 0,09	36,83 ± 1,07
Verde contínua	Frente	0,70 ± 0,04	4,54 ± 0,22	2,45 ± 0,15	39,50 ± 1,86
	Meio	0,77 ± 0,04	5,15 ± 0,22	2,72 ± 0,15	36,75 ± 1,86
	Atrás	0,78 ± 0,04	4,59 ± 0,22	2,59 ± 0,15	33,87 ± 1,86
	Média	0,75 ± 0,03 ^b	4,76 ± 0,13	2,59 ± 0,09	36,71 ± 1,07
Escuro	Frente	0,88 ± 0,04	4,97 ± 0,22	2,72 ± 0,15	36,37 ± 1,86
	Meio	0,88 ± 0,04	4,83 ± 0,22	2,48 ± 0,15	38,62 ± 1,86
	Atrás	0,83 ± 0,04	4,95 ± 0,22	2,85 ± 0,15	37,25 ± 1,86
	Média	0,86 ± 0,03 ^a	4,92 ± 0,13	2,68 ± 0,09	37,42 ± 1,07
Vermelho intermitente	Frente	0,73 ± 0,04	4,84 ± 0,22	2,60 ± 0,15	32,25 ± 1,86
	Meio	0,78 ± 0,04	4,40 ± 0,22	2,61 ± 0,15	35,00 ± 1,86
	Atrás	0,73 ± 0,04	4,60 ± 0,22	2,74 ± 0,15	36,75 ± 1,86
	Média	0,74 ± 0,03 ^b	4,62 ± 0,13	2,65 ± 0,09	34,67 ± 1,07
----- P ² -----					
Tratamentos		0,006	0,296	0,695	0,307
Posição na bandeja		0,727	0,330	0,607	0,249
----- CV(%) ³ -----					
		10,41	9,05	11,77	10,22

^{ab}Médias seguidas por letras diferentes na coluna são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey (P≤0,05)

¹Percentual de peso dos órgãos em relação ao peso do pinto sem o resíduo vitelino

²Valor da probabilidade da análise de variância

³CV(%): Coeficiente de variação

Não foram constatadas diferenças para nenhuma das variáveis de desempenho zootécnico analisadas aos sete dias de idade (Tabela 5) e 15 dias de idade (Tabela 6). Aos 21 dias de idade (Tabela 7) observou-se maior consumo de ração para as aves que não receberam luz durante o desenvolvimento embrionário (1.247g), apesar de não diferir das aves que receberam luz verde contínua.

TABELA 5 – Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos sete dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação

Tratamentos	Posição na bandeja	PM (g)	GP (g)	CR (g)	CA (g:g)
Verde intermitente	Frente	167 ± 4	122 ± 4	151 ± 5	1,225 ± 0,027
	Meio	168 ± 4	122 ± 4	152 ± 5	1,304 ± 0,027
	Atrás	165 ± 4	118 ± 4	152 ± 5	1,288 ± 0,027
	Média	167 ± 2	121 ± 2	152 ± 3	1,272 ± 0,017
Verde contínua	Frente	171 ± 4	124 ± 4	153 ± 5	1,236 ± 0,027
	Meio	170 ± 4	122 ± 4	157 ± 5	1,287 ± 0,027
	Atrás	168 ± 4	121 ± 4	152 ± 5	1,256 ± 0,027
	Média	170 ± 2	122 ± 2	154 ± 3	1,259 ± 0,017
Escuro	Frente	163 ± 4	117 ± 4	146 ± 5	1,240 ± 0,027
	Meio	162 ± 4	118 ± 4	153 ± 5	1,292 ± 0,027
	Atrás	164 ± 4	118 ± 4	149 ± 5	1,263 ± 0,027
	Média	164 ± 2	117 ± 2	149 ± 3	1,265 ± 0,017
Vermelho intermitente	Frente	167 ± 4	121 ± 4	150 ± 5	1,236 ± 0,027
	Meio	164 ± 4	117 ± 4	146 ± 5	1,240 ± 0,027
	Atrás	164 ± 4	118 ± 4	153 ± 5	1,297 ± 0,027
	Média	166 ± 2	119 ± 2	150 ± 3	1,257 ± 0,017
----- p ¹ -----					
Tratamentos		0,302	0,370	0,419	0,894
Posição na bandeja		0,995	0,974	0,844	0,171
----- CV(%) ² -----					
		4,54	5,66	5,40	4,12

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

TABELA 6 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos 15 dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação

Tratamentos	Posição na bandeja	PM (g)	GP (g)	CR (g)	CA (g:g)
Verde intermitente	Frente	562 ± 9	517 ± 9	643 ± 13	1,243 ± 0,017
	Meio	556 ± 9	510 ± 9	642 ± 13	1,258 ± 0,017
	Atrás	553 ± 9	506 ± 9	639 ± 13	1,261 ± 0,017
	Média	557 ± 6	511 ± 6	641 ± 10	1,254 ± 0,014
Verde contínua	Frente	566 ± 9	519 ± 9	646 ± 13	1,243 ± 0,017
	Meio	572 ± 9	524 ± 9	675 ± 13	1,287 ± 0,017
	Atrás	563 ± 9	516 ± 9	645 ± 13	1,251 ± 0,017
	Média	567 ± 6	520 ± 6	655 ± 10	1,260 ± 0,014
Escuro	Frente	551 ± 9	505 ± 9	633 ± 13	1,252 ± 0,017
	Meio	573 ± 9	520 ± 9	661 ± 13	1,279 ± 0,017
	Atrás	567 ± 9	527 ± 9	658 ± 13	1,265 ± 0,017
	Média	564 ± 6	518 ± 6	651 ± 10	1,265 ± 0,014
Vermelho intermitente	Frente	558 ± 9	511 ± 9	636 ± 13	1,244 ± 0,017
	Meio	552 ± 9	505 ± 9	634 ± 13	1,255 ± 0,017
	Atrás	559 ± 9	512 ± 9	650 ± 13	1,269 ± 0,017
	Média	556 ± 6	509 ± 6	640 ± 10	1,256 ± 0,014
----- p ¹ -----					
Tratamentos		0,354	0,356	0,275	0,687
Posição na bandeja		0,788	0,713	0,300	0,146
----- CV(%) ² -----					
		3,01	3,15	3,42	1,94

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

TABELA 7 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos 21 dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação

Tratamentos	Posição na bandeja	PM (g)	GP (g)	CR (g)	CA (g:g)
Verde intermitente	Frente	993 ± 11	948 ± 11	1.212 ± 21	1,258 ± 0,017
	Meio	975 ± 11	928 ± 11	1.201 ± 21	1,293 ± 0,015
	Atrás	988 ± 11	940 ± 11	1.214 ± 21	1,291 ± 0,015
	Média	985 ± 7	939 ± 6	1.209 ± 13 ^b	1,281 ± 0,011
Verde contínua	Frente	989 ± 11	942 ± 11	1.208 ± 21	1,282 ± 0,015
	Meio	1.009 ± 11	962 ± 11	1.270 ± 21	1,320 ± 0,015
	Atrás	987 ± 11	939 ± 11	1.243 ± 21	1,295 ± 0,015
	Média	995 ± 7	948 ± 6	1.240 ± 13 ^{ab}	1,299 ± 0,010
Escuro	Frente	987 ± 11	941 ± 11	1.238 ± 21	1,308 ± 0,015
	Meio	994 ± 11	949 ± 11	1.258 ± 21	1,306 ± 0,015
	Atrás	987 ± 11	940 ± 11	1.244 ± 21	1,301 ± 0,015
	Média	989 ± 7	943 ± 6	1.247 ± 13 ^a	1,305 ± 0,010
Vermelho intermitente	Frente	986 ± 11	939 ± 11	1.201 ± 21	1,279 ± 0,015
	Meio	955 ± 11	909 ± 11	1.224 ± 21	1,297 ± 0,015
	Atrás	994 ± 11	948 ± 11	1.227 ± 21	1,294 ± 0,017
	Média	978 ± 7	932 ± 6	1.217 ± 13 ^b	1,290 ± 0,010
		----- p ¹ -----			
Tratamentos		0,360	0,381	0,024	0,201
Posição na bandeja		0,327	0,284	0,298	0,424
		----- CV(%) ² -----			
		2,25	2,30	2,63	2,13

^{ab}Médias seguidas por letras diferentes na coluna são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey (P≤0,05)

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%): Coeficiente de variação

Os estímulos luminosos e as diferentes posições dos ovos no interior das bandejas não influenciaram nenhuma das variáveis de rendimento de carcaça (Tabela 8) e peso relativo de órgãos e comprimento de intestino (Tabela 9).

TABELA 8 - Rendimento de carcaça, asas, coxa + sobrecoxa e peito de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação

Tratamentos	Posição na bandeja	Carcaça (%)	Asas (%)	Coxa+Sobrecoxa (%)	Peito (%)
Verde intermitente	Frente	75,29 ± 0,38	6,81 ± 0,08	21,33 ± 0,25	28,20 ± 0,30
	Meio	75,14 ± 0,38	6,72 ± 0,07	22,04 ± 0,23	28,16 ± 0,27
	Atrás	75,43 ± 0,38	6,87 ± 0,08	21,83 ± 0,24	27,88 ± 0,30
	Média	75,28 ± 0,29	6,80 ± 0,05	21,73 ± 0,14	28,08 ± 0,18
Verde contínua	Frente	75,19 ± 0,39	6,72 ± 0,08	21,64 ± 0,24	27,79 ± 0,30
	Meio	75,40 ± 0,38	6,78 ± 0,08	21,66 ± 0,24	28,29 ± 0,30
	Atrás	75,01 ± 0,38	6,84 ± 0,08	21,49 ± 0,24	28,10 ± 0,30
	Média	75,20 ± 0,29	6,78 ± 0,05	21,60 ± 0,14	28,06 ± 0,18
Escuro	Frente	74,69 ± 0,38	6,78 ± 0,08	21,37 ± 0,24	27,78 ± 0,30
	Meio	74,94 ± 0,39	6,87 ± 0,08	21,71 ± 0,24	27,60 ± 0,32
	Atrás	75,63 ± 0,38	6,86 ± 0,08	22,15 ± 0,24	27,70 ± 0,30
	Média	75,09 ± 0,29	6,83 ± 0,05	21,75 ± 0,14	27,69 ± 0,18
Vermelho intermitente	Frente	75,52 ± 0,38	6,72 ± 0,08	22,38 ± 0,25	28,18 ± 0,30
	Meio	74,50 ± 0,40	6,75 ± 0,08	21,61 ± 0,26	27,87 ± 0,34
	Atrás	75,09 ± 0,38	6,84 ± 0,08	22,00 ± 0,24	27,99 ± 0,30
	Média	75,04 ± 0,29	6,77 ± 0,05	22,00 ± 0,14	28,01 ± 0,18
----- p ¹ -----					
Tratamentos		0,862	0,692	0,244	0,386
Posição na bandeja		0,513	0,579	0,075	0,942
----- CV(%) ² -----					
		1,81	4,37	4,88	6,13

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

TABELA 9 - Pesos relativos de proventrículo, moela e fígado e comprimento de intestino de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa e em diferentes posições no interior da bandeja em relação a fonte de luz durante a incubação

Tratamentos	Posição na bandeja	Proventrículo (%)	Moela (%)	Fígado (%)	Intestino (cm)
Verde intermitente	Frente	0,29 ± 0,02	0,87 ± 0,04	1,98 ± 0,06	197 ± 4
	Meio	0,33 ± 0,02	0,97 ± 0,04	1,93 ± 0,06	198 ± 4
	Atrás	0,28 ± 0,02	0,87 ± 0,04	1,97 ± 0,06	190 ± 4
	Média	0,30 ± 0,01	0,90 ± 0,02	1,96 ± 0,04	195 ± 2
Verde contínua	Frente	0,30 ± 0,02	0,92 ± 0,04	1,96 ± 0,06	196 ± 4
	Meio	0,29 ± 0,02	0,92 ± 0,04	1,89 ± 0,06	199 ± 4
	Atrás	0,28 ± 0,02	0,90 ± 0,04	2,07 ± 0,06	195 ± 4
	Média	0,29 ± 0,01	0,91 ± 0,02	1,97 ± 0,04	198 ± 2
Escuro	Frente	0,31 ± 0,02	0,89 ± 0,04	1,96 ± 0,06	204 ± 4
	Meio	0,31 ± 0,02	0,89 ± 0,04	1,92 ± 0,06	202 ± 4
	Atrás	0,30 ± 0,02	0,93 ± 0,04	1,87 ± 0,06	195 ± 4
	Média	0,31 ± 0,01	0,90 ± 0,02	1,91 ± 0,04	200 ± 2
Vermelho intermitente	Frente	0,29 ± 0,02	0,89 ± 0,04	1,93 ± 0,06	192 ± 4
	Meio	0,30 ± 0,02	0,98 ± 0,04	1,97 ± 0,06	199 ± 4
	Atrás	0,34 ± 0,02	0,85 ± 0,04	1,99 ± 0,06	195 ± 4
	Média	0,31 ± 0,01	0,90 ± 0,02	1,96 ± 0,04	195 ± 2
----- p ¹ -----					
Tratamentos		0,312	0,998	0,592	0,318
Posição na bandeja		0,120	0,263	0,523	0,461
----- CV(%) ² -----					
		26,71	14,85	9,40	7,88

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

4. DISCUSSÃO

A fotoestimulação com luzes do tipo LED nas cores verde e vermelha não promoveu melhoras em nenhum dos parâmetros de incubação avaliados. Os percentuais de eclosão em relação ao número de ovos incubados e em relação ao número de ovos férteis foram semelhantes em todos os grupos estudados, contrariando os achados de Archer¹⁵, que utilizando luzes LED a uma intensidade luminosa de 250 lux, observou maior percentual de eclodibilidade para o grupo estimulado com luz branca, seguido pelo grupo que foi estimulado com luz vermelha e o grupo que não recebeu nenhum estímulo luminoso apresentou a menor eclodibilidade.

A exposição à luz verde intermitente resultou em maior percentual de mortalidade embrionária na fase intermediária. De acordo com Gonzales¹⁶, o período intermediário de desenvolvimento embrionário é considerado uma fase de maior estabilidade para o embrião, com baixas taxas de mortalidade. Recomenda-se que o percentual de mortalidade nesta fase para ovos de matrizes pesadas de aproximadamente 54 semanas de idade da linhagem Ross seja de até 1%¹⁷. Entretanto, o percentual de mortalidade observado para os embriões expostos à luz verde intermitente foi de 4,17%, sendo, portanto superior ao preconizado.

As principais causas relacionadas com o aumento da mortalidade na fase intermediária são as condições de incubação, destacando-se desvios da temperatura, e também possíveis deficiências dietéticas da matriz¹⁶, que consequentemente afetam a quantidade de nutrientes disponíveis no ovo para o embrião em desenvolvimento. Na Figura 5 é possível observar que houve uma pequena elevação da temperatura embrionária do grupo exposto à luz verde intermitente do décimo quarto (E14) até o décimo oitavo (E18) dia de incubação, entretanto, essa elevação da temperatura não ultrapassou o limite de temperatura considerada ideal (100,4°F) para que ocorra um desenvolvimento embrionário satisfatório. Além disso, os ovos incubados em todos os tratamentos estudados foram oriundos do mesmo lote de matrizes. Portanto, possivelmente a causa da elevação do percentual de mortalidade na fase intermediária esteja relacionado com a presença da luz dentro da máquina de incubação.

Os diferentes estímulos luminosos não promoveram diferenças para os pesos absolutos e relativos dos pintos com e sem o resíduo vitelino. Huth e Archer¹⁸ utilizaram luz LED branca a uma intensidade luminosa de 250 lux durante o período de desenvolvimento embrionário e também não verificaram diferenças para peso dos pintos entre os grupos incubados sob estímulo luminoso e no escuro.

O grupo que não recebeu estímulo luminoso durante a incubação apresentou melhor desenvolvimento do proventrículo. A formação do trato gastrointestinal nos embriões das aves inicia-se logo nas primeiras 24 horas de incubação, sendo que no quinto dia (E5) de desenvolvimento embrionário, ocorre o início da formação da boca, proventrículo e moela¹⁹. O estímulo luminoso durante os primeiros dias de incubação talvez tenha prejudicado de alguma forma o desenvolvimento do trato gastrointestinal. Esperava-se, portanto, resultados semelhantes para o peso dos demais órgãos avaliados, porém, esse efeito não foi observado.

A exposição dos embriões à luz LED nas cores verde e vermelha também não proporcionaram melhoras para as variáveis de desempenho zootécnico. No presente estudo, foi observado maior consumo de ração no grupo que não recebeu estímulo luminoso, contrariando os achados de Zhang et al.¹⁴, que demonstraram que a luz LED verde a uma intensidade luminosa de 15 lux durante a embriogênese aumentou significativamente o consumo de ração e melhorou a eficiência alimentar das aves estudadas.

Em estudos conduzidos por Rozenboim et al.², Halevy et al.²⁰ e Zhang et al.²¹, foi constatado que a luz durante a incubação estimulou significativamente o crescimento muscular, através do aumento da proliferação e diferenciação das células satélites. Nos resultados do presente estudo, entretanto, nenhum resultado positivo foi observado para o rendimento de carcaça e dos cortes nos grupos expostos à luz durante a incubação.

É possível observar que existem contradições entre os resultados obtidos neste estudo e nos encontrados na literatura com relação aos efeitos de uma fotoestimulação durante o período embrionário. Possíveis argumentos para justificar a ausência de efeitos no presente estudo seria devido ao tipo de luz utilizada e também às características físicas dos ovos utilizados.

De acordo com as afirmações de Shafey¹⁰, cada tipo de lâmpada possui características peculiares e emitem espectros de luz diferentes, podendo alterar a quantidade de luz que incide nos ovos e consequentemente, afetar os possíveis efeitos benéficos causados pela luz.

Além do tipo de luz utilizada, a quantidade de luz que consegue penetrar a casca dos ovos e atingir o embrião em desenvolvimento também pode ser determinante para que se possa obter os efeitos esperados da fotoestimulação. Sendo assim, as possíveis diferenças com relação as características das cascas dos ovos, como tamanho do ovo, espessura da casca, porosidade e coloração podem também justificar os resultados contraditórios encontrados na literatura.

Tendo em vista a relação entre idade das matrizes e as características físicas dos ovos, supõe-se que os ovos utilizados no presente estudo apresentassem cascas mais finas e com maior porosidade, uma vez que, os ovos foram provenientes de matrizes de idade avançada (54 semanas). A espessura mais fina das cascas, assim como, a maior porosidade poderia facilitar a penetração da luz pelas cascas e atingir os embriões de forma mais eficiente, entretanto, os efeitos esperados da fotoestimulação durante o período embrionário não foram observados.

Em estudo publicado por Gold e Kalb²², os autores demonstraram que a presença de uma fonte de luz incandescente ou fluorescente no interior das incubadoras pode resultar em um aumento da temperatura da máquina. Portanto, em alguns casos, é difícil separar os efeitos decorrentes de um aquecimento dos embriões de um efeito decorrente da fotoestimulação e por isso, seria necessário analisar com mais precaução todas as condições físicas presentes nas máquinas de incubação dos diversos estudos que avaliaram os efeitos da estimulação luminosa durante o período de desenvolvimento embrionário.

As temperaturas das máquinas e das cascas dos embriões foram aferidas e monitoradas durante todo o período de incubação com o auxílio de sensores, acoplados nas cascas, e de *data loggers*, colocados no interior das máquinas. A partir da temperatura dos embriões foi possível ajustar diariamente a temperatura das máquinas com o intuito de se manter uma temperatura capaz de proporcionar o melhor desenvolvimento aos embriões (99,5 a 100,4°F).

Rozenboim et al.² provaram em seu estudo, que aproximadamente um minuto de estimulação com luz LED verde em regime contínuo é capaz de elevar a temperatura do embrião em até 0,01°F, enquanto um regime de luz intermitente, utilizando-se períodos de iluminação de até 15 minutos seguido por 15 minutos de escuro esse superaquecimento é eliminado. Sendo assim, os autores sugeriram utilizar um regime de luz intermitente com o objetivo de anular um possível superaquecimento decorrente da presença das luzes no interior das máquinas de incubação.

No presente estudo, foram utilizados dois tratamentos com a presença de luz LED verde, um com luz contínua (24 horas de luz) e outro com luz intermitente (15 minutos de luz e 15 minutos sem luz). Assim como foi observado por Rozenboim et al.², a elevação da temperatura embrionária em regimes contínuos também foi constada neste estudo. Apesar da temperatura dos embriões do grupo que foi incubado com luz verde contínua ter sido superior aos demais grupos avaliados, a temperatura embrionária manteve-se dentro da faixa de

temperatura considerada ideal e ainda assim, não foi possível detectar nenhum tipo de efeito benéfico decorrente da fotoestimulação durante o período de incubação.

5. CONCLUSÃO

Nas condições propostas no presente estudo, o uso de luzes do tipo LED nas cores verde e vermelha durante o período de desenvolvimento de embriões de frangos de corte da linhagem Ross 708 não promoveu melhoras no rendimento da incubação, desempenho zootécnico e características de carcaça.

6. REFERÊNCIAS

1. Deep A, Schwan-Lardner K, Crowe TG, Fancher BI, Classen HL. Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics, and welfare. *Poult Sci.* 2010;89(11):2326-2333.
2. Rozenboim I, Piastun Y, Mobarkey N, Barak M, Hoyzman A, Halevy O. Monochromatic light stimuli during embryogenesis enhance embryo development and posthatch growth. *Poult Sci.* 2004;83:1413–1419.
3. Araújo WAG, Albino LFT. Incubadoras de estágio único e múltiplo. In: Araújo WAG, Albino LFT. *Comercial incubation*. Viçosa: Transworld Research Network; 2011. p.69-88.
4. Cooper CB, Voss MA, Ardia DR, Austin SH, Robinson WD. Light increases the rate of embryonic development: implications for latitudinal trends in incubation period. *Br Ecol Soc.* 2011;25:269-776.
5. Cooper JB. Effect of light during incubation on hatchability of turkey eggs. *Poult Sci.* 1972; 51:1105-1108.
6. Walter JH, Voitle RA. Effect of photoperiod during incubation on embryonic and post-embryonic development of broilers. *Poult Sci.* 1972;51:1122-1126.
7. Coleman MA, McDaniel GR. Light altered changes in the embryonic age versus incubation age of White Leghorn embryos. *Poult Sci.* 1976;55:2483-2485.
8. Walter JH, Voitle RA. Effects of photoperiod during incubation on embryonic and post-embryonic development of quail and chickens. *Br Poult Sci.* 1973;14:533-540.
9. Ghatpande A, Ghatpande S, Khan MZ (1995) Effect of different intensities of fluorescent light on the early development of chick embryos in ovo. *Cell Mol Biol Res.* 1995;41:613-621.
10. Shafey TM. Effect of lighted incubation on embryonic growth and hatchability performance of two strains of layer breeder eggs. *Br Poult Sci.* 2004;45(2):223-229.
11. Shafey TM, Al-mohsen TH. Embryonic growth, hatching time and hatchability performance of meat breeder eggs incubated under continuous green light. *Asian-Aust J Anim Sci.* 2002;12:1702-1707.
12. Veterany L, Hluchy S, Toman R, Cabaj M, Adamkovicova M. The effect of white and monochromatic lights on chicken hatching. *Zootehnie si Biotechnologii.* 2007;40:411-417.
13. Rozenboim I, Huisinga R, Halevy O, ElHalawani ME. Effect of embryonic photostimulation on the posthatch growth of turkey poults. *Poult Sci.* 2003;82:1181-1187.
14. Zhang L, Zhang HJ, Qiao X, Yue HY, Wu SG, Yao JH, Qi GH. Effect of monochromatic light stimuli during embryogenesis on muscular growth, chemical composition, and meat quality of breast muscle in male broilers. *Poult Sci.* 2012;91:1026-1031.
15. Archer GS. Effect of exposing layer and broiler eggs to red or white light during incubation. *Intern J of Poult Sci.* 2015;14(9):491-496.

16. Gonzales E. Análise de problemas de eclodibilidade e fertilidade de plantéis avícolas por métodos de embriodiagnóstico. In: X Congresso Nacional de Zootecnia – Zootec. Campo Grande. 2005. Disponível em: http://www.abz.org.br/files.php?file=documentos/Elisabeth_91001_3612. Acesso em: 15 jan. 2017.
17. Tullet S. Ross Tech: Investigating hatchery practice. 2009. [acesso 15 abr 2017]. Disponível em: www.aviagen.com.
18. Huth JC, Archer GS. Effects of LED lighting during incubation on layer and broiler hatchability, chick quality, stress susceptibility and post-hatch growth. *Poult Sci*. 2015;94:3052-3058.
19. Maiorka A, Rocha C. Dietas iniciais, desenvolvimento do trato gastrointestinal e impacto sobre o desempenho de frango de corte. V Intestinal Health Food Safety Seminar, 2009.
20. Halevy O, Piestum Y, Rozenboim I, Yablonka-Reuveni Z. In ovo exposure to monochromatic green light promotes skeletal muscle cell proliferation and affects myofiber growth in posthatch chicks. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2006;290:1062-1070.
21. Zhang L, Zhang HJ, Wang J, Wu SG, Qiao X, Yue HY, Yao JH, Qi GH. Stimulation with monochromatic green light during incubation alters satellite cell mitotic activity and gene expression in relation to embryonic and posthatch muscle growth of broiler chickens. *Anim*. 2014;8(1):86-93.
22. Gold PS, Kalb J. Secondary heating of chicken eggs exposed to light during incubation. *Poult Sci*. 1976;55:34-39.

CAPÍTULO 3 – RENDIMENTO DA INCUBAÇÃO, DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE EXPOSTOS À LUZ MONOCROMÁTICA VERDE EM DIFERENTES MOMENTOS DURANTE A INCUBAÇÃO

RESUMO: O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos da exposição de ovos de matrizes de frangos de corte à luz monocromática verde em diferentes fases do período de incubação sobre o rendimento da incubação, desempenho zootécnico e características de carcaça. Um total de 3.696 ovos da linhagem Ross 708 foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos. Os tratamentos foram: 1) 21 dias de incubação no escuro; 2) 21 dias de incubação com luz verde contínua; 3) escuro até o quinto dia de desenvolvimento embrionário (E5) e luz verde contínua até o nascimento; 4) luz verde contínua até E5 e escuro até o nascimento; 5) escuro até o décimo oitavo dia de desenvolvimento embrionário (E18) e luz verde contínua até o nascimento; 6) luz verde contínua até E18 e escuro até o nascimento. As temperaturas das máquinas foram reguladas diariamente com o objetivo de se obter uma temperatura ótima da casca do ovo durante todo o período de desenvolvimento embrionário. Ao nascimento, 144 pintos (24/tratamento) foram pesados com e sem o resíduo vitelino. Proventrículo, moela e fígado foram pesados e o intestino total medido. Foram calculados os percentuais de eclosão em relação ao número de ovos incubados e eclosão em relação ao número de ovos férteis. Todos os ovos não eclodidos foram analisados no embriodiagnóstico. Após o nascimento, 1.440 pintos foram alojados em 72 boxes. As variáveis de desempenho foram avaliadas até 42 dias de idade. Aos 42 dias, 4 aves por repetição foram abatidas e processadas para determinar o rendimento de carcaça e de cortes comerciais. Após evisceração, os órgãos foram pesados e comprimento do intestino foi mensurado. Os dados foram analisados em blocos casualizados em esquema fatorial 6x2 (6 tratamentos e 2 sexos), com 12 repetições e 20 aves em cada parcela. Houve efeito significativo para as variáveis de eclosão e eclosão sobre férteis, sendo os maiores percentuais de eclosão observados no grupo que não recebeu nenhum estímulo luminoso durante os 21 dias de incubação. O percentual de bicados mortos no grupo que recebeu estímulo luminoso até E18 foi maior do que nos outros tratamentos estudados. Não houve efeito significativo entre os diferentes estímulos luminosos para mortalidade embrionária, pesos dos pintos com e sem o resíduo vitelino, peso de órgãos e comprimento total de intestino. Aos sete dias o grupo incubado no escuro durante todo o período de incubação apresentou a pior conversão alimentar (CA), entretanto, aos 35 e 42 dias este mesmo tratamento apresentou a melhor CA. Houve interação significativa entre estímulo luminoso e sexo para rendimento de peito. Para os machos o menor rendimento de peito foi observado no grupo que recebeu estímulo luminoso até E18. Comparando-se os sexos, constatou-se maior rendimento para fêmeas oriundas de incubação com estímulo luminoso até E18. Não foram encontrados efeitos significativos para peso e comprimento de órgãos. Em conclusão, sob as condições propostas neste experimento, a exposição à luz monocromática verde durante diferentes fases do período de incubação não afetou os parâmetros de incubação e desenvolvimento no período pós-eclosão.

Palavras-chave: embrião, estímulo luminoso, LED, frangos de corte

CHAPTER 3 – HATCHING TRAITS, PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS OF BROILERS EXPOSED TO MONOCHROMATIC GREEN LIGHT AT DIFFERENT TIMES DURING INCUBATION

ABSTRACT: This study was conducted to evaluate the effects of monochromatic green light exposure on broiler breeder eggs at different times during incubation on hatching traits, performance and carcass characteristics. A total of 3,696 eggs from Ross 708 breeders were distributed in a completely randomized design with six treatments. Treatments were: 1) 21d of incubation in the dark; 2) 21d of incubation with continuous green light; 3) dark until E5 and continuous green light until hatch; 4) continuous green light until E5 and dark until hatch; 5) dark until E18 and continuous green light until hatch; 6) continuous green light until E18 and dark until hatch. Machine temperatures were adjusted daily in order to obtain optimal eggshell temperature during whole incubation period. At hatch, 144 chicks (24/treatment) were weighted with and without residual yolk. Proventriculus, gizzard and liver were weighted and intestine measured. Hatch and hatch of fertile eggs were calculated. All unhatched eggs were analyzed in embryo diagnosis. After hatch, 1,440 chicks were placed in 72 boxes. Performance variables were evaluated until 42 d of age. At 42 d, 4 chicks from each replicate were slaughtered and processed to determine carcass yield and cut up parts. After evisceration, organs were weighed and intestine length was measured. Data were analyzed as completely randomized block design in a factorial arrangement 6x2 (6 treatments and 2 sexes), with 12 replicates and 20 chicks in each replicate. There were significant effects of light treatments on hatch and hatch of fertile, with the highest hatchability observed in the group that was incubated in dark conditions. Dead pipped percentage was higher in the group that receive light stimuli until E18. No significant effects were observed for embryo mortality, chick body weight, chick yolk free body weight, organs weight and intestine length. At seven d, the treatment that was incubated in dark conditions had the worst feed conversion ratio (FCR), however, at 35 and 42 d, this group showed the lowest FCR. Significant interaction was observed between light stimuli and sex for breast yield. Male chicks that were light stimulated until E18 had the lowest breast yield. Comparing sexes, the highest breast yield was observed for females that were light stimulated until E18 during incubation. There were no significant effects for organs weight and intestine length. In conclusion, under the conditions proposed in this experiment, monochromatic green light exposure at different times during incubation period did not affect incubation and post hatch parameters.

Keywords: embryo, light stimuli, LED, broilers

1. INTRODUÇÃO

O período embrionário tem recebido destaque considerável nas últimas décadas. O incubatório tem a grande responsabilidade de produzir pintos de qualidade, tendo em vista que a maximização dos índices de desempenho produtivo a campo está relacionada a qualidade dos pintos de um dia¹, que por sua vez, pode ser determinada pelo peso ao primeiro dia, pela uniformidade, além de boa hidratação, cicatrização do umbigo, ausência de defeitos físicos e de contaminações bacterianas e fúngicas².

O desenvolvimento de embriões de frangos de corte é diretamente influenciado pelas condições ambientais presentes no interior das máquinas de incubação. Sendo assim, o enfoque das pesquisas relacionadas a incubação artificial tem sido na manipulação dos fatores físicos como temperatura, umidade relativa e concentração de gases com o intuito de melhorar a eclodibilidade, desenvolvimento embrionário e crescimento pós-eclosão³.

Atualmente, a iluminação artificial é utilizada a campo com o objetivo de estimular as atividades biológicas associadas ao crescimento e reprodução das aves⁴. Nos incubatórios comerciais, os ovos de matrizes pesadas são incubados no escuro⁵, entretanto, diversos estudos tem demonstrado que a estimulação luminosa durante a incubação pode acelerar o desenvolvimento dos embriões e conseqüentemente, influenciar no rendimento do processo de incubação⁶. Além disso, Rozenboim et al.⁷ afirmaram que existem grandes evidências de que a influência da estimulação luminosa durante a incubação pode persistir durante a fase pós-eclosão, afetando principalmente o crescimento muscular de frangos de corte.

Shutze et al.⁸ observaram que a fotoestimulação durante a incubação acelerou o desenvolvimento embrionário e diminuiu o período total de incubação em aproximadamente um dia, quando comparado com ovos que foram incubados no escuro. Siegel et al.⁹ afirmaram que a estimulação luminosa durante a primeira semana de incubação promoveu efeitos mais pronunciados, acelerando o desenvolvimento embrionário em até 10 horas, quando comparado com o estímulo luminoso durante a segunda e terceira semanas de incubação.

Em estudo realizado com codornas, Khalil¹⁰ observou que os ovos que foram estimulados com luz branca durante a incubação apresentou maior percentual de eclodibilidade, peso vivo relativo, peso relativo de fígado, coração e moela e menor percentual de embriões com mortalidade no período final de incubação.

Rozenboim et al.^{7,11} concluíram que a utilização de luz monocromática verde durante o período embrionário promoveu efeitos benéficos no período pós-eclosão, melhorando o desempenho a campo de perus e frangos de corte. Recentemente, Zhang et al.¹² encontraram

resultados semelhantes, no qual a estimulação com luz monocromática verde do tipo LED durante o período de embriogênese aumentou o peso vivo e o crescimento muscular de frangos de corte.

Tendo em vista os possíveis efeitos da fotoestimulação durante o período de desenvolvimento embrionário, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da exposição de ovos de matrizes pesadas de frangos de corte à luz verde em diferentes fases do período de incubação sobre o rendimento da incubação, desempenho zootécnico e características de carcaça.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

O experimento foi conduzido no *Prestage Department of Poultry Science da North Carolina State University - NCSU*, Raleigh, Carolina do Norte, Estados Unidos da América. Os procedimentos experimentais foram submetidos à avaliação e aprovados (protocolo: 14-113-A) pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da *North Carolina State University – Institutional Animal Care and Use Committee (IACUC)*.

2.2 Incubação

Foram utilizados um total de 3.696 ovos obtidos de lotes de matrizes pesadas da linhagem comercial Ross 708 de 62 semanas de idade. Os ovos utilizados foram provenientes da Unidade experimental de matrizes pesadas da *North Carolina State University*.

Os ovos passaram previamente por uma seleção visual, considerando-se ovos incubáveis aqueles que apresentaram casca limpa e íntegra e forma elíptica. Ovos pontiagudos, com trincas, quebrados, sujos ou arredondados foram descartados.

Após a seleção visual, todos os ovos foram individualmente identificados e pesados a fim de obter-se o peso médio dos ovos no momento da incubação.

Os ovos foram distribuídos aleatoriamente nas bandejas e carrinhos de incubação e em seguida, transferidos para sala de pré-aquecimento, no qual permaneceram durante oito horas até atingirem a temperatura de aproximadamente 25 a 27°C.

A incubação foi realizada em quatro máquinas comerciais adaptadas (Chick Master) com capacidade para incubação de aproximadamente 2.000 ovos cada e distribuídos em um total de 28 bandejas de incubação com capacidade para 132 ovos cada. Duas máquinas permaneceram no escuro e duas máquinas foram equipadas com as luzes do tipo LED.

Os ovos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos. Os tratamentos estudados foram:

- 1) 21 dias de incubação sem estimulação luminosa (escuro);
- 2) 21 dias de incubação com estimulação luminosa verde contínua;
- 3) Ausência de estimulação luminosa até o quinto dia de desenvolvimento embrionário (E5) e estimulação com luz verde contínua até o nascimento;

- 4) Estimulação com luz verde contínua até E5 e ausência de estimulação luminosa até o nascimento;
- 5) Ausência de estimulação luminosa até o décimo oitavo dia de desenvolvimento embrionário (E18) e estimulação com luz verde contínua até o nascimento;
- 6) Estimulação com luz verde contínua até E18 e ausência de estimulação luminosa até o nascimento.

As lâmpadas do tipo LED da cor verde (Modelo: LED #3528-60) foram afixadas no fundo, lateral e na porta das máquinas. A intensidade de luz nos ovos foi medida com o auxílio de um luxímetro, sendo detectada uma intensidade de 250 lux.

Os tratamentos que permaneceram no escuro ou que receberam estimulação luminosa durante toda a incubação permaneceram nas mesmas máquinas durante todo o período e no E18 foram transferidos para nascedouros com ou sem estimulação luminosa, respectivamente.

No quinto dia de desenvolvimento embrionário o tratamento que permaneceu no escuro até E5 foi transferido para as máquinas que possuíam a luz verde e o tratamento que recebeu estímulo luminoso até E5 foi transferido para as máquinas sem iluminação, nos quais permaneceram até o momento da transferência para os nascedouros.

No momento da transferência (E18), o tratamento que permaneceu no escuro até E18 foi transferido para o nascedouro que possuía luz verde e o tratamento que recebeu estímulo luminoso até E18 foi transferido para o nascedouro sem iluminação, nos quais permaneceram até o momento do nascimento.

A transferência das respectivas bandejas nos dois momentos (E5 e E18) foi realizada em ambiente controlado mantendo-se a temperatura da sala de incubação e de nascimento em torno de 37°C, a fim de se evitar desvios na temperatura dos embriões em desenvolvimento.

Uma vez que todos os ovos eram da mesma idade, as condições de temperatura e umidade relativa da incubadora foram reguladas diariamente seguindo um protocolo de incubação em estágio único, a fim de manter a temperatura da casca do ovo entre a faixa de 99,5 até no máximo 100,4°F durante todo o período de incubação. A umidade relativa foi inicialmente regulada para 50% e ajustada ao longo da incubação. A viragem foi programada para cada hora em um ângulo de 45° até o décimo oitavo dia de incubação.

A temperatura e umidade relativa das máquinas foram ajustadas manualmente de acordo com as necessidades do embrião, que foram monitorados com o auxílio de sensores (Cooper-Atkins® Modelo 4011) capazes de medir a temperatura da casca do ovo. Os sensores

foram acoplados em dois ovos por bandeja e a temperatura da casca dos ovos foram aferidas quatro vezes por dia. Além disso, dois *data loggers* (sensores que registram a temperatura e umidade relativa - HOB0® Modelo Pro v2) foram colocados no interior de cada máquina, com o objetivo de se verificar que o perfil de temperatura foi devidamente alcançado durante todo o período de incubação.

No décimo oitavo dia de incubação (E18), foi realizada a ovoscopia de todos os ovos incubados, com o intuito de eliminar os ovos inférteis ou com mortalidade embrionária. Os ovos que possuíam embriões em desenvolvimento foram novamente pesados e acondicionados individualmente em sacos ar-permeável, com o objetivo de se identificar o pinto neonato com o respectivo ovo ao final do nascimento. Em seguida, os ovos foram transferidos para as bandejas de nascimento e encaminhados para os nascedouros.

Ao nascimento, 24 pintos por tratamento, foram pesados e em seguida, eutanasiados por deslocamento cervical e novamente pesados sem o resíduo vitelino. Os pesos corporal e peso corporal sem o resíduo vitelino foram expressos em valores absolutos e em relação ao peso do ovo ($\text{peso do pinto} * 100 / \text{peso do ovo}$).

Proventrículo, moela e fígado foram coletados e pesados e o comprimento total do intestino medido. Os pesos dos órgãos foram expressos em relação ao peso corporal sem o resíduo vitelino ($\text{peso do órgão} * 100 / \text{peso corporal sem o resíduo vitelino}$). O comprimento do intestino foi expresso em valores absolutos. Cada pinto foi considerado uma repetição, totalizando 144 pintos analisados.

Foram calculados o percentual de eclosão em relação ao total de ovos incubados e o percentual de eclosão em relação aos ovos férteis. O número de ovos férteis, utilizado para os cálculos da eclosão em relação aos ovos férteis, foi obtido através da análise do embriodiagnóstico. As repetições foram constituídas pelas bandejas, totalizando 28 bandejas avaliadas.

Ao final do período de incubação, todas as bandejas foram retiradas dos nascedouros e os ovos não eclodidos foram recolhidos, quebrados e seu conteúdo analisado no embriodiagnóstico.

2.3 Desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e desenvolvimento de órgãos

Após o nascimento, todos os pintos eclodidos provenientes do ensaio de incubação foram sexados pela asa e aqueles que apresentaram algum tipo de deformação grave foram

descartados. Em seguida as aves foram encaminhadas para o galpão número 7, localizado na Unidade experimental de frangos de corte da *North Carolina State University*.

Um total de 1.440 pintos de um dia, sendo 720 machos e 720 fêmeas foram alojados em galpão sobre piso. Foram utilizados 72 boxes individuais, sendo 36 boxes de machos e 36 de fêmeas e as aves foram criadas até 42 dias de idade.

Os pintos foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 6x2 (seis tratamentos e dois sexos), com 12 repetições, sendo a parcela constituída por 20 aves cada. O galpão foi dividido em seis linhas constituídas por 12 boxes cada, sendo, portanto, cada linha considerada um bloco. Todas as aves foram identificadas no pescoço com uma etiqueta numerada.

As aves foram alojadas sob as mesmas condições de iluminação, sendo a intensidade de luminosidade de 20 lux durante os primeiros sete dias de idade e de oito até o final do período experimental de 10 lux.

Foi disponibilizada água e ração *ad libitum* e as dietas foram elaboradas em três fases: fase inicial (1 a 14 dias), crescimento (15 a 35 dias) e final (36 a 42 dias).

As aves foram pesadas com sete, 14, 35 e 42 dias de idade, bem como as rações utilizadas e as sobras para cálculo de ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. A mortalidade foi registrada diariamente e as aves mortas foram pesadas para cálculo de correção do consumo de ração e da conversão alimentar.

Aos 42 dias de idade, após jejum alimentar de oito horas, duas aves por unidade experimental, representando o peso médio da parcela, foram insensibilizadas e abatidas por sangria na veia jugular. A depenagem foi realizada mecanicamente e a evisceração manualmente removendo-se a cabeça, pescoço e pés. O rendimento da carcaça eviscerada, de peito, coxa + sobrecoxa e asas foram expressos em relação ao peso vivo das aves.

Após a evisceração foram coletados e pesados o proventrículo, moela e fígado e o comprimento total do intestino foi mensurado.

2.4 Análise estatística

Todos os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, considerando nível de significância de 5%.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando programa estatístico JMP® 12 (JMP® 12. Cary, NC: SAS Institute INC).

3. RESULTADOS

Nas Figuras 1 e 2 estão representados os valores médios das temperaturas registradas nos *data loggers*, o registro das máquinas e a temperatura registrada nos sensores acoplados aos ovos das máquinas que receberam luz verde contínua e das máquinas que não receberam estímulo luminoso.

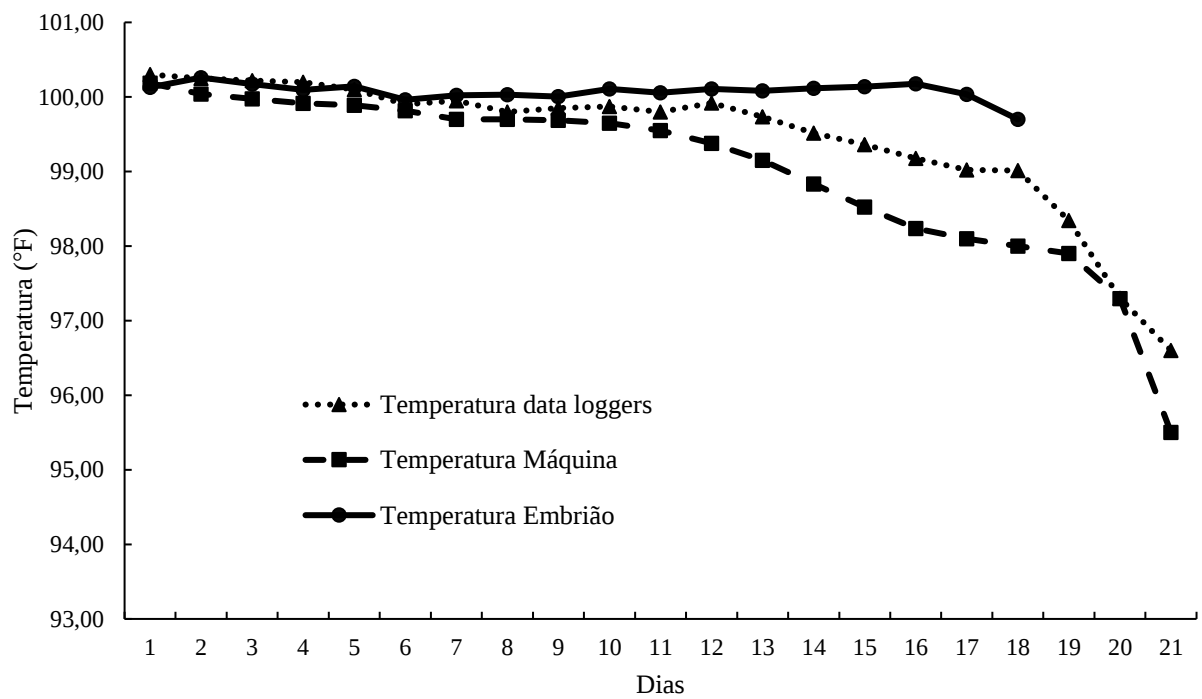


FIGURA 1 - Temperatura registrada nos *data loggers*, temperatura registrada na máquina e temperatura do embrião das máquinas que receberam luz verde contínua.

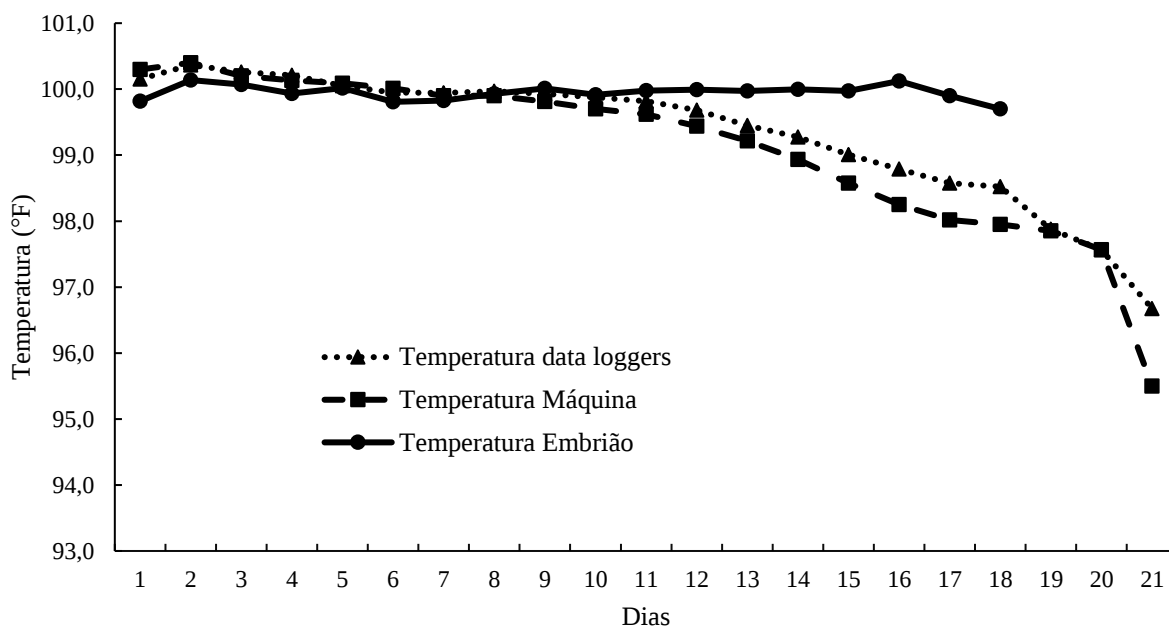


FIGURA 2 - Temperatura registrada nos *data loggers*, temperatura registrada na máquina e temperatura do embrião das máquinas que não receberam estímulo luminoso (escuro).

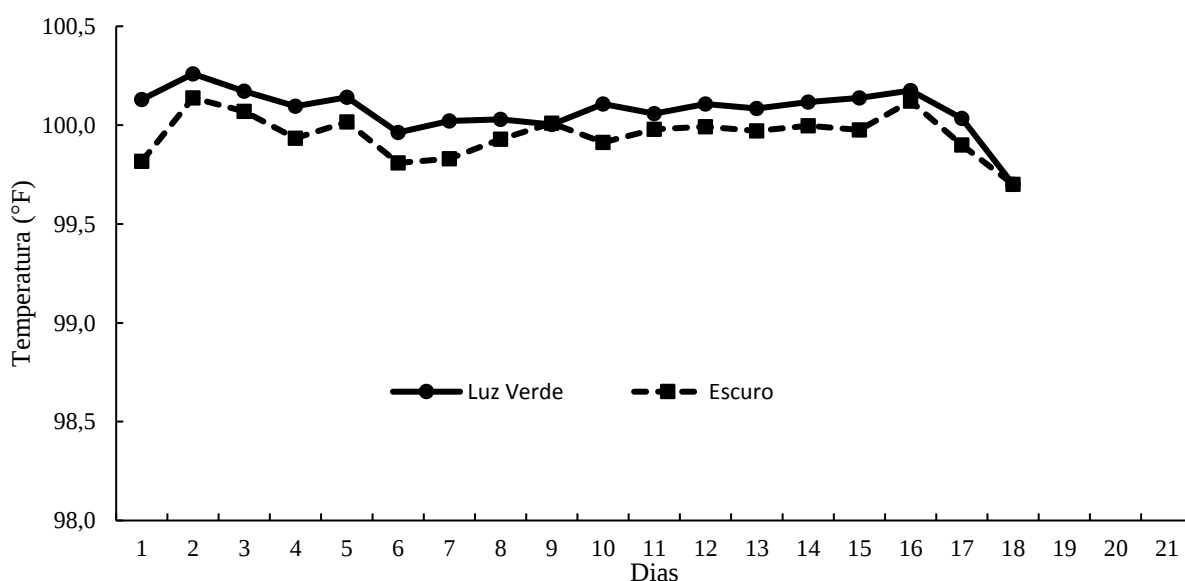


FIGURA 3 - Temperatura dos embriões estimulados com luz verde e ausência de luz (escuro) durante a incubação.

A temperatura das máquinas de incubação foi regulada ao longo de todo período de incubação baseando-se na temperatura embrionária, que foi registrada pelos sensores acoplados a casca do ovo (Figuras 1 e 2). Observa-se que tanto nas máquinas que receberam a luz LED verde em regime contínuo, quanto nas máquinas que permaneceram no escuro (Figura 3) a temperatura do embrião permaneceu dentro do limite de temperatura (99,5 a 100,4°F) considerado ideal para que ocorra um desenvolvimento embrionário satisfatório.

Os resultados de eclosão em relação ao número de ovos incubados e eclosão em relação ao número de ovos férteis encontram-se na Tabela 1. Os ovos incubados no escuro durante todo o período de incubação apresentaram maior percentual de eclosão em relação ao número de ovos incubados (84,45%), no entanto, não diferiram dos tratamentos que permaneceram no escuro de 1-5 e 1-18 dias de incubação. Da mesma forma, o percentual de eclosão em relação ao número de ovos férteis foi maior para o grupo que não recebeu estímulo luminoso durante todo o período de incubação (94,26%), apesar de também não diferir dos grupos que receberam luz verde contínua durante toda incubação e do grupo que permaneceu no escuro durante 1-5 dias de desenvolvimento embrionário.

TABELA 10 - Percentual de eclosão em relação ao número de ovos incubados e eclosão em relação ao número de ovos férteis da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa em diferentes períodos durante a incubação

Tratamentos	Eclosão (%)	Eclosão/Férteis (%)
21d E	84,45 ± 0,93 ^a	94,26 ± 0,82 ^a
21d L	79,82 ± 0,93 ^b	91,93 ± 0,82 ^{ab}
1-5d E:6-21d L	80,78 ± 1,23 ^{ab}	92,78 ± 1,10 ^{ab}
1-5d L:6-21d E	80,00 ± 1,23 ^b	91,12 ± 1,10 ^b
1-18d E:19-21 L	81,33 ± 1,23 ^{ab}	90,68 ± 1,10 ^b
1-18d L:19-21d E	80,23 ± 1,23 ^b	90,93 ± 1,10 ^b
----- P ¹ -----		
	0,050	0,011
----- CV(%) ² -----		
	3,41	2,78

E = Escuro; L = Luz verde contínua

^{ab}Médias seguidas por letras diferentes na coluna são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey (P≤0,05)

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

Não houve diferença para o percentual de inférteis, mortalidade embrionária em nenhuma das fases consideradas, bicados vivos e vivos não bicados (Tabela 2). O grupo que recebeu estímulo luminoso durante 1-18 dias de desenvolvimento embrionário apresentou o maior percentual de bicados mortos (0,96%), apesar de não diferir dos grupos que permaneceram no escuro de 1-5 e 1-18 dias e do tratamento que recebeu estímulo luminoso de 1-5 dias de desenvolvimento de embrionário.

TABELA 2 - Resultados do embriodiagnóstico de ovos férteis da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa em diferentes períodos durante a incubação

Tratamentos	Inférteis (%)	Mortalidade Embrionária (%)			Bicado Morto (%)	Bicado Vivo (%)	Vivo não bicado (%)
		1 – 5 d	6 – 18 d	19 – 21 d			
21d E	11,47 ± 0,74	2,81 ± 0,62	0,31 ± 0,37	0,66 ± 0,30	0,00 ± 0,18 ^b	0,00 ± 0,22	0,30 ± 0,15
21d L	13,15 ± 0,74	3,96 ± 0,62	1,74 ± 0,37	0,84 ± 0,30	0,00 ± 0,18 ^b	0,00 ± 0,22	0,49 ± 0,15
1-5d E:6-21d L	12,95 ± 0,99	3,88 ± 0,75	0,96 ± 0,46	0,95 ± 0,38	0,48 ± 0,22 ^{ab}	0,00 ± 0,22	0,00 ± 0,20
1-5d L:6-21d E	12,18 ± 0,99	4,20 ± 0,75	0,95 ± 0,46	0,95 ± 0,38	0,57 ± 0,22 ^{ab}	0,76 ± 0,22	0,39 ± 0,20
1-18d E:19-21 L	10,29 ± 0,99	4,58 ± 0,75	1,76 ± 0,46	1,16 ± 0,38	0,49 ± 0,22 ^{ab}	0,00 ± 0,22	0,39 ± 0,20
1-18d L:19-21d E	11,78 ± 0,99	3,85 ± 0,75	1,54 ± 0,46	0,96 ± 0,38	0,96 ± 0,22 ^a	0,19 ± 0,22	0,49 ± 0,20
----- p ¹ -----							
	0,168	0,819	0,521	0,917	0,033	0,235	0,792
----- CV ² -----							
	18,09	38,29	88,39	99,99	135,66	242,48	179,40

E = Escuro; L = Luz verde contínua

^{ab}Médias seguidas por letras diferentes na coluna são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey (P≤0,05)¹Valor da probabilidade da análise de variância²CV(%)=Coeficiente de variação

Não houve diferença significativa para peso do pinto, peso do pinto sem o resíduo vitelino e os respectivos pesos relativos (Tabela 3). Da mesma forma, não foram constatadas diferenças entre grupos estudados para peso relativo de órgãos e comprimento total de intestino (Tabela 4).

TABELA 3 - Peso vivo e peso vivo sem o resíduo vitelino em gramas e percentual em relação ao peso do ovo de pintos neonatos da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa em diferentes períodos durante a incubação

Tratamentos	Peso Pinto (g)	Peso Pinto (%) ¹	Peso Pinto sem resíduo vitelino (g)	Peso Pinto sem resíduo vitelino (%) ¹
21d E	50,14 ± 0,74	73,06 ± 0,35	42,55 ± 0,56	61,65 ± 0,32
21d L	49,50 ± 0,71	72,97 ± 0,34	41,99 ± 0,56	61,94 ± 0,31
1-5d E:6-21d L	49,05 ± 0,72	72,43 ± 0,35	41,75 ± 0,56	62,00 ± 0,32
1-5d L:6-21d E	50,38 ± 0,71	73,07 ± 0,34	42,27 ± 0,56	61,32 ± 0,31
1-18d E:19-21 L	49,95 ± 0,72	72,64 ± 0,34	42,58 ± 0,56	61,43 ± 0,31
1-18d L:19-21d E	51,05 ± 0,71	73,49 ± 0,35	43,46 ± 0,56	62,16 ± 0,32
----- p ² -----				
	0,448	0,347	0,336	0,347
----- CV(%) ³ -----				
	6,87	2,30	6,42	2,48

E = Escuro; L = Luz verde contínua

¹Percentual de peso do pinto em relação ao peso do ovo

²Valor da probabilidade da análise de variância

³CV(%)=Coeficiente de variação

TABELA 4 - Pesos relativos de proventrículo, moela e fígado e comprimento de intestino de pintos neonatos da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa em diferentes períodos durante a incubação

Tratamentos	Proventrículo (%) ¹	Moela (%) ¹	Fígado (%) ¹	Intestino (cm)
21d E	0,73 ± 0,02	3,88 ± 0,10	2,55 ± 0,08	34,74 ± 0,65
21d L	0,72 ± 0,02	3,92 ± 0,10	2,55 ± 0,08	34,46 ± 0,65
1-5d E:6-21d L	0,75 ± 0,02	4,11 ± 0,10	2,51 ± 0,08	35,62 ± 0,65
1-5d L:6-21d E	0,71 ± 0,02	3,94 ± 0,10	2,47 ± 0,08	34,71 ± 0,65
1-18d E:19-21 L	0,75 ± 0,02	4,10 ± 0,10	2,47 ± 0,08	35,40 ± 0,65
1-18d L:19-21d E	0,72 ± 0,02	3,91 ± 0,10	2,62 ± 0,08	36,07 ± 0,65
----- p ² -----				
	0,682	0,347	0,461	0,455
----- CV(%) ³ -----				
	14,01	11,68	10,23	8,79

E = Escuro; L = Luz verde contínua

¹Percentual de peso dos órgãos em relação ao peso do pinto sem o resíduo vitelino

²Valor da probabilidade da análise de variância

³CV(%)=Coeficiente de variação

Nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 estão representados os resultados de desempenho zootécnico das aves aos sete, 14, 35 e 42 dias de idade, respectivamente. Não foram encontradas diferenças entre os diferentes estímulos luminosos para as variáveis de peso médio, ganho de peso e consumo de ração em todas as idades avaliadas. Houve diferença entre os sexos aos 14, 35 e 42 dias de idade, sendo que os machos apresentaram peso médio, ganho de peso e consumo de ração superiores em comparação as fêmeas.

Aos sete dias de idade, as aves que permaneceram no escuro durante todo o período de desenvolvimento embrionário apresentaram a pior conversão alimentar, apesar de não ter sido diferente da conversão alimentar dos animais oriundos de incubação com estimulação luminosa durante 1-18 dias de desenvolvimento embrionário. Entretanto, aos 35 e 42 dias de idade, as aves oriundas de incubação no escuro apresentaram a melhor conversão alimentar, quando comparadas com todos os demais tratamentos estudados.

TABELA 5 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos sete dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa em diferentes períodos durante a incubação

Tratamentos	PM (g)	GP (g)	CR (g)	CA (g:g)
Incubação				
21d E	170 ± 2	122 ± 2	140 ± 2	1,144 ± 9 ^a
21d L	170 ± 2	122 ± 2	138 ± 2	1,114 ± 9 ^b
1-5d E:6-21d L	173 ± 2	126 ± 2	138 ± 2	1,101 ± 9 ^b
1-5d L:6-21d E	169 ± 2	122 ± 2	134 ± 2	1,109 ± 9 ^b
1-18d E:19-21 L	173 ± 2	126 ± 2	139 ± 2	1,109 ± 9 ^b
1-18d L:19-21d E	172 ± 2	124 ± 2	140 ± 2	1,124 ± 9 ^{ab}
Sexo				
Macho	170 ± 2	123 ± 2	138 ± 1	1,124 ± 5
Fêmea	172 ± 2	125 ± 2	138 ± 1	1,110 ± 5
----- p ¹ -----				
Incubação	0,577	0,454	0,516	0,036
Sexo	0,278	0,173	0,924	0,067
Incubação x Sexo	0,200	0,109	0,233	0,531
----- CV (%) ² -----				
	3,90	5,24	5,86	2,90

E = Escuro; L = Luz verde contínua

^{ab}Médias seguidas por letras diferentes na coluna são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey (P≤0,05)

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

TABELA 6 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos 14 dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa em diferentes períodos durante a incubação

Tratamentos	PM (g)	GP (g)	CR (g)	CA (g:g)
Incubação				
21d E	455 ± 10	408 ± 10	538 ± 9	1,317 ± 12
21d L	456 ± 10	408 ± 10	541 ± 9	1,315 ± 12
1-5d E:6-21d L	461 ± 10	414 ± 10	540 ± 9	1,304 ± 12
1-5d L:6-21d E	453 ± 10	406 ± 10	533 ± 9	1,312 ± 12
1-18d E:19-21 L	458 ± 10	411 ± 10	538 ± 9	1,311 ± 12
1-18d L:19-21d E	458 ± 10	410 ± 10	540 ± 9	1,313 ± 12
Sexo				
Macho	466 ± 9 ^a	418 ± 9 ^a	550 ± 8 ^a	1,310 ± 11
Fêmea	448 ± 9 ^b	401 ± 9 ^b	527 ± 8 ^b	1,313 ± 11
----- p ¹ -----				
Incubação	0,827	0,792	0,919	0,875
Sexo	<,0001	<,0001	<,0001	0,624
Incubação x Sexo	0,310	0,260	0,150	0,113
----- CV (%) ² -----				
	3,40	3,74	3,30	1,99

E = Escuro; L = Luz verde contínua

^{ab}Médias seguidas por letras diferentes na coluna são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey (P≤0,05)

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

TABELA 7 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos 35 dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa em diferentes períodos durante a incubação

Tratamentos	PM (g)	GP (g)	CR (g)	CA (g:g)
Incubação				
21d E	2.441 ± 28	2.393 ± 28	3.325 ± 37	1,360 ± 5 ^b
21d L	2.431 ± 28	2.383 ± 28	3.279 ± 37	1,370 ± 5 ^a
1-5d E:6-21d L	2.423 ± 28	2.376 ± 28	3.268 ± 37	1,379 ± 5 ^a
1-5d L:6-21d E	2.402 ± 28	2.354 ± 28	3.261 ± 37	1,381 ± 5 ^a
1-18d E:19-21 L	2.436 ± 28	2.389 ± 28	3.305 ± 37	1,373 ± 5 ^a
1-18d L:19-21d E	2.429 ± 28	2.382 ± 28	3.285 ± 37	1,379 ± 5 ^a
Sexo				
Macho	2.619 ± 25 ^a	2.571 ± 25 ^a	3.399 ± 33 ^a	1,303 ± 3 ^b
Fêmea	2.236 ± 25 ^b	2.188 ± 25 ^b	3.176 ± 33 ^b	1,444 ± 3 ^a
----- p ¹ -----				
Incubação	0,465	0,459	0,378	0,019
Sexo	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Incubação x Sexo	0,636	0,641	0,685	0,580
----- CV (%) ² -----				
	2,21	2,05	2,41	1,11

E = Escuro; L = Luz verde contínua

^{ab}Médias seguidas por letras diferentes na coluna são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey (P≤0,05)

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

TABELA 8 - Peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) aos 42 dias de idade de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa em diferentes períodos durante a incubação

Tratamentos	PM (g)	GP (g)	CR (g)	CA (g:g)
Incubação				
21d E	2.809 ± 20	2.761 ± 20	4.581 ± 46	1,584 ± 8 ^b
21d L	2.804 ± 20	2.756 ± 20	4.502 ± 46	1,610 ± 8 ^a
1-5d E:6-21d L	2.789 ± 20	2.742 ± 20	4.432 ± 46	1,611 ± 8 ^a
1-5d L:6-21d E	2.782 ± 20	2.734 ± 20	4.486 ± 46	1,622 ± 8 ^a
1-18d E:19-21 L	2.799 ± 20	2.752 ± 20	4.579 ± 46	1,611 ± 8 ^a
1-18d L:19-21d E	2.782 ± 20	2.734 ± 20	4.481 ± 46	1,622 ± 8 ^a
Sexo				
Macho	3.022 ± 15 ^a	2.974 ± 15 ^a	4.837 ± 34 ^a	1,583 ± 7 ^b
Fêmea	2.566 ± 15 ^b	2.519 ± 15 ^b	4.183 ± 33 ^b	1,636 ± 7 ^a
----- P ¹ -----				
Incubação	0,800	0,804	0,066	0,015
Sexo	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Incubação x Sexo	0,603	0,598	0,115	0,547
----- CV (%) ² -----				
	2,26	2,10	3,04	1,63

E = Escuro; L = Luz verde contínua

^{ab}Médias seguidas por letras diferentes na coluna são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey (P≤0,05)

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

Não foram encontradas diferenças entre os estímulos luminosos nos diferentes períodos durante a incubação para as variáveis de características de carcaça (Tabela 9). Observou-se diferença entre os sexos para rendimento de asas e coxa + sobrecoxa. Houve interação entre sexo e os diferentes estímulos luminosos durante a incubação para rendimento de peito (Tabela 10), sendo que para as aves do sexo masculino o menor rendimento de peito foi observado no grupo que recebeu estímulo luminoso de 1-18 dias de incubação. Comparando-se os dois sexos, constatou-se maior rendimento de peito para fêmeas (28,26%) oriundas de incubação com estímulo luminoso de 1-18 dias de desenvolvimento embrionário.

TABELA 9 - Rendimento de carcaça, asas, coxa+sobrecoxa e peito de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa em diferentes períodos durante a incubação

Tratamentos	Carcaça (%)	Asas (%)	Coxa+Sobrecoxa (%)	Peito (%)
Incubação				
21d E	74,40 ± 0,28	6,78 ± 0,06	22,25 ± 0,21	27,44 ± 0,37
21d L	74,45 ± 0,28	6,98 ± 0,06	21,94 ± 0,21	27,28 ± 0,37
1-5d E:6-21d L	75,14 ± 0,28	6,92 ± 0,06	22,12 ± 0,21	27,83 ± 0,37
1-5d L:6-21d E	75,22 ± 0,28	6,86 ± 0,06	22,51 ± 0,21	27,55 ± 0,37
1-18d E:19-21 L	75,03 ± 0,28	7,02 ± 0,06	22,41 ± 0,21	27,37 ± 0,37
1-18d L:19-21d E	74,99 ± 0,28	6,92 ± 0,06	21,89 ± 0,22	27,32 ± 0,37
Sexo				
Macho	74,72 ± 0,19	6,83 ± 0,03 ^b	22,44 ± 0,13 ^a	27,33 ± 0,27
Fêmea	75,02 ± 0,19	6,98 ± 0,03 ^a	21,94 ± 0,13 ^b	27,60 ± 0,27
----- p ¹ -----				
Incubação	0,084	0,258	0,203	0,821
Sexo	0,147	0,010	0,004	0,286
Incubação x Sexo	0,668	0,963	0,960	0,024
----- CV (%) ² -----				
	1,62	5,12	4,37	1,63

E = Escuro; L = Luz verde contínua

^{ab}Médias seguidas por letras diferentes na coluna são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey (P≤0,05)

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

TABELA 10 - Desdobramento da interação entre tratamentos e sexo do rendimento de peito de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa em diferentes períodos durante a incubação

Tratamentos	Sexo	
	Macho	Fêmea
21d E	27,40 ± 0,48 ^{aa}	27,48 ± 0,48 ^{aa}
21d L	27,48 ± 0,48 ^{abA}	27,08 ± 0,48 ^{aa}
1-5d E:6-21d L	27,73 ± 0,48 ^{aa}	27,92 ± 0,48 ^{aa}
1-5d L:6-21d E	27,11 ± 0,48 ^{aa}	27,99 ± 0,48 ^{aa}
1-18d E:19-21 L	27,88 ± 0,48 ^{aa}	26,85 ± 0,48 ^{aa}
1-18d L:19-21d E	26,39 ± 0,48 ^{bb}	28,26 ± 0,48 ^{aa}

E = Escuro; L = Luz verde contínua

^{ab}Médias seguidas por letras diferentes minúscula na coluna e maiúscula na linha são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey (P≤0,05)

Não foram encontradas diferenças entre as aves para peso relativo dos órgãos e comprimento total de intestino. Houve diferença entre os sexos para peso relativo de proventrículo, moela e comprimento de intestino, sendo que as fêmeas apresentaram maior peso relativo dos órgãos e maior comprimento de intestino (Tabela 11).

TABELA 11 - Pesos relativos de proventrículo, moela e fígado e comprimento de intestino de frangos de corte da linhagem Ross 708 submetidos à estimulação luminosa em diferentes períodos durante a incubação

Tratamentos	Proventrículo (%)	Moela (%)	Fígado (%)	Intestino (cm)
Incubação				
21d E	0,28 ± 0,01	1,23 ± 0,03	1,97 ± 0,05	179,08 ± 2,48
21d L	0,26 ± 0,01	1,21 ± 0,03	1,89 ± 0,05	179,29 ± 2,53
1-5d E:6-21d L	0,28 ± 0,01	1,27 ± 0,03	1,93 ± 0,05	180,73 ± 2,53
1-5d L:6-21d E	0,27 ± 0,01	1,17 ± 0,03	1,81 ± 0,05	183,29 ± 2,48
1-18d E:19-21 L	0,28 ± 0,01	1,20 ± 0,03	1,88 ± 0,05	175,33 ± 2,48
1-18d L:19-21d E	0,27 ± 0,01	1,13 ± 0,03	1,85 ± 0,06	179,89 ± 2,50
Sexo				
Macho	0,26 ± 0,01 ^b	1,18 ± 0,02 ^b	1,91 ± 0,04	175,02 ± 1,45 ^b
Fêmea	0,28 ± 0,01 ^a	1,23 ± 0,02 ^a	1,87 ± 0,04	184,18 ± 1,48 ^a
	----- p ¹ -----			
Incubação	0,670	0,077	0,176	0,366
Sexo	0,002	0,050	0,373	<0,001
Incubação x Sexo	0,200	0,109	0,973	0,483
	----- CV (%) ² -----			
	14,26	13,62	11,42	6,74

E = Escuro; L = Luz verde contínua

^{ab}Médias seguidas por letras diferentes na coluna são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey (P≤0,05)

¹Valor da probabilidade da análise de variância

²CV(%)=Coeficiente de variação

4. DISCUSSÃO

O uso de luzes do tipo LED na cor verde em regime contínuo a uma intensidade luminosa de 250 lux durante a incubação não promoveu nenhum tipo de efeito na eclodibilidade e na qualidade dos pintos. As aves que não receberam estímulo luminoso durante os 21 dias de incubação apresentaram o maior percentual de eclosão, demonstrando que ao invés de promover benefícios, a exposição dos embriões à luz verde contínua acarretou em prejuízo na eclodibilidade. Zhang et al.^{12,13,14} também utilizaram luz contínua com lâmpadas do tipo LED na cor verde a uma intensidade luminosa de 15 lux e não constatarem nenhuma diferença entre os grupos expostos à luz e o grupo que não recebeu nenhum estímulo luminoso durante a incubação.

Foi encontrada diferença entre os diferentes estímulos luminosos para o percentual de bicados mortos, sendo que o grupo que recebeu estímulo luminoso até E18 o que apresentou o percentual mais elevado. As principais causas relacionadas com o aumento da presença de pintos que bicam a casca do ovo, mas não conseguem eclodir são altas temperaturas, baixa umidade ou ventilação inadequada¹⁵. A temperatura, assim como todos os demais fatores físicos envolvidos no processo de incubação foram rigorosamente controlados durante todo o ensaio experimental, portanto, possivelmente a diferença encontrada entre os grupos avaliados esteja relacionada com a presença da luz no interior da máquina.

Esse resultado pode ser justificado pelos achados de Wu et al.¹⁶, que observaram aumento dos movimentos dos membros e do tronco de embriões durante a exposição à luz contínua. Bradley e Jahng¹⁷ também observaram que a exposição de embriões à 24 horas de luz durante a incubação, estimulou o início da respiração pulmonar embrionária e além disso, houve um aumento da quantidade de movimentos respiratórios próximo a eclosão. Segundo os autores, o estímulo para a bicagem e eclosão e também o aumento da motilidade dos embriões foi possivelmente mediado pelo aumento das concentrações dos hormônios tireoidianos, que por sua vez, foi desencadeado pela presença da luz.

A maior motilidade possivelmente resultou em aumento dos gastos energéticos dos embriões, prejudicando todo o processo de bicagem e nascimento. Baseando-se neste argumento, pode-se justificar o maior percentual de bicados mortos no grupo que recebeu fotoestimulação até E18, entretanto, esperava-se que o grupo que foi exposto à luz durante os 21 dias de incubação também apresentasse percentual considerável de embriões que bicaram a casca e morreram durante o nascimento, porém esse resultado não foi observado no presente estudo.

Os pesos absolutos e relativos dos pintos com e sem o resíduo vitelino não foram afetados pela estimulação com luz verde contínua nas diferentes fases do período de incubação. Em estudos prévios foram reportados efeitos significativos sobre o crescimento e peso dos embriões estimulados com luz LED na cor verde^{7,11}. Entretanto, confirmando os resultados obtidos no presente estudo, Zhang et al.^{12,13,14} também não encontraram melhoras nos pesos dos pintos recém eclodidos oriundos de incubação com a presença de luz LED verde.

A fotoestimulação com luz verde durante a embriogênese não promoveu melhoras no desempenho zootécnico. O peso médio, ganho de peso e consumo de ração durante todas as idades avaliadas foram semelhantes entre todos os grupos estudados. Entretanto, observou-se que a conversão alimentar foi afetada para as aves que receberam estímulo luminoso nas diferentes fases durante a incubação. Na primeira semana pós-eclosão, o grupo que não recebeu estímulo luminoso apresentou a pior conversão alimentar, entretanto, aos 35 e 42 dias de idade constatou-se que este mesmo grupo apresentou a melhor conversão alimentar. Efeitos positivos em decorrência da exposição de embriões à luz monocromática sobre o desempenho zootécnico foi relatado por Zhang et al.¹², que encontraram menor conversão alimentar aos 42 dias de idade no grupo estimulado com luz verde durante a incubação.

Foi verificada interação entre sexo e os estímulos luminosos estudados para rendimento de peito, sendo que para as aves que receberam estímulo luminoso até E18, as fêmeas apresentaram maior rendimento de peito em comparação com os machos. Em estudo conduzido com frangos de corte, Rozenboim et al.⁷, verificaram aumento significativo no crescimento muscular aos 42 dias de idade. Entretanto, este efeito foi observado em ambos os sexos. Os autores justificam seus achados afirmando que este crescimento esteja associado com o aumento da proliferação e diferenciação dos mioblastos e subsequente hipertrofia muscular.

Pode-se sugerir que talvez as fêmeas sejam mais receptivas aos estímulos luminosos em comparação aos machos, o que resultou em maior rendimento da musculatura peitoral, entretanto, esperava-se que os demais grupos que foram estimulados com luz também apresentassem melhora no rendimento muscular. Como isso não foi observado, é possível concluir que o dimorfismo sexual para rendimento de peito talvez possa ser decorrente de outros fatores e não esteja associado ao estímulo luminoso durante a fase de desenvolvimento embrionário.

É possível encontrar na literatura resultados controversos demonstrando os efeitos da fotoestimulação durante a embriogênese. Pode-se constatar, ainda, nestes estudos que não há uma padronização quanto ao tipo de lâmpada utilizada, quantidade de luz que incidia sobre os embriões e características das cascas dos ovos.

Shafey e Al-mohsen¹⁸, por exemplo, utilizando luzes do tipo fluorescentes, concluíram que a fotoestimulação reduziu o período total de incubação, além de aumentar a eclodibilidade. Já Rozenboim et al.⁷, não encontraram nenhum efeito sobre o tempo total de incubação e eclodibilidade utilizando luzes do tipo LED.

Em concordância com os resultados encontrados neste estudo, os recentes trabalhos utilizando luzes do tipo LED, demonstraram que a fotoestimulação durante a embriogênese não promove efeitos significativos sobre a eclodibilidade e qualidade dos pintos. Apesar dos resultados semelhantes, a intensidade luminosa aferida ao nível dos ovos no experimento conduzido por Zhang et al.¹³ foi de apenas 15 lux, enquanto que no presente estudo a intensidade luminosa foi de 250 lux, demonstrando a falta de padronização quanto a intensidade de luz emitida sobre os embriões.

A aceleração induzida pela fotoestimulação durante a embriogênese depende diretamente da quantidade de luz que consegue atingir o embrião¹⁹. Segundo Shafey²⁰, a quantidade de luz que chega até o embrião pode variar dependendo do tamanho do ovo e das características da casca, como porosidade, pigmentação e espessura da casca. Portanto, as possíveis diferenças nas dimensões físicas e características das cascas dos ovos produzidos pelas diferentes linhagens genéticas, que foram utilizadas nos diversos estudos encontrados na literatura, podem justificar os diferentes efeitos da fotoestimulação.

Alguns autores citam em seus estudos que alguns dos efeitos observados, principalmente, a aceleração do crescimento embrionário, pode estar relacionada a um possível efeito decorrente de um aquecimento, devido a presença das luzes dentro das máquinas, ao invés de um efeito decorrente da fotoestimulação. Este aquecimento foi comprovado por Rozenboim et al.⁷ que verificaram que a fotoestimulação durante 1 minuto é capaz de elevar a temperatura da gema do ovo em até 0,01°F.

No capítulo anterior, um dos tratamentos utilizados foi o de luz verde intermitente. Optou-se por este tratamento com o objetivo de se eliminar uma possível elevação da temperatura decorrente da presença da luz dentro da máquina, assim como foi sugerido por Rozenboim et al.⁷. Entretanto, como se utilizou um padrão de ajuste diário da temperatura da máquina, baseado na temperatura da casca do ovo, observou-se que a luz contínua não promoveu elevação da temperatura acima do limiar aceitável para o bom desenvolvimento embrionário. Sendo assim, optou-se neste experimento por utilizar somente o regime contínuo de estimulação luminosa.

Pode-se observar (Figura 3) que a temperatura dos embriões incubados nas máquinas que receberam luz LED e nas máquinas em escuro permaneceram durante todo o

período de incubação na faixa de aproximadamente 99,8 a 100,1°F, temperatura considerada ideal para o bom desenvolvimento embrionário, eliminando qualquer efeito decorrente de um superaquecimento. Além disso, assim como a temperatura, a umidade relativa e ventilação também foram ajustadas ao longo do desenvolvimento embrionário. Portanto, mantendo-se, um microambiente ideal no interior das máquinas que atendam as condições requeridas pelos embriões durante seu desenvolvimento, não foi possível encontrar nenhum efeito decorrente da fotoestimulação.

5. CONCLUSÃO

Sob as condições propostas neste experimento, a exposição de embriões de frangos de corte da linhagem Ross 708 à luz monocromática verde do tipo LED a uma intensidade luminosa de 250 lux durante diferentes momentos do período de incubação não proporcionou efeitos benéficos sobre o rendimento da incubação, desempenho zootécnico e características de carcaça.

6. REFERÊNCIAS

1. Decuyper E, Tona K, Bruggeman V, Bamelis F. The day-old chick: a crucial hinge between breeders and broilers. *World's Poult Sci J.* 2001;57:127-138.
2. Okada TMA. Qualidade do pinto de um dia. In: PINHEIRO, M.R. (Ed.) *Manejo de frangos*. Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. 1994;41-46.
3. Archer GS, Shivaprasad HL, Mench JA. Effect of providing light during incubation on the health, productivity and behavior of broiler chickens. *Poult Sci.* 2009;88: 29-37.
4. Ozkan S, Yalcin S, Babacanoglu E, Uysal S, Karadağ F, Kozanoglu H. Photoperiodic lighting (16 h of light: 8 h of dark) programs during incubation: 2. Effects on early posthatching growth, blood physiology and production performance in broiler chickens in relation to posthatching lighting programs. *Poult Sci.* 2012;91:2922-2930.
5. Rozenboim I, El Halawani ME, Kashash Y, Piestum Y, Halevy O. The effect of monochromatic photostimulation on growth and development of broiler birds. *Gen and Compar Endocrin.* 2013;190:214-219.
6. Shafey TM. Effect of lighted incubation on embryonic growth and hatchability performance of two strains of layer breeder eggs. *Br Poult Sci.* 2004;45(2):223-229.
7. Rozenboim I, Piestun Y, Mobarkey N, Barak M, Hoyzman A, Halevy O. Monochromatic light stimuli during embryogenesis enhance embryo development and posthatch growth. *Poult Sci.* 2004;83:1413-1419.
8. Shutze JV, Lauber JK, Lauber MD, Wilson W. Influence of incandescent light and coloured light on chick embryos during incubation. *Nature.* 1962;96:594-595.
9. Siegel PB, Isakson ST, Coleman FN, Huffman BJ. Photoacceleration of development in chick embryos. *Comp Biochem Physiol.* 1969;28:753-758.
10. Khalil HA. Productive and physiological responses of Japanese quail embryos to light regime during incubation period. *Slovak J Anim Sci.* 2009;42(2):79-86.
11. Rozenboim I, Huisinga R, Halevy O, El Halawani ME. Effect of embryonic photostimulation on the posthatch growth of turkey poults. *Poult Sci.* 2003;82:1181-1187.
12. Zhang L, Zhang HJ, Qiao X, Yue HY, Wu SG, Yao JH, Qi GH. Effect of monochromatic light stimuli during embryogenesis on muscular growth, chemical composition, and meat quality of breast muscle in male broilers. *Poult Sci.* 2012;91:1026-1031.
13. Zhang L, Zhang HJ, Wang J, Wu SG, Qiao X, Yue HY, Yao JH, Qi GH. Stimulation with monochromatic green light during incubation alters satellite cell mitotic activity and gene expression in relation to embryonic and posthatch muscle growth of broiler chickens. *Animal.* 2014;8(1):86-93.
14. Zhang L, Zhu XD, Wang XF, Li JL, Gao F, Zhou GH. Green light-emitting diodes light stimuli during incubation enhances posthatch growth without disrupting normal eye development of broiler embryos and hatchlings. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 2016;29(11):1562-1568.

15. Rocha C, Maiorka A. Nutrição “in ovo”. In: Macari M, Gonzales E, Patrício IS, Naas IA, Martins PC. Manejo da incubação. 3 ed. Campinas: FACTA; 2003.p.223-243.
16. Wu KC, Streicher J, Lee ML, Hall BK, Müller GB. Role of motility in embryonic development I. Embryo movements and amnion contractions in the chick and the influence of illumination. *J Exp Zool. (Mol. Dev. Evol.)*. 2001;291:186-194.
17. Bradley NS, Jahng DY. Selective effects of light exposure on distribution of motility in the chick embryo at E18. *J Neurophysiol*. 2003;90:1408-1417.
18. Shafey TM, Al-mohsen TH. Embryonic growth, hatching time and hatchability performance of meat breeder eggs incubated under continuous green light. *Asian-Aust. J Anim Sci*. 2002;12:1702-1707.
19. Ghatpande A, Ghatpande S, Khan MJ. Effect of different intensities of fluorescent light on the early development of chick embryos in ovo. *Cell Mol Biol Res*. 1995;41:613-621.
20. Shafey TM. Effects of egg size and eggshell conductance on hatchability traits of meat and layer breeder flocks. *Asian-Aust J Anim Sci*. 2002;15:1-6.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em condições comerciais, os incubatórios buscam as mais diversas alternativas que possam melhorar sua produtividade, seja através do aumento dos percentuais de eclodibilidade ou melhora da qualidade dos pintos eclodidos sem, no entanto, aumentar os custos de produção.

Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam que a exposição de ovos de matrizes pesadas de frangos de corte às luzes monocromáticas durante o período de desenvolvimento embrionário parece não ser uma alternativa viável para melhorar os resultados do incubatório e período pós-eclosão, quando se utiliza um perfil de regulação dos fatores físicos envolvidos no processo de incubação, baseado nas máquinas de estágio único.

No sistema de incubação em estágio único todos os ovos incubados encontram-se na mesma fase de desenvolvimento embrionário, o que possibilita o ajuste diário dos perfis de temperatura, umidade e ventilação de acordo com os requerimentos para cada fase de desenvolvimento embrionário. Estes ajustes criam um microambiente altamente favorável e proporcionam ao embrião as condições ótimas para seu desenvolvimento.

Apesar de terem sido utilizadas lâmpadas do tipo LED, que possuem alta eficiência luminosa, além de longo tempo de vida útil e serem consideradas fontes de iluminação relativamente econômicas, seu uso durante o processo de incubação não promoveu benefícios consideráveis que justifiquem seu uso a nível comercial.

Além disso, não foi possível estabelecer uma coerência sobre qual a cor e qual o momento mais adequado para utilização das luzes. Portanto, seria necessário obter uma padronização quanto ao tipo de luz que deve ser utilizada, o espectro de luz e a intensidade luminosa necessária para as diferentes linhagens comerciais e também, se possível, para as diferentes idades de matriz para que de fato se justifique a implementação de luzes na incubação artificial.

Mais pesquisas simulando as mesmas condições de incubação propostas neste estudo talvez também sejam necessárias para confrontar os trabalhos já existentes e nos auxiliar a compreender plenamente a maneira como a luz pode interferir na regulação do metabolismo e desencadear efeitos relacionados ao crescimento e desenvolvimento dos órgãos e tecidos embrionários.