

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS OVOS E DOS PINTOS
DE CORTE SOBRE O PERÍODO DE NASCIMENTO E
QUALIDADE DENTRO DA JANELA DE ECLOSÃO**

**Mariana Thimotheo
Zootecnista**

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS OVOS E DOS PINTOS
DE CORTE SOBRE O PERÍODO DE NASCIMENTO E
QUALIDADE DENTRO DA JANELA DE ECLOSÃO**

Mariana Thimotheo

Orientadora: Profa. Dra. Isabel Cristina Boleli

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia

2019

T443c Thimotheo, Mariana
Características físicas dos ovos e dos pintos de corte sobre o período de nascimento e qualidade dentro da janela de eclosão / Mariana Thimotheo. -- Jaboticabal, 2019
98 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Isabel Cristina Boleli

1. Janela de eclosão. 2. Peso de ovo. 3. Período de nascimento dos pintos. 4. Tamanho de bico dos pintos. 5. Câmara de ar dos ovos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS OVOS E DOS PINTOS DE CORTE SOBRE O PERÍODO DE NASCIMENTO E QUALIDADE DENTRO DA JANELA DE ECLOSÃO

AUTORA: MARIANA THIMOTHEO

ORIENTADORA: ISABEL CRISTINA BOLELI

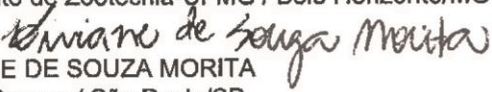
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. ISABEL CRISTINA BOLELI
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. LIZANDRA AMOROSO
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. VANESSA MICHALSKY BARBOSA (Videoconferência)
Universidade Federal da Bahia / Salvador/BA


Prof. Dr. LEONARDO JOSÉ CAMARGOS LARA (Videoconferência)
Departamento de Zootecnia-UFMG / Belo Horizonte/MG


Dra. VIVIANE DE SOUZA MORITA
Bióloga Autônoma / São Paulo/SP

Jaboticabal, 18 de outubro de 2019

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

MARIANA THIMOTHEO – nascida em 11 de agosto de 1990, na cidade de Monte-Alto (SP), filha de Aparecida Bernadete Hilário Thimotheo e João Batista Thimotheo. Em março de 2008 ingressou no curso de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp - Câmpus de Jaboticabal, graduando-se em março de 2013. Em março de 2014, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, na mesma instituição, sob orientação da Profa. Dra. Hirasilva Borba, obtendo o título de mestra em fevereiro de 2016. No mês de março do mesmo ano, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia, também na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ Unesp – Câmpus de Jaboticabal, sob orientação da Profa. Dra. Isabel Cristina Boleli.

*“Que a cada dia que passa,
eu cresça um pouco mais.
Que eu aprenda e ensine
na mesma proporção.
Que em mim e através de mim,
coisas bonitas floresçam”*

*“Não há nada melhor do que fazer aquilo que amamos, que nos gera felicidade e
que está alinhado aos nossos propósitos, valores e vocação”*

*“Se conseguir
aquilo que você quer
e conseguir manter
a nobreza de ser quem tu é
Tenha certeza
que vai nascer uma planta
que a flor vai ser de esperança
de amor pro que der e vier”.*

OFEREÇO

*Com respeito e afeto,
Aos meus amados pais, Bernadete e João Batista,
Pelo amor incondicional e emaranhado de carinho.*

*Pelo exemplo de honestidade
e por transbordarem valores!*

*À minha afável irmã, Ana Carolina,
pelo amor genuíno, por me conceder serenidade,
por dividir minhas inseguranças e imperfeições
por ter uma alma tão leve.*

Por ser minha guia e pelo incentivo ao longo de minha vida.

*Por me presentear com o maior de todos os tesouros,
meu sobrinho e afilhado Arthur.*

Vocês são minha essência, minha vida e meu querer!

DEDICO

À Profa. Dra. Isabel Cristina Boleli

Pelos 11 anos de convivência e ensinamentos

Por ter sido meu braço direito.

Pelo apoio na tomada de decisões importantes.

Por trazer leveza nos momentos de angústia.

Pelo exemplo de conduta profissional e pessoal.

Por acreditar em mim e

ofertar as aulas de Histologia (foi inspirador e me deixou realizada!)

Por generosamente compartilhar o bem comigo

Pelo carinho e por sempre querer o meu melhor.

Muito obrigada por tanto, Professora!

“Sempre há uma razão para ser grato, e às vezes Deus acerta tanto que fica até difícil de agradecer”.

“Bendito encontro na vida!”

A senhora é especial, no íntimo da palavra mesmo!

Quero que a Menina Izildinha cuide da senhora onde quer que esteja.

Gratidão eterna a você, minha Mentora e amiga!

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À Menina Izildinha,

Por me guiar e guardar de todo o mal, me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as necessidades.

“Quando a gente ora, a gente tem reforço do céu!”

Ao grupo de Incubação,

Gabriel, Silvia, Marina, Marcelo Henrique, Maurício, Luana e José Carlos

Pela amizade que construímos, pelas afeições compartilhadas, pela sabedoria que adquirimos juntos e pela valiosa e imprescindível colaboração durante a execução dos experimentos.

A amizade de vocês me fez muito melhor do que eu poderia ser sozinha!
Muito obrigada por serem tão bons e generosos comigo, cada um à sua maneira!

“Bendito aquele que é bendito na vida do outro!”

Obrigada meus estimados amigos.

Vocês sempre estarão presentes no meu coração!

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da FCAV/UNESP, por mais uma oportunidade de crescimento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa para execução desse trabalho.

Aos Professores presentes no Exame Geral de Qualificação (Prof. Dr. Renato Furlan, Profa. Dra. Lizandra Amoroso, Profa. Dra. Silvana Artoni e Profa. Dra. Sarah Sgavioli), por aceitarem o convite e por toda a colaboração dada neste trabalho.

À banca examinadora (Prof. Dr. Leonardo Lara, Profa. Dra. Vanessa Michalsky, Profa. Dra. Lizandra Amoroso e Dra. Viviane Morita), pelo aceite do convite e pela dedicação às correções deste trabalho.

Aos funcionários do depto de Morfologia e Fisiologia Animal, em especial: Edmar, Wagner, Rodrigo e Ângela, pelas colaborações.

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação, pela paciência, atenção, disponibilidade e pelos serviços prestados.

Ao meu cunhado Nelson e a minha avó Maria, pelo carinho e zelo.

Aos meus “amôs”: Rachel, Ana Cláudia, Eduardo, Jean, Giseli, Mateus, Thaís, Gabriela, Liziane e Nadir pelos laços afetivos que formamos, por todo o companheirismo, por me incentivarem, orarem por mim, pelos risos que tornaram mais suave esta caminhada, por fazerem questão de serem presentes na minha vida e por celebrarem minhas alegrias como se fossem as de vocês também! Obrigada também meus grandes amigos, pelos abraços acolhedores e lágrimas inesperadas!

Ao meu amado anjinho de quatro patas (Théo), pelo amor genuíno e pela felicidade que me proporciona ao escutar suas patinhas correndo ao meu encontro!

Enfim, a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desse sonho.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

CERTIFICADO - COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS	iii
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.	3
2.1 Assincronismo e janela de eclosão.	3
2.2 Peso de ovo e comportamento de eclosão	5
2.3 Qualidade dos pintos.	7
3. OBJETIVOS	9
4. REFERÊNCIAS	9
CAPÍTULO 2 - O PESO DOS OVOS INFLUENCIA O SINCRONISMO DA ECLOSÃO E A QUALIDADE DOS PINTOS AO LONGO DA JANELA DE ECLOSÃO	17
1. INTRODUÇÃO	18
2. MATERIAL E MÉTODOS.	20
3. RESULTADOS.	26
4. DISCUSSÃO	45
5. CONCLUSÕES.	51
6. REFERÊNCIAS	52
CAPÍTULO 3 - RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS OVOS E DOS PINTOS COM O PERÍODO DE NASCIMENTO DENTRO DA JANELA DE ECLOSÃO	59
1. INTRODUÇÃO	61
2. MATERIAL E MÉTODOS.	63
3. RESULTADOS.	69
4. DISCUSSÃO	86
5. CONCLUSÕES.	91
6. REFERÊNCIAS	92



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado **"Influência das características físicas dos ovos e dos pintos sobre a duração da fase de eclosão dos pintos de corte"**, protocolo nº 1514/17, sob a responsabilidade do Prof^a. Dr^a. Isabel Cristina Boleli, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 06 de abril de 2017.

Vigência do Projeto	07/04/2017 a 01/12/2018
Espécie / Linhagem	<i>Gallus gallus domesticus</i> (Pintos de Corte)
Nº de animais	900
Peso / Idade	50-54g; 60-64g; 70-74g
Sexo	Ambos os sexos
Origem	Incubatório Comercial (Globoaves) – Itirapina, SP

Jaboticabal, 06 de abril de 2017.


Prof. Dr^a Lizandra Amoroso
Coordenadora – CEUA

LISTA DE ABREVIATURAS

- ACA: área da câmara de ar (cm²)
AB: altura de bico (mm)
AO: área do ovo (cm²)
AO-ACA: área do ovo menos a área da câmara de ar (cm²)
ASO: área de superfície do ovo (cm²)
ASO/VO: relação entre a área de superfície e o volume do ovo
B-C: comprimento entre as extremidades do bico e da cauda (cm)
B-Dm: comprimento entre as extremidades do bico e do dedo médio (cm)
BE: Bicagem externa (h)
BE-ECL: intervalo entre a bicagem externa e a eclosão (h)
BI: Bicagem interna (h)
BI-BE: intervalo entre a bicagem interna e a bicagem externa (h)
BI-ECL: intervalo entre a bicagem interna e a eclosão (h)
CB: comprimento de bico (mm)
CO: comprimento do ovo (cm)
CP: comprimento de perna (cm)
EA: envergadura de asa (cm)
ECL: eclosão (h)
ICA: inclinação da câmara de ar (°)
LB: largura de bico (mm)
LCA: largura da câmara de ar (cm)
LO: largura do ovo (cm)
PCA: profundidade da câmara de ar (mm)
PCP: peso corporal do pinto (g)
PM: perda de massa do ovo (g)
PN: período de nascimento
PO: peso do ovo (g)
TIT: tempo de imobilidade tônica (s)
VCA: volume da câmara de ar (cm³ e %)
VO: volume do ovo (cm³)
VO-VCA: volume do ovo menos o volume da câmara de ar (cm³ e %)

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - O PESO DOS OVOS INFLUENCIA O SINCRONISMO DA ECLOSÃO E A QUALIDADE DOS PINTOS AO LONGO DA JANELA DE ECLOSÃO..... 17

Tabela 1. Critérios e pontuação de qualidade de pintos de corte recém-eclodidos.	24
Tabela 2. Frequência de nascimentos de pintos de ovos leves e pesados incubados até 504h e 529h, de acordo com o peso dos ovos e o período de nascimento dentro da janela de eclosão.	32
Tabela 3. Frequência de diferentes problemas físicos e de atividade em pintos de corte de ovos incubados até 504h e 529h, de acordo com o peso do ovo.	36
Tabela 4. Frequência de nascimentos de pintos até 504h e 529h de incubação, de acordo com o peso dos ovos e a classificação de qualidade	37
Tabela 5. Qualidade dos pintos de ovos leves e pesados incubados até 504h e 529h, de acordo com o período de nascimento.	39
Tabela 6. Frequência de diferentes problemas físicos e de atividade em pintos de ovos leves e pesados incubados até 504h, de acordo com o peso do ovo e com os períodos de nascimento.....	41
Tabela 7. Frequência de diferentes problemas físicos e de atividade em pintos de ovos leves e pesados incubados até 529h, de acordo com o peso do ovo e com os períodos de nascimento.....	42
Tabela 8. Peso corporal dos pintos, espessura de casca e perda de massa dos ovos incubados até 504h e 529h, de acordo com o peso do ovo e do período de nascimento	44

CAPÍTULO 3 - RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS OVOS E DOS PINTOS COM O PERÍODO DE NASCIMENTO DENTRO DA JANELA DE ECLOSÃO..... 59

Tabela 1. Duração das fases da incubação de acordo com o período de nascimento dentro da janela e o peso dos ovos.	71
---	----

Tabela 2. Características físicas dos pintos de corte de acordo com o período de nascimento dentro da janela e o peso dos ovos	74
Tabela 3. Interação entre peso do ovo e período de nascimento dentro da janela de eclosão para o comprimento dos pintos entre extremidade do bico e do dedo médio (B-Dm), o comprimento de perna (CP) e a altura do bico (AB)	75
Tabela 4. Dimensões físicas dos ovos e das câmaras de ar de acordo com o período de nascimento dentro da janela e o peso dos ovos.	77
Tabela 5. Interação entre peso do ovo e período de nascimento dentro da janela de eclosão para o comprimento do ovo (CO), volume da câmara de ar (VCA) e volume do ovo menos o volume da câmara de ar (VO-VCA).....	78
Tabela 6. Perda de massa e área do ovo e dimensões físicas das câmaras de ar, de acordo com o período de nascimento dentro da janela de eclosão e o peso dos ovos	80
Tabela 7. Interação entre peso do ovo e período de nascimento dentro da janela de eclosão para a área da câmara de ar do ovo (ACA), a área de superfície do ovo menos a área da câmara de ar (AO-ACA) e a profundidade da câmara de ar (PCA)	81
Tabela 8. Coeficientes de correlação de Pearson entre a duração das fases da incubação e as dimensões físicas dos ovos e das câmaras de ar de ovos leves e pesados.....	83
Tabela 9. Coeficientes de correlação de Pearson entre a duração das fases da incubação e as características físicas dos pintos de ovos leves e pesados	84
Tabela 10. Coeficientes de correlação de Pearson entre a duração das fases da incubação e as características físicas dos pintos de ovos leves e pesados	85

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2 - O PESO DOS OVOS INFLUENCIA O SINCRONISMO DA ECLOSÃO E A QUALIDADE DOS PINTOS AO LONGO DA JANELA DE ECLOSÃO..... 17

- Figura 1. Distribuição de nascimentos e curva de Gauss de pintos oriundos de ovos leves (A) e pesados (B) e frequência cumulativa de nascimentos (C), ao longo da janela de eclosão, para incubação até 504h.....29
- Figura 2. Distribuição de nascimentos e curva de Gauss de pintos oriundos de ovos leves (A) e pesados (B) e frequência cumulativa de nascimentos (C), ao longo da janela de eclosão, para incubação até 529h.....30
- Figura 3. Pontuação média de qualidade dos pintos de corte de acordo com o peso dos ovos e períodos de nascimento dentro da janela de eclosão até 504h (A) e 529h (B) de incubação. LP: leve-precoce, LI: leve-intermediário, LT: leve-tardio, PP: pesado-precoce, PI: pesado-intermediário, PT: pesado-tardio. Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. (A) Precoce: 471,78-482,82h, Intermediário: 483,63-498,50h e Tardio: 498,55-503,92h. (B) Precoce: 471,78-485,08h, Intermediário: 485,45-512,07h e Tardio: 512,50-528,72h. ^{a-b}: indica diferença em relação às demais médias ($P \leq 0,05$).....34
- Figura 4. Relação entre o tempo médio de imobilidade tônica e a duração da incubação em ovos leves e pesados.....36
- Figura 5. Peso corporal dos pintos de corte de acordo com o peso dos ovos e períodos de nascimento dentro da janela de eclosão até 504h de incubação. LP: leve-precoce, LI: leve-intermediário, LT: leve-tardio, PP: pesado-precoce, PI: pesado-intermediário, PT: pesado-tardio. Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. Precoce: 471,78-482,82h, Intermediário: 483,63-498,50h e Tardio: 498,55-503,92h. ^{a-c}: indica diferença em relação às demais médias ($P \leq 0,05$).....45

CAPÍTULO 3 - RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS OVOS E DOS PINTOS COM O PERÍODO DE NASCIMENTO DENTRO DA JANELA DE ECLOSÃO.....59

- Figura 1. Duração das fases da incubação até as bicagens interna e externa e a eclosão64
- Figura 2. Imagens frontal (A) e lateral (B) da cabeça de um pinto de corte, indicando como foram mensurados a largura, a altura e o comprimento do bico, respectivamente. LB: largura do bico. AB: Altura do bico. CB: comprimento do bico.....66
- Figura 3. Variáveis mensuradas no ovo. A: imagem do ovo por ovoscopia, mostrando a câmara de ar (estrela). B-F: Mensuração da área total do ovo (B) e da área (C), largura (D), profundidade (E) e ângulo de inclinação (F) (em relação ao comprimento do ovo) da câmara de ar. Ao: área do ovo. Ac: área da câmara de ar. Co: comprimento do ovo. Cc: comprimento da câmara de ar. Pc: profundidade da câmara. θ : ângulo de inclinação da câmara68

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS OVOS E DOS PINTOS DE CORTE SOBRE O PERÍODO DE NASCIMENTO E QUALIDADE DENTRO DA JANELA DE ECLOSÃO

RESUMO - Eclodibilidade e qualidade dos pintos e duração da incubação são importantes no processo de incubação de ovos, e podem ser influenciados pelas características físicas dos ovos. No Capítulo 1 é apresentada uma abordagem teórica sobre o tema. No Capítulo 2 foi analisado a qualidade incubatória de ovos leves e pesados de matrizes de corte, dentro do intervalo de peso de ovo comercialmente incubável, considerando a dinâmica de nascimentos, a eclodibilidade e a qualidade geral dos pintos e ao longo da janela de eclosão, considerando incubação dos ovos até 504h (padrão dos incubatórios) e 529h (real). Para isso, ovos férteis com 56-61g (leves) e com 65-71g (pesados) de matrizes de corte Cobb foram incubados a 37,5°C e 60% de UR, com giro a cada hora. Pintos e ovos foram analisados de acordo com o período de nascimento (precoce, intermediário e tardio: 472-485h, 485-512h e 512,5-529h de incubação, respectivamente), em ambos os pesos de ovos. Os resultados mostraram eclodibilidade similar para ovos leves e pesados até 504h e até 529h (65,8% e 86,7%; 70,7% e 87,9%; respectivamente), e aumentou de 17% e 20%, respectivamente, de 504h para 529h. Ovos pesados apresentaram janela de eclosão mais curta (2,5h para 504h de incubação e 6,6h para 529h de incubação) e maior concentração de nascimentos de pintos intermediários que os ovos leves. Pintos de ovos leves apresentaram melhor qualidade devido à menor incidência de problemas de alantoide e atividade. Pintos precoces de ovos leves apresentaram a melhor qualidade comparada aos demais pintos do mesmo peso de ovo e aos pintos dos ovos pesados. De acordo com os resultados, ovos leves apresentam maior qualidade incubatória no que se refere à qualidade dos pintos, enquanto os ovos pesados apresentam maior qualidade incubatória quando se considera janela de eclosão e sincronismo na eclosão. Tais resultados mostram que aumento da produção de pintos precoces deve ser meta a ser alcançada pelos incubatórios. No Capítulo 3, foi estudado se características físicas dos pintos e dos ovos (leves e pesados) determinam o período de nascimento de pintos dentro da janela natural de eclosão.

Para isso foi adotado o mesmo protocolo de incubação e delineamento experimental utilizado no Capítulo 2. Os resultados mostraram que pintos precoces apresentam maior tamanho de bico e são provenientes de ovos com maior tamanho de câmara de ar. Tais resultados mostram, pela primeira vez na literatura, relação do período de nascimento dos pintos dentro da janela de eclosão com o tamanho da câmara de ar e do bico. Eles sugerem a possibilidade do tamanho do bico ser levado em consideração em futuros estudos de seleção genética para aumentar a produção de pintos precoces, o que parece interessante uma vez que há a possibilidade de aves com maior tamanho de bico apresentarem maior ingestão de alimentos e, conseqüentemente, menor período de crescimento.

Palavras-chave: bico, câmara de ar, duração da incubação, eclodibilidade, período de nascimento

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE EGGS AND BROILER CHICKS ABOUT BIRTH PERIOD AND QUALITY WITHIN OF THE HATCH WINDOW

ABSTRACT - Hatchability and chick quality, and incubation duration are important for the egg incubation process, and they may be influenced by physical characteristics of the eggs. Chapter 1 presents a theoretical approach on this theme. Chapter 2 compared the quality for incubation of light and heavy eggs from broiler breeders, within the egg weight interval recommended for incubation based on birth dynamics, hatchability, and general quality of the chicks and chick quality throughout hatch window until 504h and 529h. For this, fertile light (56-61g) and heavy (65-71g) eggs from broiler breeders were incubated at usual conditions (37.5°C, 60% RH, egg turning each hour until 18^o day). Physical characteristics of eggs and chicks were analyzed according to birth period (early, intermediate and later: 472-485h, 485-512h e 512.5-529h of incubation, respectively). The results showed similar hatchability for light and heavy eggs until 504h and 529h (65.8% and 86.7%; 70.7% and 87.9%; respectively), as well as a 17% and 20% increase in the hatchability, respectively, from 504h to 529h. Heavy eggs presented a shorter hatch window and a higher rate of intermediate chicks compared to light eggs. Chicks from light eggs had better quality compared to other chicks due to low occurrence of alantoic cord and low activity. Thus, light eggs presented better quality for incubation resulting of better chick quality, whereas heavy eggs had good quality for incubation because their short hatch window and simultaneous higher hatch synchronism. These results show higher production of early chicks should be preconized by hatcheries. In Chapter 3, the relation of the physical characteristics of the eggs and newly hatched chicks with the birth period within the hatch window was analyzed. The egg incubation was realized following the same procedure used in Chapter 2. Early chicks had longer beak and hatched from eggs containing larger air chamber than intermediate and later chicks. These results show, by the first time in the literature, a relation between incubation duration and beak and air chamber size. They suggest beak length should be considered in genetic selection studies to increase the production of earlier chicks, and this is very interesting

once broilers presenting greater beak size may have higher feed intake and, consequently, shorter growth period before slaughter.

Keywords: air chamber, beak, hatchability, hatch window, incubation duration

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

Maximização da produção dentro de cada etapa da cadeia produtiva avícola contribui para minimizar custos e aumentar a produção final, devendo ser estabelecida como meta pelo setor. Isso inclui a etapa de incubação dos ovos nos incubatórios, a qual deve visar à maximização da eclodibilidade de pintos saudáveis, os quais correspondem a pintos sem problemas físicos e ativos (Tona et al., 2003), que apresentam alto desempenho e desenvolvimento e baixa mortalidade, bem como, o aumento da homogeneidade dos lotes de pintos produzidos.

A heterogeneidade dos lotes de pintos é resultante, dentre outras coisas, do assincronismo na eclosão. Eclosão assíncrona determina o intervalo de tempo entre o primeiro e o último pinto a eclodir, denominado de janela de eclosão, cuja duração pode afetar a sobrevivência, desempenho e desenvolvimento dos pintos. Os primeiros pintos a eclodirem apresentam melhor qualidade do que os últimos, no que se refere a seu maior peso corporal (Careghi et al., 2005; Willemsen et al., 2010; Van de Ven et al., 2011; Lamot et al., 2014), menor incidência de problemas físicos, melhor desempenho e qualidade de carne (Vicentini, 2015; Matos Junior, 2016; Zanatto, 2016). Na prática do incubatório, todavia, a melhor qualidade dos primeiros pintos a eclodirem é perdida em decorrência da própria janela de eclosão, cuja duração, associada ao tempo gasto com o manejo dos pintos (sexagem, vacinação, embalagem e transporte), pode submetê-los ao jejum de até 72 horas antes do acesso à água e ração no alojamento na granja (Willemsen et al., 2010). Isso pode causar desidratação, menor absorção e prejuízos ao desenvolvimento intestinal (Gonzales et al., 2003; Riccardi et al., 2011), tornando os pintos fracos, o que pode aumentar a taxa de mortalidade na primeira semana de vida. Dessa forma, no momento do alojamento, os primeiros pintos a eclodirem podem apresentar peso corporal menor (Pinchasov e Noy, 1993; Willemsen et al., 2010; Lamot et al., 2014) e pior desempenho nas primeiras semanas (Baião et al., 1998b; Careghi et al., 2005; Gonzales et al., 2008; Van de Ven et al., 2013) comparados aos pintos que eclodem posteriormente. Quanto

maior a amplitude da janela de eclosão, mais longo é o período de jejum ao qual os primeiros pintos eclodidos são submetidos.

A janela de eclosão e a qualidade dos pintos podem ser influenciadas por diferentes fatores, incluindo as características físicas do próprio ovo, estocagem e as condições da incubação, os quais interferem na duração do período de incubação (Wilson, 1991; Morita et al., 2009; Halle e Tzschentke, 2011; Willemsen et al., 2011). Todavia, a assincronia na eclosão ocorre mesmo sob condições adequadas para maior eclodibilidade. Incubação de ovos de galinha sob condições usuais nos incubatórios comerciais, ou seja, à 37,5-37,8°C e 60% de umidade relativa, pode resultar em janela de eclosão de 30 horas ou mais (Vieira e Pophal, 2000; Morita et al., 2010).

Notoriamente, a fase de eclosão dos pintos envolve dois processos importantes. O primeiro deles corresponde à perfuração da membrana interna da casca na região da câmara de ar dos ovos pelo bico denominado de bicagem interna. O segundo deles corresponde à perfuração (bicagem externa) e rompimento da casca, que levam à saída do pinto do interior do ovo. A bicagem interna resulta de movimentos repetitivos da cabeça e propicia a inserção do bico e das narinas no interior da câmara de ar, possibilitando o início da respiração pulmonar ainda no interior do ovo, enquanto que a bicagem externa e eclosão resultam de movimentos da cabeça e pernas e giro corporal (Oppenheim, 1970; Freeman e Vince, 1974; Rogers, 1995). É conhecido que as bicagens interna e externa são induzidas por déficit nas trocas gasosas (déficit de O₂ e saturação de CO₂) alantóicas (bicagem interna) e alantóica e pulmonar (bicagem externa), respectivamente, sendo a última no interior da câmara de ar do ovo (Khandoker et al., 2003; Tona et al. 2003; Mortola, 2009). As trocas gasosas entre o ovo e o meio externo ocorrem através dos canais de poros da casca, sendo a taxa de trocas determinada, conseqüentemente, pela área superficial, porosidade e espessura da casca (La Scala Jr, 2013). Por conseguinte, tais dados indicam que a eclosão dos pintos pode ser influenciada pelas características físicas dos ovos, incluindo o tamanho da câmara de ar, bem como características físicas dos pintos, seu tamanho corporal e do bico. Embora o estabelecimento de manejos que reduzam a janela de eclosão seja importante para os incubatórios, uma vez que isso pode minimizar os efeitos do jejum hídrico e

alimentar pós-eclosão sobre a viabilidade criatória e o desempenho dos pintos, aumentando a homogeneidade dos lotes (Halevy et al., 2000; Nichelmann et al., 2001; Nichelmann e Tzschentke, 2002; Tzschentke, 2008; Riccardi et al., 2010), não foram encontrados na literatura estudos sobre a participação das características físicas dos ovos e dos pintos sobre o estabelecimento da janela na eclosão, nem sobre a eclodibilidade e qualidade dos pintos ao longo da janela de eclosão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Assincronismo e janela de eclosão

A eclosão assíncrona dos pintos de corte ocorre devido à variação na duração do desenvolvimento *in ovo*, que pode decorrer de diferenças na duração das fases embrionária, fetal ou de eclosão, ou em mais de uma delas ao mesmo tempo, entre os ovos (Zanatto, 2016; Matos Junior, 2016). A fase embrionária (morfogênese) ocorre no primeiro terço do desenvolvimento *in ovo* e a fase fetal (diferenciação morfofuncional e sexo-específica e crescimento) ao longo dos dois últimos terços. A fase de eclosão ocorre nos últimos 2-3 dias do desenvolvimento *in ovo* e começa com a bicagem interna (perfuração da membrana interna da casca) e termina com a saída do pinto do interior da casca do ovo, a qual pode advir aproximadamente a partir de 480 h de incubação, quando os ovos são incubados a 37,5-37,8°C e 60% de umidade relativa do ar (Vieira e Pophal, 2000; Morita et al., 2010).

O início da fase de eclosão é induzido por alterações nas trocas gasosas (déficit de O₂ e saturação de CO₂) no alantoide, que desencadeia a bicagem interna, possibilitando o início da respiração pulmonar na câmara de ar, ainda dentro do ovo. Em seguida, déficit respiratório alantóico e pulmonar, decorrente de saturação de CO₂ e déficit de O₂ dentro da câmara de ar, desencadeia a bicagem externa (perfuração da casca), que possibilita o rompimento da casca e, por conseguinte, a eclosão propriamente dita dos pintos (Khandoker et al., 2003; Tona et al., 2003; Mortola, 2009).

O assincronismo na eclosão origina a janela de eclosão, definida como o tempo entre a primeira e a última eclosão de pintos de uma ninhada ou incubação

(Decuypere et al., 2001; Tona et al., 2003; Molenaar et al., 2010). A duração da janela de eclosão e a distribuição da frequência de nascimentos dentro da janela de eclosão determinam o grau de assincronismo, o qual pode ser: leve, moderado ou alto. A janela de eclosão pode variar de 24 a 48 horas (Decuypere et al., 2001; Willemsen et al., 2010) ou mais (Vieira e Pophal, 2000; Morita et al., 2010).

A eclosão assíncrona pode afetar significativamente a qualidade dos pintos na eclosão, sua viabilidade criatória e desenvolvimento pós-eclosão. Quanto maior sua amplitude maior será a heterogeneidade na qualidade dos pintos de mesmo lote ao alojamento e à idade de abate. A janela de eclosão priva os primeiros pintos a eclodirem do acesso à água e alimento por um período mais longo do que os pintos eclodidos tardiamente (Decuypere et al., 2001; Tona et al., 2003). Os pintos podem ser acometidos de vários problemas dependendo da duração do jejum, tais como: má formação do sistema termorregulador devido ao estresse calórico recorrente em nascedouros convencionais e imaturidade do trato gastrintestinal (Calil et al., 2007), perda de peso corporal (Careghi et al., 2005; Lamot et al., 2014), ativação do sistema imune, menor produção de enzimas digestivas e desenvolvimento intestinal (Careghi et al., 2005; Willemsen et al., 2010), menor capacidade de suportar a exposição ao frio (Van den Brand et al., 2010) e sobrevivência aos 7 e 14 dias de vida (Cobb, 2008). Todos esses efeitos podem influenciar o comportamento alimentar e crescimento dos pintos (Noy e Sklan, 1999; Bigot et al., 2003; Halevy et al., 2003; Uni et al., 2003; Careghi et al., 2005; Gonzales et al., 2008; Nielsen et al., 2010; Noy e Uni, 2010).

Dados de literatura têm mostrado que diferenças na duração do desenvolvimento embrionário, fetal e das fases da eclosão afetam a qualidade dos pintos dentro da janela de eclosão. Zanatto (2016), por exemplo, verificou que os primeiros pintos a eclodir apresentam período mais curto de desenvolvimento embrionário e fetal e de eclosão e são mais pesados do que os que eclodem posteriormente. Vicentini (2015) e Matos Junior (2016), por sua vez, verificaram que pintos com curto intervalo de tempo entre a bicagem externa e a saída da casca são mais pesados e apresentam menor incidência de malformações do que pintos com longo intervalo de tempo, o que lhes concede melhor qualidade à eclosão, se comparados aos últimos. Os autores citados acima também registraram diferenças na qualidade e na preferência térmica entre os pintos com curto e longo intervalo de

tempo entre a bicagem externa e a saída da casca, as quais ocorreram nas primeiras três semanas de vida nos machos e até a sexta semana nas fêmeas.

Para obtenção de maior homogeneidade e qualidade dos pintos, muitos incubatórios buscam manejos que possibilitem uma janela de eclosão que não ultrapasse 24 horas e que o nascimento dos pintos ocorra no 21^a dia de incubação (Tweed, 2008). De acordo com Tweed (2008) e o Guia de Manejo da Incubação (Cobb, 2008), a janela de eclosão ideal deve ser caracterizada pela ausência de nascimento de pintos antes de 33 horas do final da incubação, 25% de nascimentos até 23 horas e 75% de pintos nascidos até 13 horas antes do encerramento da incubação (21 dias ou 504 h).

2.2 Peso do ovo e comportamento de eclosão

A duração total do período de incubação e/ou de suas fases pode variar de acordo com as condições de estocagem e incubação dos ovos, bem como com as características físicas dos ovos (Wilson, 1991; Morita et al., 2009; Halle e Tzschentke, 2011; Willemsen et al., 2011) e influenciar a janela de eclosão. Embora o assincronismo na eclosão ocorra até mesmo entre ovos com peso e tamanhos muito próximos, diferenças grandes nessas características entre ovos numa mesma incubação contribuem para acentuá-lo. Zanatto (2016) registrou correlação positiva (0,61) entre a duração da incubação e a duração da fase de eclosão, e que a duração da fase de eclosão foi maior nos pintos considerados tardios (nascidos após 53,41h), seguido dos intermediários (nascidos entre 28,89-53,41h) e dos precoces (nascidos antes de 28,89h), com tempo de eclosão de 27,29 h, 18,73 h e 13,48 h respectivamente. Piva (2017) mostrou que a duração da janela de eclosão variou com o tamanho dos ovos (55h, 75,5h, 40,5h e 38h para ovos grandes, extragrandes, jumbos e extrajumbos, respectivamente), sendo mais curta em ovos maiores (jumbos e extrajumbos). Ainda segundo Piva (2017), pintos de ovos de maior tamanho apresentaram nascimento tardio em relação aos de menor tamanho, sendo que, pintos de ovos jumbos começaram a eclodir em torno de 25 e 35 horas mais tarde e

os pintos de ovos extrajumbos 10 e 15 horas mais tarde do que os pintos de ovos grandes e extragrandes, respectivamente.

Trocas gasosas entre os ovos e o ambiente ocorrem através das cascas e dependem diretamente do número e tamanho dos poros presentes na mesma (La Scala Jr, 2013). Ovos de diferentes tamanhos ou pesos apresentam diferenças na área, espessura e no número total de poros da casca. Ovos menores possuem casca mais espessa menor área superficial e número total de poros do que os ovos maiores (Morita et al., 2012; Lião et al., 2013). Um ovo com 60 gramas, por exemplo, possui em média um total de 10.000 poros, com cerca de 2mm² de diâmetro (Mortola, 2009). A maior espessura de casca implica poros mais longos, o que consiste em barreira maior para as trocas gasosas durante o desenvolvimento *in ovo*. Nas mesmas condições de incubação, menor porosidade da casca pode favorecer a retenção de CO₂ no interior dos ovos, promovendo o aumento da PACO₂ e da concentração de HCO⁻³ (Tullett e Burton, 1985). Dessa forma, diferenças nas taxas de trocas gasosas resultantes de diferenças físicas entre os ovos numa mesma incubação podem acarretar variações no assincronismo na eclosão, aumentando a amplitude da janela de eclosão.

Adicionalmente, considerando que os pintos começam a respiração pulmonar ainda no interior dos ovos, em total dependência das concentrações de CO₂ e O₂ no interior das câmaras de ar (Mortola, 2011) e que também ocorrerem diferenças no tamanho das câmaras de ar entre ovos de tamanhos distintos, é possível que ambiente hipercápnico e hipóxico seja estabelecido mais rapidamente em câmaras de ar de menor tamanho, sugerindo que o tamanho das câmaras de ar também seria um fator que interfere no assincronismo da eclosão dos pintos.

O intervalo de tempo entre a bicagem externa e a saída dos pintos da casca pode variar de 6 a 26 horas, podendo ter curta (6-10h), intermediária (10-20) e longa (20-27h) duração (Vicentini, 2015; Matos Junior, 2016; Zanatto, 2016). A partir do 16º dia de incubação, o feto inicia uma série de movimentos dentro do ovo, conhecido como comportamento pré-eclosão e de eclosão (Oppenheim, 1970, 1972; Provine, 1971, 1972; Oppenheim et al., 1978; Pittman et al., 1978; Tong et al., 2013). Esse movimento é caracterizado inicialmente pela viragem em 180º do corpo do feto no interior do ovo, de maneira que sua cabeça fique voltada para a extremidade do ovo

que contém a câmara de ar. As bicagens interna e externa da casca e a saída dos pintos de seu interior são decorrentes de movimentos repetitivos da cabeça, pernas, asas e do próprio corpo dos pintos no interior dos ovos (Oppenheim, 1970; Freeman e Vince, 1974; Rogers, 1995). Isso sugere que características físicas dos pintos, como o tamanho e peso corporal, a envergadura de asa, o tamanho das pernas e dos bicos também devem influenciar o período de nascimento dos pintos dentro da janela de eclosão.

2.3 Qualidade dos pintos

Os pintos são o produto dos incubatórios e, como tal, precisam ser produzidos em grande número e apresentar excelente qualidade. Isso significa que para os incubatórios é importante obter alta eclodibilidade de pintos, com alto potencial de crescimento e sobrevivência e com maior rendimento no período pré-abate. A avaliação da qualidade dos pintos após a eclosão é de fundamental importância para a maximização de desempenho zootécnico e sobrevivência no campo, uma vez que pintos com melhores características de qualidade são selecionados para o alojamento, enquanto os que apresentam problemas são descartados (Molenaar et al., 2010).

A qualidade dos pintos pode ser determinada por métodos quantitativos (peso e tamanho corporal e atividade dos pintos) e/ou qualitativos (presença ou não de fechamento do umbigo, de cordão alantóico, de inflamação das articulações do joelho, incorporação do saco vitelo, entre outros) (Decuypere et al., 2002; Willemsen et al., 2008). O peso corporal também é uma característica importante e possibilita o acompanhamento do desempenho da ave. Do ponto de vista prático, aos 7 dias de idade, os pintos devem apresentar peso corporal quatro vezes maior que o peso apresentado ao nascimento (Hodgetts, 2006). Além disso, o peso dos pintos ao nascimento apresenta correlação direta com seu peso à idade de abate (Powell e Bowman, 1964). Segundo Leandro et al. (2006), cada 1g a mais no peso do pinto ao nascer, pode significar até 15g de peso a mais ao abate deste frango. O peso do ovo tem grande influência sobre o peso do pinto, sendo que quanto mais pesado o ovo

maior o peso dos pintos (Joseph e Moran Jr., 2005a). Quanto ao tamanho da ave, correlações positivas entre comprimento e peso da ave aos 42 dias de idade foram registradas por Hill (2001), Wolanski et al. (2003), Meijerhof (2005), e Molenaar et al. (2007).

Critérios visuais para seleção dos pintos ao nascimento envolvem a presença ou não de problemas com os olhos, no fechamento da região umbilical, na incorporação do saco de vitelo, inflamação da articulação da perna, entre outros (Campos, 2000). Tona et al. (2003) desenvolveram um método de análise da qualidade dos pintos com base na pontuação de características qualitativas, comumente apresentados pelos pintos ao nascimento (atividade, fechamento da região umbilical, não incorporação do saco de vitelo, persistência ou não do cordão alantóico, inflamação das articulações femorotibial, problemas de empenamento e alterações do sistema visual), possibilitando uma análise quantitativa única da qualidade geral dos pintos. Todas as características analisadas possuem implicações importantes para a saúde e bem-estar dos pintos, podendo afetar sua viabilidade criatória e desenvolvimento na granja. Como é de conhecimento geral, o não fechamento da região umbilical pode propiciar a contaminação por agentes patogênicos. A não incorporação do saco de vitelo e a persistência do cordão alantóico podem acarretar lesões por atrito com o chão e pela bicagem, respectivamente, podendo também favorecer a contaminação por patógenos. A inflamação das articulações tíbio-femorais e os problemas de visão podem afetar a locomoção dos pintos, podendo, juntos, prejudicar o acesso ao comedouro e bebedouro. Por sua vez, problemas com o empenamento podem influenciar o controle da temperatura corporal dos pintos e termorregulação.

No método de análise de qualidade de pintos proposto por Tona et al. (2003), os pintos podem receber de 12 a 100 pontos, sendo que a pontuação mínima e máxima caracteriza a presença e ausência de problemas em todas as características analisadas, respectivamente. Diferentes intervalos de pontuação podem ser estabelecidos para determinação da qualidade dos pintos. Vicentini (2015) e Matos Junior (2016), por exemplo, classificaram os pintos como de qualidade excelente (100 pontos), muito boa (99-81 pontos), boa (80-61 pontos), regular (60-41 pontos), ruim (40-21 pontos) e péssima (20-12 pontos).

Diminuir a amplitude da janela de eclosão, ou seja, aumentar o sincronismo na eclosão pode aumentar a homogeneidade da qualidade dos pintos de corte de mesmo lote e, conseqüentemente, seu desempenho. Embora isso seja importante para o setor produtivo avícola, ainda poucos são os estudos científicos contribuindo para aumentar a base de conhecimento sobre o assincronismo na eclosão, a qual pode propiciar o estabelecimento de novos manejos com tal objetivo. Faltam dados na literatura da associação dos efeitos das características físicas dos ovos e dos pintos sobre o assincronismo na eclosão e a qualidade dos pintos ao longo da janela de eclosão.

3. OBJETIVOS

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de testar a hipótese de que características físicas dos ovos e dos pintos determinam o perfil de eclosão e qualidade dos pintos ao longo da janela de eclosão.

4. REFERÊNCIAS

Baião NC, Cançado SV (1998b). Efeito do intervalo entre o nascimento e o alojamento de pintos sobre o desempenho dos frangos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 50:191-194.

Bigot K, Taouis M, Picard M, Tesseraud S (2003). Early post-hatching starvation delays kinase activation in the muscle of neonatal chicks. **British Journal of Nutrition** 90:1023-1029.

Calil TAC (2007). **Princípios básicos de incubação**. In: Conferência FACTA 2007, Santos.

Campos EJ (2000). **Avicultura: razões fatos e divergências**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 311p.

Careghi C, Tona K, Onagbesan O, Buyse J, Decuypere E, Bruggeman V (2005). The effects of the spread of hatch and interaction with delayed feed access after hatch on broiler performance until seven days of age. **Poultry Science** 84:1314-1320.

Cobb (2008). **Hatchery management guide**. Disponível em: <https://www.cobb-vantress.com/resource/management-guides>. Acesso em: 11 de agosto de 2019.

Decuypere E, Tona K, Bruggeman V, Bamelis F (2001). The day-old chick, a crucial hinge between breeders and broilers. **World's Poultry Science Journal** 57:127-138.

Decuypere E, Tona K, Bamelis F, Careghi C, Kemps B, Ketelaere B, Baerdemaker, J, Bruggeman V (2002) Broiler breeders and egg factors interacting with incubation conditions for optimal hatchability and chick quality. **Archivos fur Geflugelkunde** 66:56-57.

Freeman BM, Vince MA (1974). **Development of the avian embryo - A behavioural and physiological study**, Chapman and Hall, London.

Gonzales E, Kondo N, Saldanha ES, Loddy MM, Careghi C, Decuypere E (2003). Performance and physiological parameters of broiler chickens subjected to fasting on the neonatal period. **Poultry Science** 82:1250-1256.

Gonzales E, Stringhini JH, Dahlke F, Cunha WCP, Xavier SAG (2008). Productive consequences of fasting neonatal chicks of different genetic constitutions for growing. **Revista Brasileira de Ciência Avícola** 10:253-256.

Halevy O, Geyra A, Barak M (2000). Early post-hatch starvation decreases satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in chicks. **Journal of Nutrition** 130:858-864.

Halevy O, Nadel Y, Barak M, Rozenboim I, Sklan D (2003). Early posthatch feeding stimulates satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in turkey poultrys. **Journal of Nutrition** 133:1376-1382.

Halle I, Tzschentke B (2011) Influence of temperature manipulation during the last 4 days of incubation on hatching results, post-hatching performance and adaptability to warm growing conditions in broiler chickens. **Poultry Science** 48:97-105.

Hill D (2001). Chick length uniformity profiles as a field measurement of chick quality? **Avian and Poultry Biology Reviews** 12:188.

Hodgetts B (2006). **Sucessfully closing the hatch window**. International Hatchery Praticce. v.20, n.5.

Joseph NS, Moran Jr ET (2005a). Characteristics of eggs, embryos, and chicks from broiler breeder hens selected for growth or meat yield. **Journal of Applied Poultry Research** 14:275-280.

Khandoker AH, Dzialowski EM, Burggren WW, Tazawa H (2003). Cardiac rhythms of late pre-pipped and pipped chick embryos exposed to altered oxygen environments. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology** 136:289-299.

La Scala Jr N (2013). Aspectos físicos da incubação. In: Macari M, Gonzales E, editors. In: **Manejo da Incubação**. Campinas: Facta; p. 97-124.

Lamot DM, Van de Linde IB, Molenaar R, Van der Pol CW, Wijtten PJA, Kemp B, Van den Brand H (2014). Effects of moment of hatch and feed access on chicken development. **Poultry Science** 93:2604-2614.

Leandro NSM, Cunha WCP, Stringhini JH, Cruz CP, Café MB, Matos MS (2006). Influência do peso inicial de pintos de corte sobre o desempenho e o rendimento de carcaça de frangos e a viabilidade econômica da produção. **Revista Brasileira de Zootecnia** 35:2314-2321.

Liao B, Qiao HG, Zhao XY, Bao M, Liu L, Zheng CW, Li CF, Ning ZH. (2013). Influence of eggshell ultrastructural organization on hatchability. **Poultry Science** 92:2236-2239.

Matos Junior JB (2016). Duração da eclosão e temperatura de incubação sobre a qualidade dos pintos, seu desempenho e qualidade de carne. **Tese (doutorado)**. Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Molenaar R, Anker Van Den I, Meijerhof R, Kemp B, Brand Van Den H (2007). Effect of eggshell temperature and oxygen concentration during incubation on the developmental and physiological status of broiler hatchlings in the perinatal period. **Poultry Science** 90:1257-1266.

Molenaar R, Reijrink IAM, Meijerhof R, Van den Brand H (2010). Meeting embryonic requirements of broilers throughout incubation: Brazillian **Journal of Poultry Science** 12:137-148.

Meijerhof R (2006). **Defining & measuring quality in days old**. International Hatchery Practice 19:21-125.

Morita VS, Boleli IC, Cargnelutti Filho A (2009). Hematological values and body, heart and liver weights in male and female broiler embryos taken from eggs of young and old breeders. **Revista Brasileira de Ciência Avícola** 11:19-27.

Morita VS, Boleli IC, Oliveira JA (2010). Hematological and incubation parameters of chicks from young breeders eggs: variation with sex and incubation temperature. **Poultry Science** 9:606-612.

Morita VS, Boleli IC, Oliveira JA (2012). Relationship between incubation temperature and egg size with heart hypoplasia in broiler chicks at hatching. **International Journal of Poultry Science** 11:761-768.

Mortola JP (2009). Gas exchange in avian embryos and hatchlings. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular e Integrative Physiology** 153:359-377.

Mortola JP (2011). Metabolic and ventilatory sensitivity to hypoxia in avian embryos. **Respiratory Physiology and Neurobiology** 178:174-180.

Nichelmann M, Janke O, Höchel J, Tzschentke B (2001). Development of physiological control systems in avian embryos. **News Biomedicine Science** 1:15-25.

Nichelmann M, Tzschentke B (2002). Ontogeny of thermoregulation in precocial birds. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology** 131:751-763.

Noy Y, Sklan D (1999). Energy utilization in newly hatched chicks. **Poultry Science** 78:1750-1756.

Noy Y, Uni Z (2010). Early nutritional strategies. **World's Poultry Science Journal** 66:639-646.

Oppenheim RW (1970). Some aspects of embryonic behaviour in the duck (*Anas platyrhynchos*). **Animal Behavior** 18:335-352.

Oppenheim RW (1972). Experimental studies on hatching behavior in the chick. III. The role of the midbrain and forebrain. **Journal of Comparative Neurology** 146:479-505.

Oppenheim RW, Pittman R, Gray ME Maderdrut JL (1978). Embryonic behavior, hatching and neuromuscular development in the chick following a transient reduction of spontaneous motility and sensory input by neuromuscular blocking agents. **Journal of Comparative Neurology** 179:619-640.

Pinchasov Y, Noy Y (1993). Comparison of post-hatch holding time and subsequent early performance of broiler chicks and turkey poults. **Brazilian Poultry Science** 34:11-120.

Pittman R, Oppenheim R, Ramakrishna T (1978). Experimental studies on hatching behavior in the chick. IV. Evidence for the role of a noradrenergic mechanism. **Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology** 204:95-111.

Powell HC, Bowman JC. (1964). An estimate of maternal effects in early growth characteristics and their effects upon comparative tests of chicken varieties. **Brazilian Poultry Science** 5:121-132.

Provine RR (1971). Chick hatching behavior-rotatory component. **American zoologist** p. 620.

Provine RR (1972). Hatching behavior of the chick (*Gallus domesticus*): plasticity of the rotatory component. **Psychonomic Science** 29:27-28.

Piva VJ (2017). **Influência materna sobre o fenótipo da prole *Gallus gallus domesticus***. Trabalho de conclusão de curso-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

Riccardi RR, Malheiros EB, Boleli IC (2011). Comparison of intestinal response of chicks from light and heavy eggs to post-hatch fasting. **International Journal of Poultry Science** 10:23-29.

Rogers LJ (1995). The development of brain and behavior in the chicken. **CAB International**.

SAS (2009). **Statistical analysis system**: Release 9.2, (software). Cary: SAS Institute.

Tona K, Bamelis F, Ketelaere B, Bruggeman V, Moraes VMB, Buyse J, Onagbesan O, Decuyper E (2003). Effects of egg storage time on spread of hatch, chick quality and chick juvenile growth. **Poultry Science** 82:736-741.

Tong Q, Romanini CE, Exadaktylos V, Bahr C, Berckmans D, Bergoug H, Eterradossi N, Roulston N, Verhelst R, McGonnell IM, Demmers T (2013). Embryonic development and the physiological factors that coordinate hatching in domestic chickens. **Poultry Science** 92:620-628.

Tullett SG, Burton FG (1985). The effects of eggshell porosity on blood-gas and acid-base status of domestic fowl embryos within eggs of the same weight. **Comparative Biochemistry and Physiology** 81:137-142.

Tweed S (2008). Hatchery management: The hatch window. In the poultry site. Disponível em: <https://thepoultrysite.com/articles/hatchery-management-the-hatch-window>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.

Tzschentke B (2008). Monitoring the development of thermoregulation in poultry embryos and its influence by incubation temperature. **Computers and Electronics in Agriculture** 64:61-71.

Uni Z, Smirnov A, Sklan D (2003). Pre-and posthatch development of goblet cells in the broiler small intestine: effect of delayed access to feed. **Poultry Science** 82:320-327.

Van de Ven LJF, Van Wagenberg AV, Debonne M, Decuypere E, Kemp B, Van den Brand H (2011). Hatching system and time effects on broiler physiology and posthatch growth. **Poultry Science** 90:1267-1275.

Van de Ven LJF, Van Wagenberg AV, Decuypere E, Kemp B, Van den Brand H (2013). Perinatal broiler physiology between hatching and chick collection in 2 hatching systems. **Poultry Science** 92:1050-1061.

Vicentini TI (2015). Programação térmica fetal e duração da fase de eclosão: efeitos sobre a qualidade na eclosão, variáveis sanguíneas, preferência térmica e resposta ao desafio térmico de pintos fêmeas. **Dissertação (mestrado)**- Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Vieira SL, Pophal S (2000). Nutrição pós-eclosão de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciências Avícolas** 2:189-199.

Willemsen H, Everaer TN, Witters A, De Smit L, Debonne M, Verschuere F, Garain P, Berckmans D, Decuypere E, Bruggeman V (2008). Critical assessment of chick quality measurements as an indicator of post-hatch performance. **Poultry Science** 87:2358-2366.

Willemsen H, Debonne M, Swennen Q, Everaert N, Careghi C, Han H, Bruggeman V, Tona K, Decuypere E (2010). Delay in feed access and spread of hatch: importance of early nutrition. **World's Poultry Science Journal** 66:177-188.

Willemsen H, Swennen Q, Everaert N, Geraert P.-A, Mercier Y, Stinckens A, Decuypere E, Buyse J (2011). Effects of dietary supplementation of methionine and its hydroxy analog DL-2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid on growth performance, plasma hormone levels, and the redox status of broiler chickens exposed to high temperatures. **Poultry Science** 90:2311-2320.

Wilson HR (1991). Interrelationships of egg size, chick size, posthatching growth and hatchability. **World's Poultry Science Journal** 47:5-20.

Wolanski NJ, Luiten EJ, Meijerhof R, Vereijken ALJ (2003). Yolk utilisation and chick length as parameters for embryo development. **Avian and Poultry Biology Reviews** 15:233-234.

Zanatto DCS (2016). Diferenças sexo-específicas na janela de nascimento associadas a duração da fase de eclosão determinam o assincronismo na eclosão em *Gallus gallus*. **Trabalho de conclusão de curso** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

CAPÍTULO 2 - O PESO DOS OVOS INFLUENCIA O SINCRONISMO DA ECLOSÃO E A QUALIDADE DOS PINTOS AO LONGO DA JANELA DE ECLOSÃO

RESUMO - O presente estudo analisou a qualidade incubatória de ovos mais leves e pesados, dentro da janela de incubabilidade dos ovos de matriz de corte, com base (i) na eclodibilidade e qualidade geral dos pintos, duração da incubação e da janela de eclosão e (ii) na dinâmica de nascimentos, eclodibilidade e qualidade dos pintos ao longo da janela de eclosão, analisando o processo de incubação até 504h e 529h. Foram utilizados ovos férteis com 56-61g (leves) e com 65-71g (pesados) de matrizes de corte com 38 e 44 semanas de idade (Cobb 500®), de mesmo lote, respectivamente. A eclodibilidade foi similar nos ovos leves e pesados, mas aumentou em 17% e 20%, respectivamente, aumentando a incubação para 529h. Ovos pesados apresentaram janela de eclosão mais curta (2,5h para 504h de incubação e 6,6h para 529h de incubação) e maior concentração de nascimentos de pintos intermediários ($\approx 80\%$) que os ovos leves ($\approx 50-56\%$). Pintos de ovos leves apresentaram melhor qualidade devido à menor incidência de problemas de alantoide e atividade. Pintos precoces de ovos leves apresentaram a melhor qualidade comparada aos demais pintos do mesmo peso de ovo e aos pintos dos ovos pesados. Dados indicam diferenças na eclodibilidade e qualidade dos pintos dentro da janela de eclosão entre pesos de ovos, maior qualidade incubatória para ovos leves no que se refere à qualidade dos pintos e maior qualidade dos ovos pesados quando se considera janela de eclosão e sincronismo na eclosão, e melhor qualidade de pintos precoces de ovos leves. Na prática, os resultados indicam que maior produção de pintos com nascimento precoce e curta janela de eclosão deve ser almejada e, portanto, levada em consideração nos futuros estudos de seleção.

Palavras-chave: duração da incubação, eclodibilidade, período de nascimento

1. INTRODUÇÃO

Alta eclodibilidade de pintos sadios, ativos e uniformes em curta janela de eclosão é crucial para a ave em si e para a produção comercial de aves. Para a ave, isso significa sucesso do investimento parental feito sobre os descendentes, traduzido como maior chance e capacidade de sobrevivência e desenvolvimento inicial, menor chance de predação da prole e menor custo parental com o cuidado inicial com a prole. Para o setor produtivo, representa sucesso na incubação dos ovos e nas etapas produtivas anteriores envolvidas com a produção e preservação dos ovos férteis, maior uniformidade, maior chance de sobrevivência, bom desenvolvimento e desempenho zootécnico pós-eclosão dos lotes. Assim, estudos de fatores que influenciem tais características na produção de pintos são de grande interesse para a ornitologia e a indústria avícola. Nesse contexto, o estabelecimento da qualidade ótima do ovo para alcançar tais metas se torna fator primordial, haja vista que o desenvolvimento embrionário e fetal dos pintos ocorre fora do corpo materno e no interior do ovo, e este deve fornecer condições de proteção, nutrição e trocas gasosas adequadas para a boa geração dos pintos.

Pesos diferentes de ovos influenciam de forma distinta a eclodibilidade dos pintos. Vários estudos têm mostrado que ovos com pesos extremos apresentam baixa taxa de eclosão de pintos comparados aos demais pesos de ovos, sendo, por isso, primariamente considerados ovos de baixa incubabilidade em aves de interesse produtivo, como galinha, avestruz, codorna (Wilson, 1991; Gonzales et al., 1999; Rosa et al., 2002; Murarolli e Mendes, 2003; Hassan et al., 2005; Abiola et al., 2008; Alabi et al., 2012 a, b). Contudo, resultados como diminuição (Deeming, 1994; Iqbal et al., 2016) ou aumento (De Witt e Schwalbach, 2004) da eclodibilidade com o aumento do peso dos ovos também são encontrados na literatura.

A influência do peso dos ovos sobre a qualidade dos pintos também tem sido amplamente analisada. Estudos mostram aumento no peso inicial dos pintos (Sinclair et al., 1990; Patek et al., 2003; Joseph e Moran JR, 2005b; Michalsky et al., 2005; Fiuza et al., 2006; Marinho et al., 2006; Pappas et al, 2006; Caglayan e Inal, 2006; Abiola et al., 2008; Piva, 2017), no seu comprimento (Iqbal et al., 2016) e maior hipertrofia das fibras do músculo peitoral e maior altura de vilo intestinal (Boleli e

Prestes, 2004; Gimenez et al., 2008) com o aumento no peso dos ovos, com resultante melhora no crescimento com o aumento do peso e tamanho inicial dos pintos (Tona et al., 2004; Gimenez et al., 2008; Alabi et al., 2012).

Adicionalmente, a duração da incubação também difere entre peso dos ovos. Estudos têm mostrado duração de incubação mais curta para ovos leves do que pesados (Wilson, 1991; Gimenez et al., 2008; Ulmer-Franco et al., 2010), sugerindo a ocorrência de janelas de eclosão e dinâmicas de nascimentos distintas entre tamanhos dos ovos. Há tempos a janela de eclosão tem sido tema de estudos por interferir na qualidade dos pintos e contribuir para o aumento da desuniformidade na qualidade dos lotes. Longa janela de eclosão expõe os primeiros pintos eclodidos a tempo maior de jejum entre nascimento e alojamento comparado aos últimos pintos eclodidos (Decuypere et al., 2001; Tona et al., 2003). A janela de eclosão associada ao tempo gasto com as práticas de manejo dos pintos no incubatório e com o transporte até as granjas pode submeter os primeiros pintos eclodidos a períodos distintos e às vezes extremamente longos de jejum (>48h) (Noy e Uni, 2010; Willemsen et al., 2010), cujos efeitos são maiores sobre pintos de ovos leves do que de ovos pesados (Riccardi et al., 2011). A demora no acesso à água e ração impossibilita a manutenção da qualidade inicial desses pintos e ocasiona perda de peso, prejuízos ao epitélio intestinal, menor desenvolvimento intestinal e do sistema imune, desidratação, entre outros (Gomide et al., 2004; Careghi et al., 2005; Calil et al., 2007; Pires et al., 2007; Riccardi et al., 2011, Willemsen et al., 2010; Lamot et al., 2014), prejudicando seu desenvolvimento inicial (Baião et al., 1998b, Careghi et al., 2005; Gonzales et al., 2008; Van de Ven et al., 2013). Mais recentemente, a janela de eclosão voltou a ser tema de interesse em vários estudos, devido aos efeitos do período de nascimento dentro da janela de eclosão per si sobre a qualidade dos pintos na eclosão. Alguns estudos têm mostrado maior peso corporal e maior desenvolvimento intestinal para pintos com nascimento precoce (Reis et al. 1997; Yalçin et al., 2013). Dessa forma, pelo contexto exposto anteriormente, janela de eclosão mais estreita é necessária para adquirir e manter alto nível de qualidade e uniformidade dos pintos. Isso envolve aumento do sincronismo na eclosão dos pintos, o qual, do ponto de vista biológico, poderia ser obtido retardando ou acelerando o

desenvolvimento *in ovo*, como ocorre em outras aves na natureza (Holmberg, 1991; Vince, 1964; Vince, 1968).

Em pesquisa prévia, realizado por nosso grupo de estudo, foi registrado aumento do peso corporal de pintos de corte com o aumento do peso dos ovos (grandes<extragrandes<jumbos=extrajumbos) e maior duração média de incubação para ovos mais pesados em comparação com ovos de peso intermediário (grandes=extragrandes<jumbos=extrajumbos), resultante de janelas de eclosão mais curtas e deslocadas para a direita nos ovos mais pesados (jumbos e extrajumbos) (Piva, 2017). Embora janelas de eclosão e dinâmicas de nascimento distintas possam influenciar diferentemente a qualidade dos pintos, pouca atenção tem sido dada a tais diferenças entre ovos e seus efeitos sobre a qualidade dos pintos.

Até o momento, nenhum manejo dos ovos na incubação foi proposto ou utilizado para aumentar o sincronismo na eclosão, de forma a reduzir a janela de eclosão, mantendo ou melhorando a eclodibilidade, qualidade e uniformidade dos pintos. O objetivo do presente trabalho foi comparar a qualidade incubatória de ovos leves e pesados, dentro da janela de incubabilidade dos ovos de matriz de corte, com base (i) na eclodibilidade e qualidade geral dos pintos, duração da incubação e da janela de eclosão e (ii) na dinâmica de nascimentos, eclodibilidade e qualidade dos pintos ao longo da janela de eclosão. A obtenção desses dados contribui para o melhor entendimento dos efeitos do peso dos ovos sobre o assincronismo na eclosão, a qualidade e uniformidade dos pintos na eclosão, e do que devemos considerar, hoje, qualidade ótima dos ovos para incubação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental utilizado neste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (protocolo CEUA - 001514/17) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, Brasil.

Condução experimental

Foram utilizados 255 ovos férteis com 1 dia de estocagem, sendo 129 ovos férteis com 56 à 61g (leves) e 126 ovos férteis com 65 à 71g (pesados), produzidos por matrizes de corte com 38 e 44 semanas de idade (Cobb 500[®]), de mesmo lote, respectivamente. No presente estudo, o peso do ovo foi considerado fator principal de tratamento, uma vez que trabalhos de literatura têm demonstrado efeito do peso dos ovos sobre as variáveis e não da idade da matriz (Traldi et al., 2011). Os ovos foram pesados e identificados individualmente a lápis, e distribuídos homoganeamente pelo peso entre quatro incubadoras horizontais (Premium Ecológica IP 70), com controle automático de temperatura e giro dos ovos à cada 1 h, para cada peso de ovo. A temperatura do ar da incubadora foi mantida a $37,5\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa no interior das incubadoras mantida a 60% e controlada por termômetro de bulbo úmido ($31\pm 0,3^{\circ}\text{C}$) até a eclosão. A umidade relativa foi mantida constante para evitar efeitos sobre o desenvolvimento *in ovo* e eclosão. No 8^o dia de incubação, foi realizada ovoscopia, para a retirada de ovos inférteis, para evitar qualquer risco de contaminação dos demais ovos incubados. No 18^o dia, a viragem dos ovos foi interrompida e os ovos foram transferidos para nascedouros, mantidos nas mesmas condições de temperatura e de umidade relativa das incubadoras. Todos os ovos foram obtidos de incubatório comercial (Globoaves, Itirapina/SP, Brasil). Após nascimento, a frequência de nascimento e a qualidade dos pintos foram analisadas de acordo com a duração da incubação em horas (curta, intermediária e longa), determinadas a partir da duração média da incubação e desvio padrão, considerando incubação até 504h μ : 490,93h, σ : 7,60h, curta: duração da incubação até $\mu-\sigma$: $\leq 483,33$ h de incubação, intermediária: entre $\mu-\sigma$ e $\mu+\sigma$ (483,34 a 498,52h), longa: após $\mu+\sigma$ (498,53 à 504h) e até 529h (μ :498,85 h, σ :13,43h, pintos precoces: pintos nascidos com $\leq 485,42$ h de incubação, pintos intermediários: nascidos entre 485,43 e 512,27h, e pintos tardios: nascidos de 512,28 à 529h).

Janela de eclosão e frequência de nascimentos

A janela de eclosão correspondeu ao período (horas) entre o primeiro e último pinto a eclodir. A distribuição de nascimentos e a frequência cumulativa de nascimentos de pintos ao longo da janela de eclosão com incubação até 504h e 529h foram calculadas em porcentagens em intervalos de 3 horas. Para as distribuições de nascimentos também foram determinadas as curvas de Gauss.

Qualidade dos pintos na eclosão

A qualidade de todos os pintos nascidos foi determinada após secagem da penugem (≈ 2 h após eclosão), seguindo metodologia adaptada de Tona et al. (2003), a qual envolve a avaliação, por observação direta, e pontuação das características físicas dos pintos (presença de sujeira e umidade nas penugens; persistência ou não e comprimento do cordão alantóico; cor, fechamento e limpeza da região umbilical; brilho e abertura ocular; articulações do joelho com inflamação e/ou vermelhidão e grau de incorporação do saco vitelino na cavidade abdominal) e atividade (tempo de imobilidade tônica) (Tabela 1). A partir do total de pontos recebidos, os pintos foram classificados como apresentando qualidade muito ruim (12 a 20 pontos), ruim (21 a 40 pontos), regular (41 a 60 pontos), boa (61 a 80 pontos), muito boa (81-99 pontos) e excelente (100 pontos). A pontuação máxima de qualidade (100 pontos) correspondeu à ausência de problemas em todas as variáveis analisadas. As porcentagens totais de pintos em cada classe de qualidade e tipo de problema físico foram calculadas para cada período de nascimento dentro da janela de eclosão e peso de ovo. O tempo de imobilidade tônica foi determinado individualmente para cada pinto, seguindo metodologia adaptada de Rocha et al. (2017). O procedimento foi realizado em ambiente isolado das demais aves e silencioso, com a finalidade de reduzir as influências ambientais que poderiam prejudicar a coleta dos dados. Os testes foram realizados sobre superfície de madeira plana, forrada com papel pardo (30x30cm), o qual era trocado a cada pinto para evitar influência entre aves. Os pintos foram colocados em decúbito dorsal e contidos pelo peito e cabeça, pela mão do avaliador por 10 segundos, para induzir a ausência de movimentação, considerada

como imobilidade tônica. A partir desse momento, os pintos foram mantidos sem contenção e o tempo que levavam para ficar sobre os dois pés foi cronometrado pelo avaliador. O procedimento foi realizado sempre pelo mesmo avaliador e com todas as aves do experimento. O teste de imobilidade tônica foi realizado três vezes para cada ave, com intervalo de 2 minutos entre cada uma delas. Tempo de imobilidade tônica maior que 600 segundos foi desconsiderado (Rocha et al., 2017).

Tabela 1. Critérios e pontuação de qualidade de pintos de corte recém-eclodidos.

Critérios	Descrição	Caracterização	Pontos
Atividade	Avaliada pelo tempo em que o pinto permanece em decúbito dorsal	<30 s: alta atividade	6
		>30 s: baixa atividade	0
Empenamento	Presença de sujeira e umidade Limpo e seco: bom Com sujeira ou umidade: ruim	Limpo e seco	10
		Limpo e úmido	8
		Sujo e úmido	0
Olhos	Brilho e abertura das pálpebras	Aberto e brilhante	20
		Aberto e sem brilho	10
		Olhos fechados	0
Pernas	Permanência do pinto em pé Sem dificuldade: pernas normais Com dificuldade: articulação do joelho com vermelhidão ou inflamação	Normal	20
		Uma perna inflamada	10
		Duas pernas inflamadas	0
Região umbilical	Presença de sujeira, cor ou abertura da região	Fechado e limpo	12
		Parcialmente aberto e sem vermelhidão	6
		Aberto e esbranquiçado	0
Alantoide	Ausência ou comprimento do cordão alantóico	Ausência	12
		Curto (≤ 1 cm)	8
		Longo (> 1 cm)	4
Saco de vitelo	Grau de incorporação na cavidade abdominal	Totalmente incorporado	20
		Incorporação parcial	14
		Não Incorporado	8

Adaptado de Tona et al. (2003). Pontuação de qualidade: excelente (100 pontos), muito boa (99-81 pontos), boa (80-61 pontos), regular (60-41 pontos), ruim (40-21 pontos) e péssima (20-12 pontos).

Peso corporal dos pintos, espessura de casca e perda de massa dos ovos

O peso corporal foi mensurado após a secagem da penugem (2 horas após eclosão), utilizando balança digital de precisão (Marte, 0,001), e expresso em gramas (g). Para a análise de espessura de casca, após eclosão, as cascas dos ovos foram lavadas em água corrente e mantidas à temperatura ambiente para secagem. Foram analisadas as cascas de 64 e 78 ovos leves e pesados, respectivamente, para incubação até 504h e de 112 ovos leves e 94 ovos pesados para incubação até 529h. As mensurações foram realizadas em três fragmentos da região equatorial de cada ovo, usando micrômetro digital (Mitutoyo - resolução 0,001 mm). A espessura da casca (com membranas) de cada ovo correspondeu à média aritmética das três mensurações e foi expressa em mm. A perda de massa dos ovos (%) foi calculada pela diferença entre seus pesos antes da incubação e na bicagem interna.

Análises estatísticas

A ocorrência de diferenças na espessura de casca, perda de massa e peso corporal e pontuação total de qualidade (segundo Tona et al., 2003) dos pintos entre os períodos de nascimento (precoce, intermediário e tardio), e entre pesos de ovos (leves: 56-61g e pesados: 65-71g) foram verificadas segundo o modelo experimental $Y_{ijk} = \mu + PN_i + PO_j + (PN \times PO)_{ij} + e_{ijk}$, sendo que Y corresponde às variáveis dependentes, μ às médias gerais, PN ao período de nascimento dentro da janela de eclosão, PO ao peso dos ovos e "e" aos erros padrões. Para incubação até 504h pintos precoces corresponderam aos pintos nascidos antes de 483,33h de incubação, pintos intermediários aos nascidos entre 483,34 e 498,52h, e pintos tardios os nascidos entre 498,53 e 529h. Para incubação até 529h, pintos precoces, intermediários e tardios corresponderam aos pintos nascidos até 485,42h, entre 485,43 e 512,27h e de 512,28 a 529h de incubação. Os dados foram verificados quanto à presença de outliers e testados quanto às pressuposições de normalidade dos erros studentizados (teste de Cramer-von-Misses) e de homogeneidade de variâncias (teste de Levene). Depois de constatada a não violação dessas pressuposições, os dados foram

submetidos à análise de variância pelo procedimento Proc Mixed do programa SAS 9.2 (SAS Institute, 2009). Quando necessário, diferenças entre médias foram analisadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). A existência de diferenças nas frequências de problemas físicos, qualidade e nas eclodibilidades entre pintos precoces, intermediários e tardios, oriundos de ovos leves ou pesados, foram analisadas para incubação até 504h e 529h, utilizando a prova qui-quadrado (χ^2) para k amostras independentes e/ou para uma amostra (Siegel, 1956), considerando $P \leq 0,05$. A distribuição de nascimentos e as frequências cumulativas de nascimentos dos pintos ao longo da janela de eclosão foram submetidas a análises descritivas.

3. RESULTADOS

O presente estudo comparou a distribuição de nascimentos e a qualidade geral dos pintos de ovos leves e pesados e ao longo da janela de eclosão, considerando incubação até 504 (padrão dos incubatórios) e 529 horas (real).

Dinâmica da frequência de nascimentos ao longo da janela de eclosão

Considerando incubação até 504h, o nascimento dos pintos de ovos leves ocorreu de 471,78 a 503,52 h, ou seja, do 20° ao 21° dia, o que representou janela de eclosão de 31,74 h (Figura 1A). A distribuição de nascimentos de pintos de ovos leves foi caracterizada por flutuações ao longo da janela de eclosão que não ultrapassaram 14% de nascimentos. Nos ovos pesados (Figura 1B), os pintos nasceram de 474,28 a 503,92 h de incubação (do 20° ao 21° dia), ocasionando uma janela de eclosão de 29,64 h, ou seja, 2,1h mais curta do que a dos ovos leves. Diferentemente dos pintos de ovos leves, pintos de ovos pesados apresentaram pico de nascimentos entre 483,04 a 498,08h. A duração média da incubação entre ovos leves e pesados diferiu ($489,55 \pm 8,83$ h e $491,91 \pm 6,46$ h, respectivamente, $P: 0,0491$), sendo mais curta nos ovos leves do que nos pesados. Como mostrado pela frequência cumulativa de nascimentos (Figura 1C), quando os pintos de ovos pesados começaram a eclodir (474,01-

477,01h) cerca de 8,3% de pintos de ovos leves já haviam eclodido. A frequência de nascimentos de pintos de ovos leves permaneceu acima da frequência de nascimentos de pintos de ovos pesados até 495,07h, quando atingiu 65,3% comparado aos 62,5% de nascimentos de pintos de ovos pesados. Após 495,07h, a frequência de nascimentos dos pintos de ovos leves foi ultrapassada pela dos pintos de ovos pesados, assim permanecendo até 498,08h. O pico de nascimentos de pintos de ovos pesados entre 483,04 a 498,08h de incubação correspondeu a 74% dos nascimentos. Nesse mesmo período, apenas 53% dos pintos de ovos leves haviam nascido. Ao final de 498,08h, haviam ocorrido 81,7% de nascimentos de pintos ovos pesados e apenas 79,2% de pintos de ovos leves. Ovos leves atingiram 74% de nascimentos entre 495,08-498,08h. Em ambos os pesos de ovos, leves e pesados, a frequência cumulativa de nascimentos de pintos atingiu 100% com o encerramento da incubação (504 horas).

Para incubação até 529h, o nascimento dos pintos de ovos leves ocorreu de 471,78 a 528,72 h, ou seja, do 20° ao 23° dia, o que representou janela de eclosão de 56,94 h (Figura 2A). A distribuição de nascimentos de pintos de ovos leves foi caracterizada por flutuações ao longo da janela de eclosão que não ultrapassaram 8% de nascimentos. Nos ovos pesados (Figura 2B), os pintos nasceram de 474,28 a 524,58 h de incubação (do 20° ao 22° dia), ocasionando uma janela de eclosão de 50,30 h, ou seja, 6,6h mais curta do que a dos ovos leves. Diferentemente dos pintos de ovos leves, pintos de ovos pesados apresentaram pico de nascimentos entre 483,04 a 498,08h. A duração média da incubação entre ovos leves e pesados foi mais curta nos ovos pesados do que nos ovos leves ($496,12 \pm 10,20$ h e $499,94 \pm 15,13$ h, respectivamente, $P:0,0236$). Como mostrado pela frequência cumulativa de nascimentos (Figura 2C), quando os pintos de ovos pesados começaram a eclodir (474,01-477,01h) cerca de 6,1% de pintos de ovos leves já haviam eclodido. A frequência de nascimentos de pintos de ovos leves permaneceu acima da frequência de nascimentos de pintos de ovos pesados até 489h, quando atingiu 27,5% comparado aos 22,3% de nascimentos de pintos de ovos pesados. Após 489h, a frequência de nascimentos dos pintos de ovos leves foi ultrapassada pela dos pintos de ovos pesados, assim permanecendo até 531h (final dos nascimentos de pintos de ovos leves). O pico de nascimentos de pintos de ovos pesados entre 483,04 a

498,08h de incubação correspondeu a 59,2% dos nascimentos. Nesse mesmo período, apenas 29% dos pintos de ovos leves haviam nascido. Ao final de 498,08h, haviam ocorrido 65,4% de nascimentos de pintos ovos pesados e apenas 43% de pintos de ovos leves. Ovos leves atingiram 65,4% de nascimentos entre 510,13-513,13h. A frequência cumulativa de nascimentos de pintos de ovos leves e pesados atingiu 100% com 531,19 e 525,17 horas, respectivamente. Apesar das diferenças na dinâmica de nascimentos, não houve diferença na eclodibilidade de pintos entre ovos leves e pesados (86,5% e 89,3%, respectivamente).

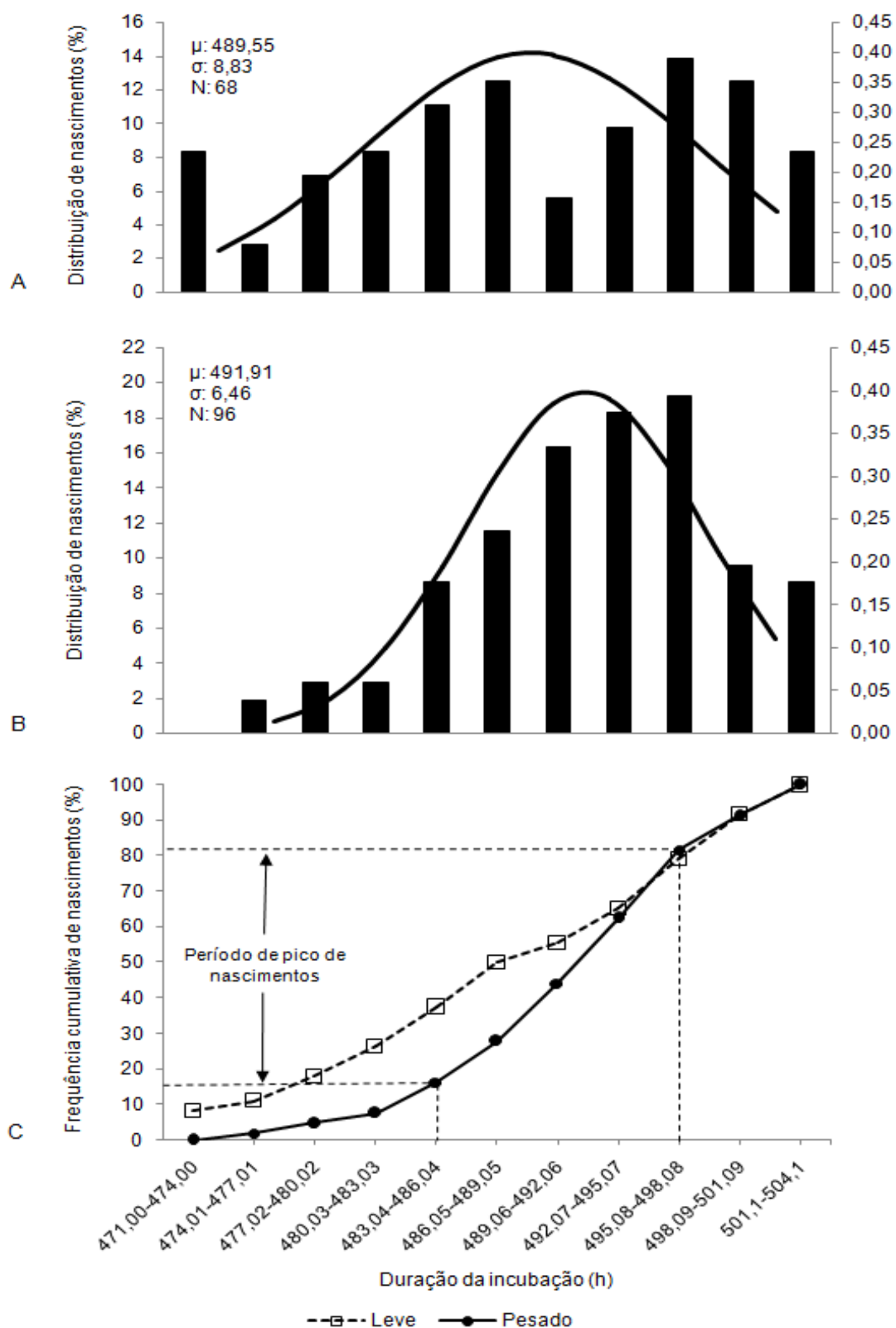


Figura 1. Distribuição de nascimentos e curva de Gauss de pintos oriundos de ovos leves (A) e pesados (B) e frequência cumulativa de nascimentos (C), ao longo da janela de eclosão, para incubação até 504h.

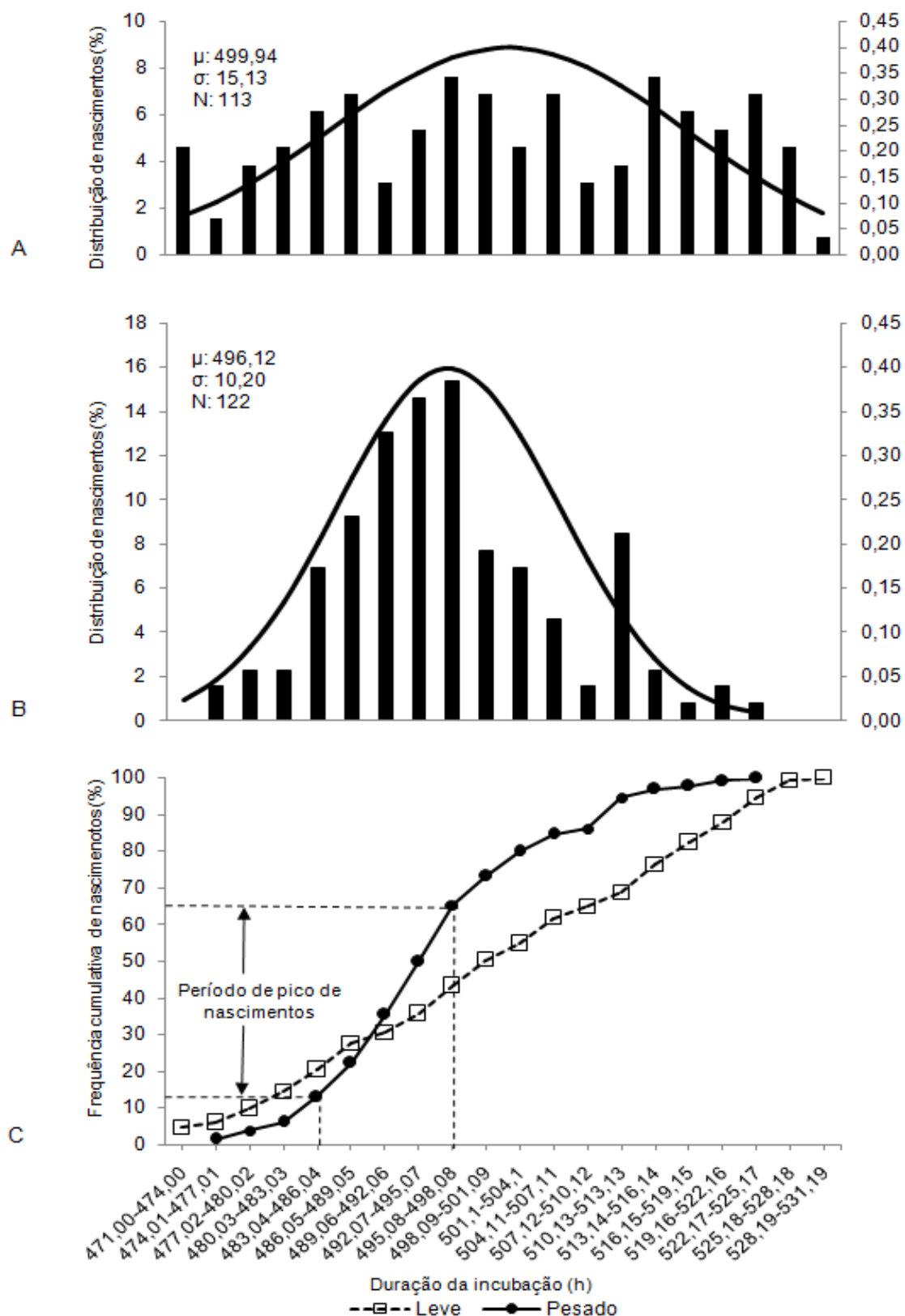


Figura 2. Distribuição de nascimentos e curva de Gauss de pintos oriundos de ovos leves (A) e pesados (B) e frequência cumulativa de nascimentos (C), ao longo da janela de eclosão, para incubação até 529h.

Eclodibilidade e frequência de nascimentos ao longo da janela de eclosão

Apesar das diferenças na dinâmica de nascimentos, não houve diferença na eclodibilidade de pintos entre ovos leves e pesados até 504h (65,8% e 70,7%; $P:0,6646$) respectivamente, e nem até 529h (86,7% e 87,9% respectivamente; $P:0,6375$). Como mostrado na Tabela 2, independentemente da finalização da incubação com 504 ou 529h, tanto nos ovos leves como nos pesados, as frequências de nascimentos de pintos foi maior no período intermediário, do que no precoce e tardio ($P<0,05$). Além disso, ocorreram diferenças na distribuição de nascimentos ao longo da janela de eclosão entre os dois pesos dos ovos finalizando a incubação com 504h (N: 164; $X^2: 11,50$; $P:0,0032$) ou com 529h (N: 235; $X^2: 25,77$; $P:<0,0001$). Em ambos os casos, as frequências de nascimentos de pintos precoces e tardios foram maiores nos ovos leves do que nos ovos pesados, enquanto as frequências de nascimentos de pintos intermediários foram menores.

Tabela 2. Frequência de nascimentos de pintos ovos leves e pesados incubados até 504h e 529h, de acordo com o peso dos ovos e o período de nascimento dentro da janela de eclosão.

Duração da incubação	Peso do ovo	Período de nascimento			N	χ^2^*	P
		Precoce (%)	Intermediário (%)	Tardio (%)			
504h ¹	Leve	25,0	55,9	19,1	68	15,91	<0,001
	Pesado	8,3	79,2	12,5	96	91,00	<0,001
	χ^2^*	3,24	12,67	0,04			
	P	0,0719	0,0004	0,8415			
529h ²	Leve	22,1	49,6	28,3	113	14,04	<0,001
	Pesado	11,5	80,3	8,2	122	121,44	<0,001
	χ^2^*	3,10	11,45	11,52			
	P	0,0782	0,0007	0,0007			

Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. ¹Precoce: 471,78-482,82h, Intermediário: 483,63-498,50h, Tardio: 498,55-504h. ²Precoce: 471,78-485,08h, Intermediário: 485,45-512,07h, Tardio: 512,50-528,72h *Qui-quadrado para K amostras independentes (P≤0,05).

Qualidade dos pintos ao longo da janela de eclosão

Para incubação até 504h, não ocorreu diferença significativa na pontuação média de qualidade (metodologia adaptada de Tona et al., 2003) entre pintos precoces (94,06) intermediários (94,16) e tardios (92,04) ($P:0,2316$), mas houve diferença entre ovos leves e pesados (95,03 e 91,81; $P:0,0113$) e interação significativa entre peso dos ovos e períodos de nascimento ($P:0,0260$). De acordo com a interação (Figura 3A), pintos precoces, intermediários e tardios de ovos leves e pesados não diferiram estatisticamente quanto às pontuações de qualidade. Todavia, pintos precoces de ovos leves apresentaram maior pontuação de qualidade do que os pintos precoces e tardios de ovos pesados.

Para incubação até 529h, não houve diferença na pontuação média de qualidade dos pintos entre ovos leves e pesados (94,45 e 92,70; $P:0,0657$) e nem entre pintos precoces, intermediários e tardios (95,03; 93,35 e 92,35; $P:0,1169$). Entretanto, ocorreu interação significativa entre os pesos dos ovos e os períodos de nascimento ($P:0,0180$). Como mostrado na Figura 3B, pintos precoces de ovos leves apresentaram pontuação média de qualidade maior do que os pintos dos demais tratamentos, os quais receberam pontuação similar.

Apesar das diferenças registradas pela interação entre peso dos ovos e períodos de nascimento, a pontuação de qualidade dos pintos variou de 90 a 98,13 para pintos de ovos incubados até 504h e de 91,81 a 97,92 para pintos de ovos incubados até 529h, o que caracteriza pintos com muito boa qualidade. Em nenhum dos pesos de ovos e períodos de nascimento foi observado nascimento de pintos com qualidade regular (41-60 pontos), ruim (21-40 pontos) ou muito ruim (12-20 pontos).

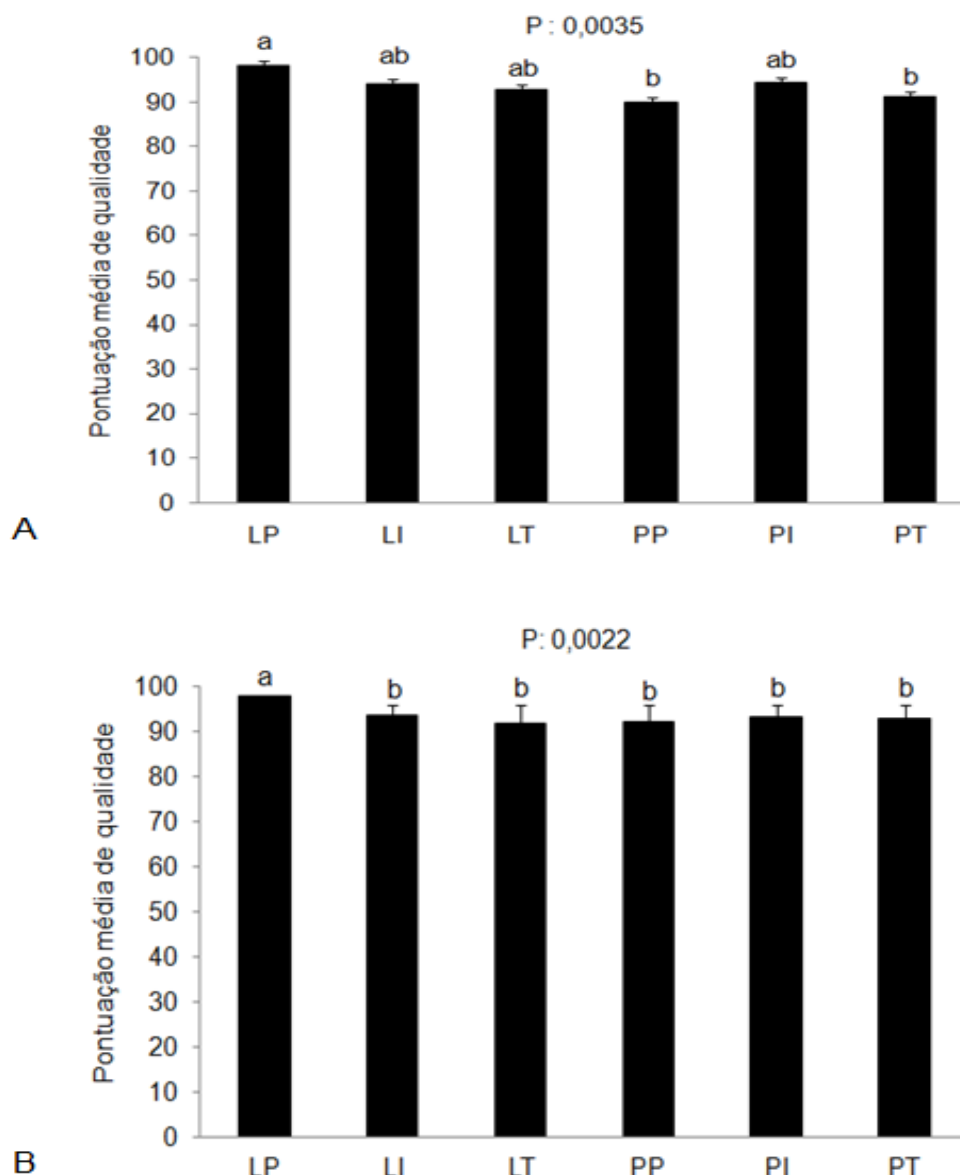


Figura 3. Pontuação média de qualidade dos pintos de corte de acordo com o peso dos ovos e períodos de nascimento dentro da janela de eclosão até 504h (A) e 529h (B) de incubação. LP: leve-precoce, LI: leve-intermediário, LT: leve-tardio, PP: pesado-precoce, PI: pesado-intermediário, PT: pesado-tardio. Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. (A) Precoce: 471,78-482,82h, Intermediário: 483,63-498,50h e Tardio: 498,55-503,92h. (B) Precoce: 471,78-485,08h, Intermediário: 485,45-512,07h e Tardio: 512,50-528,72h.^{a-b}: indica diferença em relação às demais médias ($P \leq 0,05$).

Análises das porcentagens de ocorrência dos problemas físicos e de atividade (Tabela 3) mostraram diferenças significativas entre ovos leves e pesados, os quais ocorreram com maior frequência nos pintos de ovos incubados

por período mais longo (529h). Quando os ovos foram incubados até 504h, a ocorrência de problemas de pernas foi 10,8% maior e a de atividade 18,5% menor nos pintos de ovos leves do que pesados. Quando a incubação ocorreu até 529h, pintos de ovos leves apresentaram 11,9% de problemas de empenamento, 22% de retenção de cordão alantóico e 12,7% de problema de atividade a menos do que os pintos de ovos pesados, bem como 14,8% a mais de problemas de pernas. Esses resultados indicam que a metodologia de Tona et al. (2003) supervaloriza determinadas características utilizadas nas análises de qualidade dos pintos, subestimando sua qualidade. Atividade, por exemplo, é característica utilizada para mensurar capacidade de exploração do ambiente e ida ao comedouro e bebedouro dos pintos. Todavia, com poucas horas de vida ou no primeiro dia de vida os pintos se apresentam sonolentos e com baixa atividade exploratória, caracterizando equivocadamente os pintos como de segunda classe. O problema de pernas também é uma variável a ser analisada com cautela, pois apesar da vermelhidão das articulações, os pintos no presente estudo não apresentavam dificuldade de deslocamento ou de sustentação do peso corporal. Dessa forma, vermelhidão nas articulações acaba por subestimar a qualidade dos pintos, levando a classificá-los como pintos de segunda classe. Análise de dispersão mostra inexistência de relação entre tempo de imobilidade tônica (atividade) e duração da incubação (Figura 4). A maioria dos pintos de ovos leves e pesados apresentaram tempo de imobilidade tônica menor que 30s. Todavia, os dados mostram maior ocorrência de pintos de ovos pesados com baixa atividade (estimada pelo tempo de imobilidade maior que 30s) antes de 504h e de pintos de ovos leves a partir de 504h.

Tabela 3. Frequência de diferentes problemas físicos e de atividade em pintos de corte de ovos incubados até 504h e 529h, de acordo com o peso do ovo.

Duração da incubação	Problemas	Ovo leve % (N)	Ovo pesado % (N)	χ^2*	P
504h	Empenamento	17,6 (12)	21,9 (21)	0,44	0,5058
	Pernas	19,1 (13)	8,3 (8)	4,15	0,0417
	Umbigo	16,2 (11)	16,7 (16)	0,01	0,9335
	Alantoide	36,8 (25)	52,1 (50)	3,76	0,0524
	Atividade	4,4 (3)	22,9 (22)	10,55	0,0012
529h	Empenamento	16,8 (19)	28,7 (35)	4,67	0,0306
	Pernas	23,0 (26)	8,2 (10)	9,92	0,0016
	Umbigo	15,9 (18)	24,6 (30)	2,71	0,0999
	Alantoide	35,4 (40)	57,4 (70)	11,38	0,0007
	Atividade	5,3 (6)	18,0 (22)	9,05	0,0026

Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. *Qui-quadrado para K amostras independentes ($P \leq 0,05$).

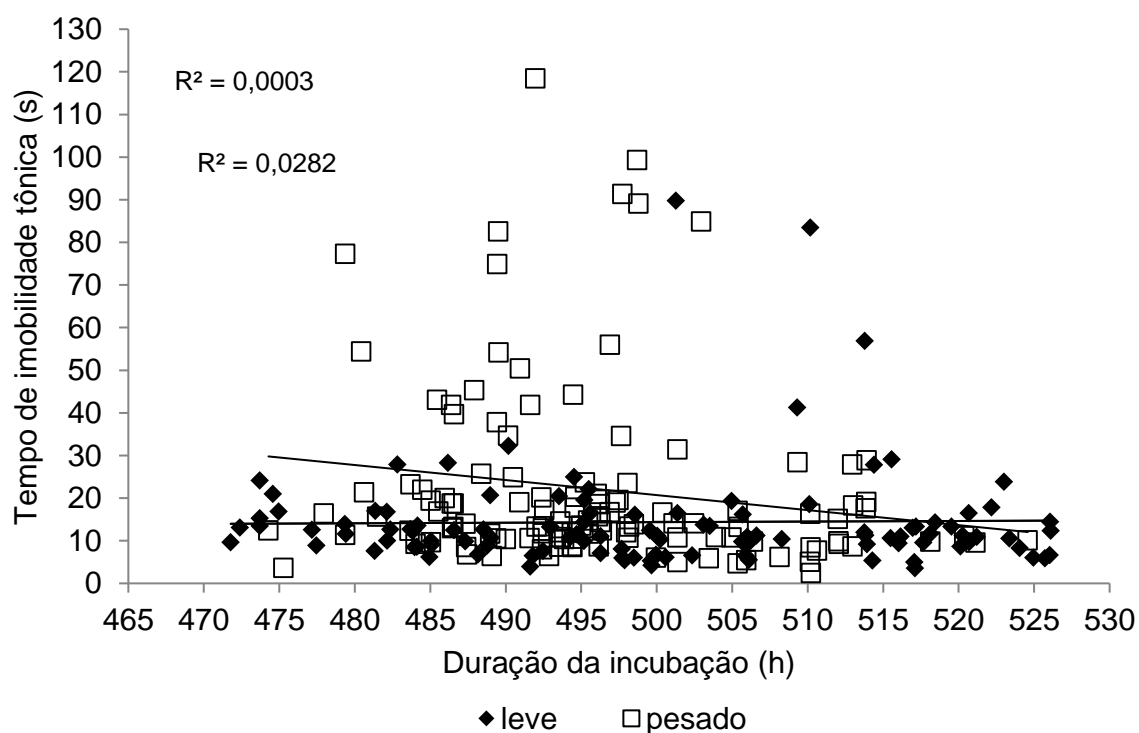


Figura 4. Relação entre o tempo médio de imobilidade tônica e a duração da incubação em ovos leves e pesados.

Ainda em relação à qualidade dos pintos (Tabela 4), tanto para incubação até 504h como até 529h, independentemente do peso dos ovos, a frequência de nascimentos de pintos com muito boa qualidade foi maior do que a frequência de nascimentos de pintos de excelente e boa qualidade, e a frequência de nascimentos de pintos de excelente qualidade maior do que a frequência de pintos de boa qualidade. Houve diferença na frequência de nascimentos de pintos com excelente, muito boa e boa qualidade entre os pesos de ovos tanto para incubação até 504h (N:164; χ^2 :8,32; P:0,0156), como até 529h (N:235; χ^2 :8,59; P:0,0137). Para incubação de ovos até 504h, as frequências de nascimentos de pintos com excelente e boa qualidade (15,3% e 5,3%, respectivamente) foram maiores e a frequência de nascimentos de pintos de muito boa qualidade (20,6%) menor nos ovos leves do que nos pesados. Da mesma forma, para incubação até 529h, as frequências de nascimentos de pintos com excelente e boa qualidade (15,7% e 2,1%, respectivamente) foram maiores e a frequência de nascimentos de pintos de muito boa qualidade (17,8%) menor nos ovos leves do que nos pesados.

Tabela 4. Frequência de nascimentos de pintos até 504h e 529h de incubação, de acordo com o peso dos ovos e a classificação de qualidade.

Duração da incubação	Peso do ovo	Qualidade dos pintos			N	χ^2 *	P
		Excelente (%)	Muito boa (%)	Boa (%)			
504h	Leve	38,2	54,4	7,4	68	23,32	<0,001
	Pesado	22,9	75,0	2,1	96	81,25	<0,001
529h	Leve	35,4	58,4	6,2	113	46,42	<0,001
	Pesado	19,7	76,2	4,1	122	105,46	<0,001

Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. Qualidade dos pintos: Excelente: 100 pontos, Muito boa: 99-81 pontos e Boa: 80-61 pontos (adaptado de Tona et al., 2003). *Qui-quadrado para K amostras independentes ($P \leq 0,05$).

Como mostrado na Tabela 5, para incubação até 504h, pintos de ovos leves de excelente e muito boa qualidade ocorreram em todos os períodos de nascimento, enquanto que pintos de boa qualidade ocorreram apenas no precoce e intermediário. Comparações entre períodos de nascimento para ovos

leves mostraram que pintos de muito boa qualidade foram 24,9% e 17,6% mais frequentes no período intermediário do que nos períodos precoce e tardio, respectivamente, bem como 7,3% mais frequentes no período tardio do que no precoce. Nos ovos pesados, pintos de excelente e boa qualidade não ocorreram no período tardio. A quase totalidade dos pintos de excelente qualidade ocorreu no período intermediário. A maior frequência de pintos de muito boa qualidade ocorreu no período intermediário e foi 50% e 43,8% maior do que nos períodos precoce e intermediário, respectivamente. Para incubação até 529h, ocorreram pintos de excelente, muito boa e boa qualidade nos três períodos de nascimento tanto para ovos leves como pesados. Entretanto, para ovos leves, a frequência de nascimentos de pintos de muito boa qualidade foi mais elevada no período intermediário, e 23% e 11,5% maior nesse do que nos períodos precoce e tardio, respectivamente. Para ovos pesados, a frequência de pintos de excelente qualidade foi concentrada no período intermediário. A frequência de pintos de muito boa qualidade também foi mais alta no período intermediário, sendo 50% e 53,2% maior nesse do que nos períodos precoce e intermediário, respectivamente.

Tabela 5. Qualidade dos pintos de ovos leves e pesados incubados até 504h e 529h, de acordo com o período de nascimento.

Duração da incubação	Peso do Ovo	Qualidade	Período de nascimento			N	χ^2*	P
			Precoce	Intermediário	Tardio			
504h ¹	Leve	Excelente (%)	16,2	17,6	4,4	26	5,62	0,10
		Muito boa (%)	7,4	32,3	14,7	37	12,38	<0,01
		Boa (%)	1,5	5,9	0,0	5	5,20	0,10
	Pesado	Excelente (%)	1,0	21,9	0,0	22	38,27	<0,001
		Muito boa (%)	6,3	56,3	12,5	72	57,00	<0,001
		Boa (%)	1,0	1,0	0,0	2	1,00	0,70
529h ²	Leve	Excelente (%)	13,3	15,0	7,1	40	3,35	0,20
		Muito boa (%)	8,0	31,0	9,5	66	15,36	<0,001
		Boa (%)	0,9	3,5	1,8	7	2,00	0,50
	Pesado	Excelente (%)	0,8	18,0	0,8	24	36,75	<0,001
		Muito boa (%)	9,8	59,8	6,6	93	85,61	<0,001
		Boa (%)	0,8	2,5	0,8	5	1,60	0,50

Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. ¹Precoce: 471,78-482,82h, Intermediário: 483,63-498,50h, Tardio: 498,55-503,92h. ²Precoce: 471,78-485,08h, Intermediário: 485,45-512,07h, Tardio: 512,50-528,72h. Qualidade dos pintos: Excelente, Muito boa e Boa (100, 81-99, 61-80 pontos, respectivamente, segundo Tona et al., 2003). *Qui-quadrado para K amostras independentes ($P \leq 0,05$).

As Tabelas 6 e 7 contêm comparações das frequências dos diferentes problemas físicos e de atividade observadas nos três períodos de nascimento, para ovos leves e pesados. Com incubação até 504h (Tabela 6), não ocorreram pintos de ovos leves com problemas de empenamento, umbigo e atividade no período precoce. Para ambos os pesos de ovos, esses problemas foram mais frequentes no período intermediário. Pintos de ovos leves com problema de perna também foram mais frequentes no período intermediário. Pintos com persistência de cordão alantóico também foram mais frequente no período intermediário, em ambos os pesos de ovos. Para incubação até 529h (Tabela 7), problemas de empenamento, umbigo e atividade também não foram registrados para pintos precoces de ovos leves. Todos os problemas físicos e de atividade foram mais frequentes em pintos de ovos leves e pesados no período intermediário, exceção aos problemas de perna de pintos de ovos leves que também foram frequentes no período tardio.

Tabela 6. Frequência de diferentes problemas físicos e de atividade em pintos de ovos leves e pesados incubados até 504h, de acordo com o peso do ovo e com os períodos de nascimento.

Peso do ovo	Período de nascimento			χ^{2*}	P
	Precoce	Intermediário	Tardio		
Problema de empenamento (%)					
Leve	0,0	14,7	2,9	14,00	<0,001
Pesado	4,2	13,5	4,2	7,71	0,02
Problema de pernas (%)					
Leve	2,9	13,2	2,9	7,54	0,02
Pesado	2,1	4,2	2,1	1,00	0,70
Problema de umbigo (%)					
Leve	0,0	8,8	7,4	5,64	0,10
Pesado	2,1	11,5	3,1	9,13	0,01
Problema de alantoide (%)					
Leve	5,9	23,5	7,4	10,64	<0,01
Pesado	5,2	37,5	9,4	34,12	<0,001
Problema de atividade (%)					
Leve	0,0	2,9	1,5	2,00	0,50
Pesado	2,1	16,7	4,2	15,64	<0,001

Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. Precoce: 471,78-482,82h, Intermediário: 483,63-498,50h, Tardio: 498,55-503,92h. (N: 68 e N: 96 pintos de ovos leves e pesados, respectivamente). *Qui-quadrado para K amostras independentes ($P \leq 0,05$).

Tabela 7. Frequência de diferentes problemas físicos e de atividade em pintos de ovos leves e pesados incubados até 529h, de acordo com o peso do ovo e com os períodos de nascimento.

Peso do ovo	Período de nascimento			χ^{2*}	P
	Precoce	Intermediário	Tardio		
Problema de empenamento (%)					
Leve	0,0	10,6	6,2	11,47	0,01
Pesado	5,7	18,9	4,1	16,69	<0,001
Problema de pernas (%)					
Leve	1,8	9,7	11,5	7,92	<0,02
Pesado	1,6	5,7	0,8	6,20	<0,05
Problema de umbigo (%)					
Leve	0,0	10,6	5,3	12,00	0,001
Pesado	1,6	19,7	3,3	29,60	<0,001
Problema de alantoide (%)					
Leve	7,1	20,4	8,0	10,55	<0,01
Pesado	8,2	42,6	6,6	52,91	<0,001
Problema de atividade (%)					
Leve	0,0	4,4	0,9	7,00	0,02
Pesado	1,6	16,4	0,0	33,09	<0,001

Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. Precoce: 471,78-485,08h, Intermediário: 485,45-512,07h, Tardio: 512,50-528,72h. (N: 113 e N: 122 pintos de ovos leves e pesados, respectivamente). *Qui-quadrado para K amostras independentes ($P \leq 0,05$).

Peso corporal dos pintos e espessura de casca e perda de massa dos ovos

A Tabela 8 contém os dados de peso corporal dos pintos, espessura de casca e perda de massa dos ovos para incubação até 504h e 529h. Para incubação até 504h, o peso corporal dos pintos foi influenciado pelo peso do ovo e houve interação significativa entre peso do ovo e período de nascimento

($P \leq 0,05$). De acordo com a interação (Figura 4), pintos precoces, intermediários e tardios de ovos pesados apresentaram pesos corporais similares entre si ($P > 0,05$), mas maiores do que os pesos corporais dos pintos de ovos leves ($P \leq 0,05$). Além disso, pintos intermediários de ovos leves foram mais pesados do que os pintos tardios ($P \leq 0,05$), e ambos apresentaram mesmo peso corporal que os pintos precoces de mesmo peso de ovo ($P > 0,05$). No que se refere à espessura da casca dos ovos, ela foi mais espessa nos ovos pesados do que nos ovos leves ($P \leq 0,05$). Para incubação até 529h, ocorreram efeitos principais do peso do ovo e do período de nascimento sobre o peso corporal. Pintos de ovos leves apresentaram menor peso corporal que os pintos de ovos pesados ($P \leq 0,05$). Pintos precoces e tardios apresentaram pesos corporais similares, porém maiores do que os pesos dos pintos intermediários. Não houve diferença na espessura das cascas dos ovos entre os períodos de nascimento ($P > 0,05$), mas as cascas foram mais espessas nos ovos pesados do que nos ovos leves ($P \leq 0,05$). Para 504h de incubação, a perda de massa foi maior nos ovos leves do que nos pesados. Dados similares foram observados para incubação até 529h, mas, neste caso, ocorreram diferenças na perda de massa entre os períodos de nascimento, sendo que os ovos que originaram pintos tardios apresentaram menor perda de massa do que os ovos que originaram pintos precoces e intermediários, os quais não diferiram entre si.

Tabela 8. Peso corporal dos pintos, espessura de casca e perda de massa dos ovos incubados até 504h e 529h, de acordo com o peso do ovo e do período de nascimento.

	504h de incubação ¹			529h de incubação ²		
	PCP (g)	EC (mm)	PM (%)	PCP (g)	EC (mm)	PM (%)
Peso do ovo (PO)						
Leve	43,39	0,53 ^B	10,17 ^A	43,67 ^B	0,54 ^B	9,87 ^A
Pesado	51,48	0,58 ^A	8,05 ^B	51,65 ^A	0,58 ^A	7,92 ^B
Período de nascimento (PN)						
Precoce	47,79	0,56	9,01	47,80 ^A	0,55	9,20 ^A
Intermediário	47,49	0,55	9,00	47,24 ^B	0,56	8,94 ^A
Tardio	47,03	0,56	9,32	47,95 ^A	0,57	8,54 ^B
Probabilidade						
PO	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
PN	0,2001	0,4958	0,5595	0,0180	0,2787	0,0162
PO x PN	0,0042	0,2128	0,6601	0,1918	0,2221	0,2223
CV (%)	8,45	8,79	17,97	8,67	7,44	17,43

PCP: peso corporal do pinto. EC: espessura de casca do ovo. PM: perda de massa do ovo (%). Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. ¹Precoce: 471,78-482,82h, Intermediário: 483,63-498,50h, Tardio: 498,55-503,92h. ²Precoce: 471,78-485,08h, Intermediário: 485,45-512,07h, Tardio: 512,50-528,72h. ^{A-B}: Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem significativamente (P≤0,05). CV: coeficiente de variação.

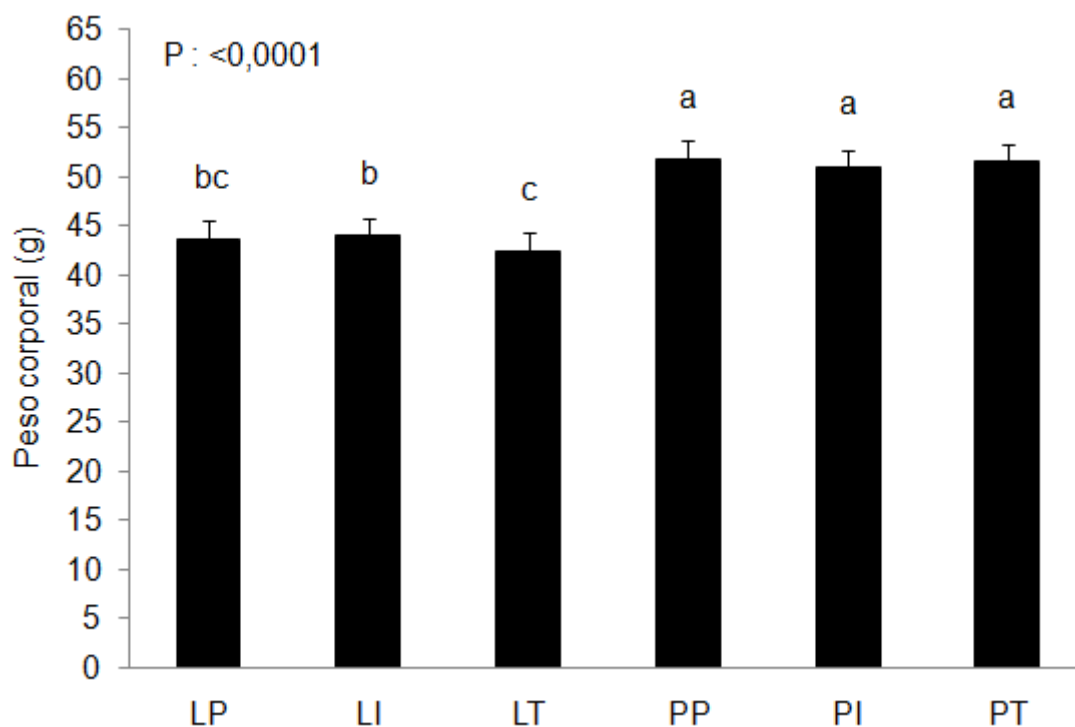


Figura 5. Peso corporal dos pintos de corte de acordo com o peso dos ovos e períodos de nascimento dentro da janela de eclosão até 504h de incubação. LP: leve-precoce, LI: leve-intermediário, LT: leve-tardio, PP: pesado-precoce, PI: pesado-intermediário, PT: pesado-tardio. Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. Precoce: 471,78-482,82h, Intermediário: 483,63-498,50h e Tardio: 498,55-503,92h. ^{a-c}: indica diferença em relação às demais médias ($P \leq 0,05$).

4. DISCUSSÃO

Qualidade ótima do ovo para incubação, hoje, deve propiciar alta eclodibilidade de pintos saudios, ativos e uniformes em curta janela de eclosão. O presente estudo analisou a qualidade de ovos leves e pesados de matrizes de corte, dentro do intervalo de peso de ovo comercialmente incubável, considerando a dinâmica de nascimentos, a eclodibilidade e a qualidade geral dos pintos e ao longo da janela de eclosão, considerando incubação dos ovos até 504h (padrão dos incubatórios) e 529h (real). Os resultados mostraram mesma taxa de eclosão para ambos os pesos de ovos, mas maior sincronismo na eclosão para ovos pesados, melhor qualidade de pintos para ovos leves,

melhor qualidade para pintos precoces, e aumento na eclodibilidade em ambos os pesos de ovos quando o processo de incubação foi prorrogado de 504h para 529h.

Eclodibilidade é um ponto crítico para a produção de pintos, e com base na mesma, ovos têm sido caracterizados como de menor ou maior incubabilidade. No presente trabalho, ovos leves e pesados apresentaram eclodibilidades similares, quer seja com processo de incubação até 504h ou 529h. Esses dados diferem de vários autores, os quais registraram diminuição (Deeming, 1994; Iqbal et al., 2016; Olutunmogun et al., 2018) ou aumento (De Witt e Schwalbach, 2004) da eclodibilidade com o aumento do peso dos ovos. Wilson (1991) sugeriu que ovos com peso entre 60-69g eram mais adequados para incubação. Os resultados do presente estudo, contudo, indicam incubabilidade similar para ovos com 56-61g e 65-71g no quesito eclodibilidade. Ainda em relação à eclodibilidade, chama atenção nos nossos dados à expressiva maior eclodibilidade registrada para os dois pesos de ovos quando os dados foram analisados até 529h de incubação. Comparativamente, ovos leves apresentaram eclodibilidade 21% maior com incubação até 529h (87%) em relação à 504h (66%) e os ovos pesados percentual de eclosão 17% maior com incubação até 529h do que com 504h (88% e 71%, respectivamente). Na prática de incubação comercial atual, a finalização do processo de incubação dos ovos ocorre com 504h, período estabelecido, entre outras coisas, com base nos efeitos negativos de uma longa janela de eclosão sobre a qualidade dos pintos entre o nascimento e o alojamento (Tona et al., 2003; Bamelis et al., 2005; Calil et al., 2007; Pires et al., 2007; Lamot et al., 2014; Willensem et al., 2008, 2010a; Riccardi et al., 2011), e sobre sua sobrevivência e seu desenvolvimento inicial (Careghi et al., 2005; Gonzales et al., 2008; Van de Ven et al., 2013). Contudo, considerando que maior eclodibilidade é a meta primária da incubação, a possibilidade de incremento em cerca de 20 pontos percentuais na eclodibilidade dos ovos indica que a adequação ou não da finalização da incubação com 504h precisa ser reavaliada, uma vez que já existem manejos possíveis e modelos de nascedouros para evitar os efeitos do jejum.

Com base nos efeitos negativos do jejum causado por janela de eclosão mais longa (>24-32h) sobre a saúde dos pintos, os incubatórios preconizam

manejos almejando janela de eclosão que não ultrapasse 24 horas e que o nascimento dos pintos ocorra no 21^a dia de incubação ou 504h de incubação (Tweed, 2008), como forma de obter maior homogeneidade e qualidade dos pintos. Segundo Tweed (2008) e o Guia de manejo da incubação (Cobb, 2008), janela de eclosão ideal não deve apresentar nascimento de pintos antes de 33 horas do final da incubação, mas deve ter 25% de nascimentos até 23 horas (pintos precoces), 50% de pintos nascidos até 13 horas (pintos intermediários) e os demais 25% nas 12 horas que antecedem o encerramento da incubação (21 dias ou 504 h nos incubatórios comerciais) (pintos tardios). No presente estudo, quando a eclosão dos pintos foi analisada até 504h, pintos de ovos leves e pesados eclodiram dentro de janela de eclosão de 31,74 e 29,64h, respectivamente, mostrando que ambos os pesos de ovos apresentaram duração da janela dentro do padrão de janela ideal. Embora incubação até 529h tenha ampliado a janela de eclosão para aproximadamente 57h nos ovos leves e 50h nos ovos pesados, tanto para incubação até 504h como 529h, a dinâmica de nascimentos dos pintos nos ovos leves foi caracterizada por uma curva platicúrtica, enquanto que nos ovos pesados a curva foi mesocúrtica. Essa diferença na dinâmica de nascimentos dos pintos entre os pesos de ovos pode estar relacionada com maior dificuldade de rompimento da casca dos ovos leves, decorrente de sua maior espessura e deformidade de casca, também registradas nesse estudo. A distribuição de nascimentos ao longo da janela de eclosão dos ovos leves ficou muito próxima da preconizada como ótima (25%, 56% e 20% de pintos precoces, intermediários e tardios, respectivamente). Todavia, comparados aos ovos leves, ovos pesados apresentaram concentração 42% maior de nascimentos de pintos intermediários (79,2% nos ovos pesados e 55,9% nos leves) com redução nos nascimentos de pintos precoces e tardios (8,3% e 12,5%, respectivamente). Nascimento precoce propicia o quadro de desidratação nos pintos (Pires et al., 2007), enquanto nascimento tardio pode ocasionar problemas na qualidade dos pintos e aumento de mortalidade tardia *in ovo*, com ou sem bicagem (Hodgetts, 2006; Cobb, 2008). Para reduzir ou evitar os efeitos do jejum entre nascimento e alojamento e aumentar a uniformidade dos pintos de mesmo lote, o desejável é a obtenção de pintos com idades biológicas mais semelhantes possíveis. Neste contexto, a expressiva

concentração de nascimentos na fase intermediária, registrada no presente estudo, indica que ovos pesados apresentaram maior sincronização da eclosão, o que propicia maior uniformidade biológica nos lotes de pintos (Vince, 1964; Vince, 1968; Holmberg, 1991). Essas diferenças nas janelas de eclosão e dinâmicas de nascimentos entre ovos leves e pesados mostram ser difícil a obtenção de uma faixa de eclosão de 24 horas de duração para todos os pesos de ovos, sem que a eclosão dos pintos seja interrompida e sem perda de eclodibilidade. Dessa forma, nossos dados indicam, mais uma vez, que adequação ou não da janela de eclosão de 24 horas para as condições atuais do processo de incubação dos ovos precisa ser reconsiderada. A reavaliação da propriedade da janela de eclosão de 24 h, contudo, não é uma tarefa fácil de ser realizada. Não basta analisar eclodibilidade e dinâmica de nascimentos somente. Qualidade dos pintos ao longo da janela precisa estar inserida nessa avaliação, haja vista que alguns estudos têm mostrado que a qualidade dos pintos pode ser determinada pela duração da incubação (Reis et al. 1997; Yalçin et al., 2013).

No presente estudo, a qualidade dos pintos foi analisada com base no peso corporal e pontuação de qualidade baseada nas características físicas dos pintos (metodologia Tona et al., 2003). Como esperado, nossos resultados confirmaram a relação entre aumento do peso dos ovos e aumento no peso inicial dos pintos observada por outros autores (por ex. Sinclair et al., 1990; Patek et al., 2003; Joseph e Moran JR, 2005b; Michalsky et al., 2005; Fiuza et al., 2006; Marinho et al., 2006; Pappas et al., 2006; Kaglayan e Inal, 2006; Abiola et al., 2008; Nangsuay et al., 2011; Piva, 2017). Tanto para incubação com 504h como para 529h, foram registradas diferenças no peso corporal dos pintos entre períodos de nascimento. Para incubação até 504h, pintos precoces e intermediários apresentaram pesos corporais similares, porém pintos tardios apresentaram menor peso corporal, concordando com os dados de Reis et al. (1997) e Yalçin et al. (2013), os quais também relataram pesos corporais menores para pintos tardios. Adicionalmente, contudo, nossos resultados registraram esse efeito do período de nascimento sobre o peso corporal apenas nos pintos de ovos leves. A relação positiva entre peso inicial dos pintos e seu desempenho pós-eclosão (Tona et al., 2004; Gimenez et al., 2008; Alabi et al.,

2012) tem levado alguns autores a considerarem pintos precoces como de maior qualidade do que os pintos intermediários ou tardios. Desse ponto de vista, o presente trabalho indica maior qualidade dos pintos de ovos pesados sobre os de ovos leves, similar qualidade dos pintos precoces, intermediários e tardios de ovos pesados, similar qualidade dos pintos precoces e intermediários de ovos leves e melhor qualidade destes comparados aos pintos tardios de ovos leves. Com incubação até 529h, independentemente do peso dos ovos, melhor qualidade dos pintos precoces, expressa pelo maior peso corporal, foi registrada em relação aos pintos intermediários.

Ainda no presente estudo, no que diz respeito à qualidade dos neonatos, quando a incubação foi analisada até 504h, não houve diferença na pontuação média de qualidade (pontuação segundo metodologia Tona et al., 2003) entre pintos precoces, intermediários e tardios de mesmo peso de ovo; entretanto, pintos precoces de ovos leves receberam pontuação de qualidade maior do que a dos pintos precoces e tardios de ovos pesados. Com incubação até 529h, mesma pontuação de qualidade foi recebida pelos pintos precoces, intermediários e tardios de ovos pesados, mas pintos precoces de ovos leves apresentaram maior pontuação de qualidade do que os demais grupos de pintos de ovos leves e do que os três grupos de pintos de ovos pesados. Também em relação à qualidade dos pintos, considerando incubação até 504h, ovos leves apresentaram em torno de 38% de pintos de excelente qualidade (sem problemas físicos e ativos) e 55% de pintos de muito boa qualidade, enquanto que em ovos pesados as frequências de nascimentos de pintos de excelente e muito boa qualidade ficaram em torno de 23% e 75%, respectivamente, mostrando 15% a mais de pintos excelentes de ovos leves em relação aos pesados e, conseqüentemente, melhor qualidade dos pintos de ovos leves. Situação similar foi observada com análise da incubação até 529h, com a qual também foi registrado 15,7% a mais de pintos de excelente qualidade para ovos leves em comparação aos ovos pesados (35,4% e 19,7%, respectivamente). Nossos dados diferem dos obtidos por Van de Ven et al. (2012), os quais não encontraram diferença na pontuação de qualidade dos pintos entre pesos de ovos.

Para melhor entender a qualidade dos pintos foram realizadas análises de cada problema físico individualmente. Independentemente da duração da incubação, em ambos os pesos de ovos ocorreu alta produção de pintos com muito boa qualidade, que atingiu 54-58% nos ovos leves e 75-76% nos ovos pesados. A classificação dos pintos como de boa qualidade está relacionada com a presença de um ou mais problemas físicos (retenção do cordão alantóico, inflamação e/ou ausência de fechamento da região umbilical, falta de total incorporação do saco de vitelo na cavidade abdominal, problemas com os olhos, inflamação das articulações ou fraqueza das pernas, empenamento inadequado, baixa atividade), os quais caracterizam os pintos como de segunda classe e, portanto, inadequados para alojamento e comercialização, o que resulta no abate dos mesmos pelos incubatórios (Van de Ven et al., 2012; Tona et al., 2003; 2004). Independentemente do peso dos ovos, a retenção do cordão alantóico foi o problema físico mais frequentemente apresentado pelos pintos. Contudo, com incubação até 504h, problemas de alantoide e de atividade foram mais frequentes nos pintos de ovos pesados, enquanto que a incidência de problemas de perna foi maior nos pintos de ovos leves. Para incubação até 529h, ovos pesados continuaram apresentando maior taxa de ocorrência de pintos com problemas de alantoide e atividade, mas passaram a apresentar maior incidência também de problemas de empenamento. Problemas de inflamação e vermelhidão dos joelhos têm sido atribuídos ao atrito das pernas contra a casca e dos movimentos giratórios dos pintos para a saída da casca após a bicagem externa (Wilson, 2004), e podem dificultar a atividade dos pintos pós-eclosão, incluindo seu acesso ao comedouro e bebedouro. É de conhecimento geral que fechamento incompleto da região umbilical predispõe os pintos à infecção e contaminação por microrganismos (Rosarío et al., 2004), podendo prejudicar seu desenvolvimento e sobrevivência (Dardini et al., 1995; Fasenko e O`Dea, 2008). Além disso, pintos com problemas na região umbilical apresentam menor peso corporal inicial e à idade de abate e maior mortalidade (Tona et al., 2004b; Fasenko e O'Dea, 2008; Van de Ven et al., 2012). Dessa forma, embora estejamos discutindo a ocorrência de pintos de muito boa qualidade (de segunda classe), os dados do presente estudo indicam que problemas físicos ocorrem

com menor frequência nos pintos de ovos leves, o que acaba por caracterizá-los como pintos de melhor qualidade em relação aos pintos de ovos pesados.

No que concerne a qualidade dos pintos ao longo da janela de eclosão, para os ovos leves, com incubação até 504h ou 529h, o presente estudo mostrou produção de pintos de excelente qualidade concentrada nos períodos precoce e intermediário ($\approx 16-18\%$), produção de pintos com muito boa qualidade mais acentuada nos períodos intermediário e tardio, sendo a frequência no período intermediário o dobro da observada no tardio e baixa produção de pintos de boa qualidade concentrada no período intermediário. Diferentemente, nos ovos pesados, a produção de pintos de excelente qualidade ficou altamente concentrada no período intermediário. Embora a produção de pintos de ovos pesados apresentando muito boa qualidade também tenha ocorrido com altíssima frequência no período intermediário, sua ocorrência foi expressivamente maior nesses ovos ($56-60\%$) do que nos ovos leves ($\approx 31-32\%$). Tais resultados foram registrados tanto para incubação com 504h como 529h, mostrando que a duração do processo de incubação não influenciou o perfil de qualidade dos pintos de ovos leves ao longo da janela de eclosão. Além disso, eles indicam, mais uma vez no presente estudo, a melhor qualidade dos pintos com período de incubação mais curto (precoces e intermediários comparados aos tardios). Todavia, a melhor qualidade dos pintos precoces de ovos leves, em comparação com os demais grupos de pintos do mesmo peso de ovo e pintos de ovos pesados, foi ressaltada pela ausência de problemas de empenamento, de umbigo e de atividade e baixa ocorrência de problemas de pernas nos mesmos. Nesse contexto, os resultados do presente estudo sugerem janela de eclosão ideal para ovos leves e pesados como aquela com alta concentração de nascimentos precoces, ou seja, menor duração da incubação.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo mostrou mesma eclodibilidade para ovos leves e pesados, superioridade dos ovos leves na qualidade dos pintos, superioridade dos ovos pesados no que diz respeito à janela de eclosão e sincronização da

eclosão. Também foi mostrado que pintos precoces de ovos leves possuem a maior qualidade e que incubação até 529h aumenta significativamente a eclodibilidade, embora alongue a janela de eclosão. Do ponto de vista prático, os dados mostram que encerramento do processo de incubação deve ser reavaliado e que aumento da produção de pintos precoces em curta janela de eclosão deve ser meta a ser alcançada pelos incubatórios e levado em consideração em estudos de seleção animal.

6. REFERÊNCIAS

Abiola SS, Meshioye OO, Oyerinde BO, Bamgbose MA (2008). Effect of egg size on hatchability of broiler chicks. **Archivos de Zootecnia** 57:83-86.

Aguiar SCC, Thimotheo M, Nogueira MA, Ripamonte GC, Ulian MHS, Netto JCG, Boleli IC. Alteração da resistência da casca e das membranas da casca dos ovos de matrizes de corte durante a incubação. In: Conferência FACTA WPSA - Brasil Avicultura 4.0. Campinas 2018.

Alabi OJ, Ng'ambi JW, Norris D, Mabelebele M (2012). Effect of egg weight on hatchability and subsequent performance of potchefstroom koekoek chicks. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances** 7:718-725.

Alabi OJ, Ng'ambi JW, Norris D (2012a). Effect of egg weight on physical egg parameters and hatchability of indigenous venda chickens. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances** 7:166-172.

Alabi OJ, Ng'ambi JW, Norris D, Mabelebele M (2012b). Effect of egg weight on hatchability and subsequent performance of potchefstroom Koekoek chicks. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances** 7:718-725.

Baião NC, Caçado SV (1998b). Efeito do intervalo entre o nascimento e o alojamento de pintos sobre o desempenho dos frangos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 50:191-194.

Bamelis F, Kemps B, Mertens K, De Ketelaere B, Decuyper E, De Baerdemaeker J (2005). An automatic monitoring of the hatching process based on the noise of the hatching chicks. **Poultry Science** 84:1101-1107.

Boleli IC, Prestes FMS (2004). Efeito do peso dos ovos sobre o peso corporal e crescimento hipertrófico das fibras do músculo pectoralis major de pintos machos e fêmeas. **Arquivos de Ciências e Saúde UNIPAR** 8:64-65.

Caglayan T, Inal S (2006). Effect of egg weight on hatchability, growth and survival rate in Japanese quail. **Veteriner Bilimleri Dergisi** 22:11-19.

Calil TAC (2007). **Princípios básicos de incubação**. In: Conferência FACTA 2007, Santos.

Careghi C, Tona K, Onagbesan O, Buyse J, Decuyper E, Bruggeman V (2005). The effects of the spread of hatch and interaction with delayed feed access after hatch on broiler performance until seven days of age. **Poultry Science** 84:1314-1320.

Cobb (2008). **Hatchery management guide**. Disponível em: <https://www.cobb-vantress.com/resource/management-guides>. Acesso em: 11 de agosto de 2019.

Dardiri AH, Zaki O, Reid WM (1995). Mortality due to omphalitis following air shipment of baby chicks. **Poultry Science** 34:327-330.

Deeming DC (1994). Hatchability and egg size in ostrich. **Ostrich News** 8:57-59.

Decuyper E, Tona K, Bruggeman V, Bamelis F (2001). The day-old chick, a crucial hinge between breeders and broilers. **World's Poultry Science Journal** 57:127-138.

De Witt F, Schwalbach LMJ (2004). The effect of egg weight on the hatchability and growth performance of New Hampshire and Rhode Island Red chicks. **South African Journal of Animal Science** 34:62-64.

Fasenko GM, O'Dea EE (2008). Evaluating broiler growth and mortality in chicks with minor navel conditions at hatching. **Poultry Science** 87:594-597.

Fiúza MA, Lara LJC, Aguilar CAL, Ribeiro BRC, Baião NC (2006). Efeitos das condições ambientais no período entre a postura e o armazenamento de ovos de matrizes pesadas sobre o rendimento de incubação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 58:408-413.

Gimenez AC, Riccardi RR, Malheiros EB, Boleli IC (2008). Influência do sexo e peso dos ovos sobre a altura dos vilos e profundidade das criptas do intestino delgado de embriões e pintos de corte. **Ciência Animal Brasileira** 9:608-616.

Gomide MHJ, Sterzo EV, Macari M, Boleli IC (2004). Use of scanning electron microscopy for the evaluation of intestinal epithelium integrity. **Brazilian Journal Animal Science** 33:1500-1505.

Gonzalez A, Satterlee DC, Moharer F, Cadd GG. (1999). Factors affecting ostrich (*Struthio camelus*) eggs hatchability. **Poultry Science** 78:1257-1262.

Gonzales E, Stringhini JH, Dahlke F, Cunha WCP, Xavier SAG (2008). Productive consequences of fasting neonatal chicks of different genetic constitutions for growing. **Revista Brasileira de Ciência Avícola** 10:253-256.

Hassan SM, Siam AA, Mady M, Cartwright AL (2005). Eggs storage, period and weight effects on hatchability of ostrich (*Struthio camelus*) eggs. **Poultry Science** 4:1908-1912.

Hodgetts B (2006). Sucessfully closing the hatch window. **International Hatchery Practice** v.20, n.5.

Holmberg K (1991). Mallard Ducks-mate choice and breeding success [*Anas platyrhynchos*]. PhD thesis, Stockholm University.

Iqbal J, Khan SH, Mukhtar N, Ahmed T, Pasha RA (2016). Effects of egg size (weight) and age on hatching performance and chick quality of broiler breeder. **Journal of Applied Animal Research** 44:54-64.

Joseph NS, Moran Jr, ET (2005b). Effect of flock age and postemergent holdin in the hatcher on broiler live performance and further-processing yield. **Journal of Applied Poultry Research** 14:512-520.

Lamot DM, Van de Linde IB, Molenaar R, Van der Pol CW, Wijten PJA, Kemp B, Van den Brand H (2014). Effects of moment of hatch and feed access on chicken development. **Poultry Science** 93:2604-2614.

Marinho JC, Lara LJC, Baião NC, Corrêa GSS, Lana AMQ, Ferreira FC. (2006). Efeitos da idade da matriz e do peso do ovo sobre as relações entre peso do pinto e peso do saco vitelino. **Revista Brasileira de Ciência Avícola** 8:22.

Michalsky VB, Cançado SV, Lara LJC et al. (2005). Influência da umidade na incubação e idade da matriz leve sobre a eclosão e parâmetros de ovos e pintos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola** 7:13.

Murarolli A, Mendes AA (2003). Manejo da incubação, transferência e nascimento do pinto. In: Macari M, Gonzáles E. Manejo da incubação. Jaboticabal: FACTA.

Nangsuay A, Ruangpanit Y, Meijerhof R, Attamangkune S (2011). Yolk absorption and embryo development of small and large eggs originating from young and old breeder hens. **Poultry Science** 90:2648-2655.

Narushin VG (2005). Egg geometry calculation using the measurements of length and breadth. **Poultry Science** 84:482-484.

Noy Y, Uni Z (2010). Early nutritional strategies. **World's Poultry Science Journal** 66:639-646.

Olutunmogun AK, Umar AU, Adejoh-Ubani EO, Nwagu BI, Adeyinka IA, Muhammad SM (2018). Effect of egg size and lines on hatching performance of chicks from broiler breeders. **Nigerian Journal of Animal Production** 45:18-25.

Pappas AC, Acamovic NHC, Sparks NHC et al. (2006). Effects of supplementing broiler breeder diets with organoselenium compounds and polyunsaturated fatty acids on hatchability. **Poultry Science** 85:1584-1593.

Patek CE, Fleming S, Miles CG, Bellamy CO, Ladomery M (2003). Murine denys-drash syndrome: evidence of podocyte de-differentiation and systemic mediation of glomerulosclerosis. **Human Molecular Genetics** 2:2379-2394.

Pires DL, Malheiros EB, Boleli IC (2007). Influence of sex, age and fasting on blood parameters and body, bursa, spleen and yolk sac weights of broiler chicks. **Brazilian Journal Animal Science** 9:233-240.

Piva VJ (2017). Influência materna sobre o fenótipo da prole *Gallus gallus domesticus*. Trabalho de conclusão de curso - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

Riccardi RR, Malheiros EB, Boleli IC (2011). Comparison of intestinal response of chicks from light and heavy eggs to post-hatch fasting. **International Journal of Poultry Science** 10:23-29.

Reis LH, Gama LT, Soares MC (1997). Effects of short storage conditions and broiler breeder age on hatchability, hatching time, and chick weights. **Poultry Science** 76:1459-66.

Rocha ADL, Oliveira LM, Silva LFS (2017). Effects of human contact and intra-specific social learning on tonic immobility in guinea pigs, *Cavia porcellus*. **Applied Animal Behaviour Science** 191:1-4.

Rosa PS, Guidoni AL, Lima IL (2002). Influência da temperatura de incubação em ovos de matrizes de corte com diferentes idades e classificados por peso sobre os resultados de incubação. **Revista Brasileira de Zootecnia** 31:1011-1016.

Rosario CC, Lopez CC, Tellez IG, Navarro OA, Anderson RC, Eslava CC (2004). Serotyping and virulence genes detection in *Escherichia coli* isolated from fertile and infertile eggs, dead-in-shell embryos, and chickens with yolk sac infection. **Avian Diseases** 48:791-802.

SAS (2009). Statistical analysis system: Release 9.2, (software). Cary: SAS Institute.

Siegel S. Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento. São-Paulo: Ed. McGraw-Hill, 1956.

Sinclair RW, Robinson FE, Hardin RT (1990). The effects of parent age and posthatch treatment on broiler performance. **Poultry Science** 69:526-534.

Tona K, Bamelis F, Ketelaere B, Bruggeman V, Moraes VMB, Buyse J, Onagbesan O, Decuypere E (2003). Effects of egg storage time on spread of hatch, chick quality and chick juvenile growth. **Poultry Science** 82:736-741.

Tona K, Onagbesan O, De Ketelaere B, Decuypere E, Bruggeman V (2004). Effects of age of broiler breeders and egg storage on egg quality, hatchability, chick quality, chick weight, and chick post-hatch growth to forty-two days. **The Journal of Applied Poultry Research** 13:10-18.

Tona K, Onagbesan OM, Jago Y, Kamers B, Decuypere E, Bruggeman V (2004b). Comparison of embryo physiological parameters during incubation, chick quality, and growth performance of three lines of broiler breeders differing in genetic composition and growth rate. **Poultry Science** 83:507-513.

Tweed S (2008). Hatchery management: The hatch window. In the poultry site. Disponível em: <https://thepoultrysite.com/articles/hatchery-management-the-hatch-window>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.

Ulmer-Franco AM, Fasenko GM, O'dea CEE (2010). Hatching egg characteristics, chick quality, and broiler performance at 2 breeder flock ages and from 3 egg weights. **Poultry Science** 89:2735-2742.

Umigi RT, Barreto SLT, Donzele JL et al. (2007). Níveis de treonina digestível em dietas para codorna japonesa em postura. **Revista Brasileira Zootecnia** 36:1868-1874.

Van de Ven LJF, Van Wagenberg AV, Decuypere E, Kemp B, Van den Brand H (2013). Perinatal broiler physiology between hatching and chick collection in 2 hatching systems. **Poultry Science** 92:1050-1061.

Vince MA. (1964). Synchronization of hatching in American bobwhite quail (*Colinus virginianus*). **Nature** 203:1192-1193.

Vince MA (1968). Retardation as a factor in the synchronization of hatching. **Animal Behaviour** 16:332-335.

Yalçın S, Izzetoğlu GT, Aktaş A (2013) Effects of breeder age and egg weight on morphological changes in the small intestine of chicks during the hatch window. **British Poultry Science** 54:810-817.

Willemsen H, Debonne M, Swennen Q, Everaert N, Careghi C, Han H, Bruggeman V, Tona K, Decuypere E (2010). Delay in feed access and spread of hatch: importance of early nutrition. **World's Poultry Science Journal** 66:177-188.

Willemsen H, Everaert TN, Witters A, De Smit L, Debonne M, Verschuere F, Garain P, Berckmans D, Decuypere E, Bruggeman V (2008). Critical assessment of chick quality measurements as an indicator of post-hatch performance. **Poultry Science** 87:2358-2366.

Wilson HR (1991). Interrelationships of egg size, chick size, posthatching growth and hatchability. **World's Poultry Science Journal** 47:5-20.

Wilson HR (2004) **Hatchability problems analysis**. University of Florida. p.1-13

Capítulo 3 - RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS OVOS E DOS PINTOS COM O PERÍODO DE NASCIMENTO DENTRO DA JANELA DE ECLOSÃO

RESUMO - O presente estudo analisou se características físicas dos pintos e dos ovos e suas câmaras de ar determinam o período de nascimento de pintos dentro da janela natural de eclosão. Ovos férteis com 56-61g (leves) e 65-71g (pesados), produzidos por matrizes de corte (Cobb 500[®]) foram incubados a 37,5°C e 60% de UR, com giro a cada hora. Pintos e ovos foram analisados de acordo com o período de nascimento (precoce, intermediário e tardio: 472-485h, 485-512h e 512,5-529h de incubação, respectivamente), em ambos os pesos de ovos. Pintos precoces eclodiram mais cedo, pois realizaram as bicagens interna e externa mais cedo e apresentaram intervalos de tempo entre bicagem externa e eclosão mais curtos do que os pintos intermediários e tardios, e resultados similares foram registrados para os pintos intermediários em relação aos pintos tardios. Comprimento bico-dedo médio, foi maior nos pintos intermediários do que nos precoces nos ovos leves, e maior nos pintos intermediários de ovos pesados do que nos tardios de mesmo peso de ovo e do que todos os pintos de ovos leves. Envergadura de asa foi maior nos pintos intermediários do que nos pintos precoces. Comprimento de perna foi similar nos pintos precoces e intermediários de ovos pesados, mas os últimos apresentaram perna mais longa do que os pintos tardios de ovos pesados e todos os pintos de ovos leves. O comprimento do bico foi maior nos pintos precoces do que nos demais pintos e maior nos pintos intermediários do que nos pintos tardios. A largura do bico foi menor nos pintos tardios, enquanto a altura do bico foi maior nos pintos intermediários de ovos pesados do que nos pintos de ovos leves. Em ambos os pesos de ovos, a área e o volume da câmara de ar foram maiores nos pintos precoces do que nos intermediários, maiores nos intermediários do que nos tardios, e maiores nos precoces de ovos pesados do que nos demais grupos de pintos, e maiores nos pintos intermediários de ovos pesados do que nos intermediários e tardios de ovos leves. Não houve diferença no volume do ovo menos o da câmara de ar, entre os pintos de ovos leves, mas nos ovos pesados ele foi menor nos pintos precoces que intermediários e menor nestes do que nos

tardios. Ele ainda foi maior nos pintos intermediários e tardios do que nos precoces de mesmo peso de ovo e do que os pintos de ovos leves. Quando expresso em porcentagem, o volume do ovo subtraído o volume da câmara foi menor nos pintos precoces e intermediários do que nos tardios em ambos os pesos de ovos, bem como maiores nos pintos precoces e intermediários de ovos leves do que nos pintos precoces e intermediários de ovos pesados, respectivamente. Os resultados mostram, pela primeira vez na literatura, relação do período de nascimento dos pintos dentro da janela de eclosão com o tamanho da câmara de ar e do bico. Do ponto de vista prático, os dados indicam tamanho do bico como fator de seleção para preconizar nascimentos de pintos precoces.

Palavras-chave: aves de corte, bico, câmara de ar, período de eclosão

1. INTRODUÇÃO

O período de nascimento dos pintos dentro da janela de eclosão per si, ou seja, a duração da incubação, é fator crítico para a qualidade inicial dos pintos e sua preservação até o alojamento. Estudos têm mostrado que pintos com duração da incubação mais curta (precoces) têm características que lhes conferem maior qualidade, maior peso corporal, maior desenvolvimento intestinal e melhor qualidade física têm sido registrados para pintos precoces comparados aos intermediários e tardios (Reis et al., 1997; Yalçin et al., 2013; Vicentini, 2015; Zanatto, 2016; Thimotheo, Capítulo 1), o que lhes possibilita melhor desempenho (Matos Junior, 2016; Van de Ven et al., 2011). Todavia, intervalo de tempo entre nascimento e retirada dos pintos do nascedouro somado ao tempo para manuseio e transporte pode expor os pintos a período longo de jejum hídrico e alimentar (Noy e Uni, 2010; Willemsen et al., 2010), com consequência negativas para sua saúde e crescimento. Jejum prolongado causa desidratação, perda de peso, subdesenvolvimento intestinal, baixa ativação do sistema imunológico, entre outros (Corless e Sell, 1999; Geyra et al., 2001; Gonzales et al., 2003; Maiorka et al., 2003; Pires et al., 2007; Riccardi et al., 2011; Van de Ven et al., 2013). Tais consequências do demorado acesso ao alimento e água podem transformar a classificação dos pintos precoces de melhor para pior qualidade, comprometer de forma mais acentuada sua sobrevivência e desempenho iniciais, haja vista que acabam sendo submetidos a tempo maior de jejum comparado aos pintos intermediários e tardios (Lamot et al., 2014; Sklan et al., 2000; Van de Ven et al., 2013). Dessa forma, alta concentração de nascimentos de pintos precoces em curta janela de eclosão parece de grande importância para a maximização da qualidade e da uniformidade dos lotes de pintos. Nesse contexto, determinar os fatores envolvidos na sequência de nascimentos ao longo da janela de eclosão (ou duração da incubação) se torna de fundamental importância para se atingir tal meta.

Na prática atual de incubação, peso dos ovos é um dos fatores que promovem variações na duração da incubação e na dinâmica de nascimentos dentro da janela de eclosão (Thimotheo, Capítulo 1). Períodos de incubação

mais curtos têm sido observados em ovos leves comparados com ovos pesados (Wilson, 1991; Gimenez et al., 2008; Ulmer-Franco et al., 2010), resultante em janelas de eclosão e dinâmicas de nascimentos distintas entre tamanhos dos ovos (Piva, 2017). Ovos com pesos distintos apresentam diferenças em características físicas como espessura e resistência de casca, área de superfície, relação superfície: volume (Maiorka et al., 2003; Morita et al., 2009), que podem interferir nas trocas gasosas e de calor entre os meios interno e externo dos ovos, influenciando peso corporal e tamanho dos pintos e a duração de seu desenvolvimento *in ovo*. Esses dados de literatura sugerem que a duração da incubação pode ser influenciada pelas características físicas dos ovos.

O tamanho da câmara de ar há tempos é considerado importante para o processo de eclosão dos pintos, devido à sua relação com a ocorrência de bicagem indireta ou direta da casca e com a morte *in ovo* em decorrência da não bicagem da casca pelos pintos. Além disso, o intervalo de tempo entre as bicagens interna e externa é caracterizado pelo início da transição da respiração alantóica para a pulmonar (Khandoker et al., 2003; Tona et al., 2004b; Mortola, 2009), o que sugere um papel crítico do tamanho da câmara de ar na transição entre respiração alantóica e pulmonar e, conseqüentemente, para o sucesso na eclosão propriamente dita (Salazar, 2000; Molenaar et al., 2010; Noiva et al., 2014). Embora o tamanho da câmara pareça estar ligado à saturação dos gases que induz a bicagem externa, não há informações científicas a respeito dos efeitos do tamanho da câmara de ar sobre a duração da incubação.

O comportamento de eclosão envolve movimentos dos pintos no interior dos ovos: viragem para posicionamento da cabeça para a extremidade do ovo contendo a câmara de ar, posicionamento do lado direito da cabeça e bico sob a asa direita, e movimentos repetitivos da cabeça e do bico, das pernas e das asas contra a casca (Narayanan e Oppenheim, 1968; Provine, 1972). Movimentos da cabeça e bico resultam rompimento da membrana interna (bicagem interna) (Bakhuis, 1974), posteriormente os movimentos da cabeça, bico, asas e pernas, principalmente das articulações tibiotarsais, exercem pressão sobre a casca do ovo, possibilitando a bicagem externa da casca, bem como o giro anti-horário do pinto no interior do ovo, que resulta no rompimento

da casca em torno de seu menor eixo, culminando na eclosão (Narayanan e Oppenheim, 1968; Provine, 1972; Bakhuis, 1974). Dessa forma, o espaço do ovo para o pinto se desenvolver e para realizar os movimentos do comportamento de eclosão pode influenciar a duração e o êxito da incubação. Ainda nesse contexto, o comportamento pré-eclosão dos pintos sugere que as dimensões físicas dos ovos e dos pintos devem interagir e determinar conjuntamente a sequência de nascimentos ao longo da janela de eclosão. Apesar disso, nenhum estudo até o momento avaliou a relação de tais fatores com o período de nascimento dos pintos dentro da janela de eclosão.

Nossa hipótese foi que menor tamanho de ovo e de câmara de ar e maior tamanho corporal podem induzir o nascimento precoce dos pintos. Para testar esta hipótese, nós analisamos a ocorrência de diferenças no tamanho da câmara de ar dos ovos e no tamanho dos pintos e de seu bico entre pintos precoces, intermediários e tardios de ovos leves e pesados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental utilizado neste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (protocolo CEUA - 001514/17) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, Brasil.

Incubação

Foram utilizados 255 ovos férteis com 1 dia de estocagem, sendo 129 ovos com 56 a 61g (leves) e 126 ovos férteis com 65 a 71g (pesados), produzidos por matrizes de corte com 38 e 44 semanas de idade (Cobb 500®), de mesmo lote, respectivamente. No presente estudo, o peso do ovo foi considerado fator principal de tratamento, uma vez que trabalhos de literatura têm demonstrado efeito do peso dos ovos sobre as variáveis e não da idade da matriz (Traldi et al., 2011). Os ovos foram obtidos de incubatório comercial (Globoaves, Itirapina/SP, Brasil), pesados e identificados individualmente, e distribuídos

homogeneamente pelo peso entre quatro incubadoras horizontais (Premium Ecológica IP 70), com controle automático de temperatura e giro dos ovos à cada 1 h, para cada peso de ovo. A temperatura do ar da incubadora foi mantida a $37,5\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa a 60% e controlada por termômetro de bulbo úmido ($31,0\pm 0,3^{\circ}\text{C}$) até a eclosão. A umidade relativa foi mantida constante para evitar efeitos sobre o desenvolvimento *in ovo* e eclosão. No 8º dia de incubação, foi realizada ovoscopia, para a retirada de ovos inférteis, para evitar qualquer risco de contaminação dos demais ovos incubados. No 18º dia, a viragem dos ovos foi interrompida e os ovos transferidos para nascedouros, mantidos nas mesmas condições de temperatura e de umidade relativa das incubadoras.

Duração das fases da incubação

A partir do 18º dia de incubação (432 h), todos os ovos foram monitorados a cada hora, para registrar o dia e as horas das bicagens interna (BI) e externa (BE) e da eclosão propriamente dita (ECL) dos pintos (Figura 1). Tais dados foram utilizados para calcular o intervalo de tempo entre as bicagens interna e externa (BI-BE), entre a bicagem interna e a eclosão (BI-ECL) e entre a bicagem externa e a eclosão (BE-ECL). Todas essas variáveis foram expressas em horas. A ocorrência da BI foi determinada por ovoscopia, procedimento que durava em torno de 20 segundos/ovo. Para minimizar o efeito da abertura das incubadoras a sala de incubação foi mantida a 37°C . A BE e a ECL foram determinadas por visualização direta através da tampa de acrílico do nascedouro.

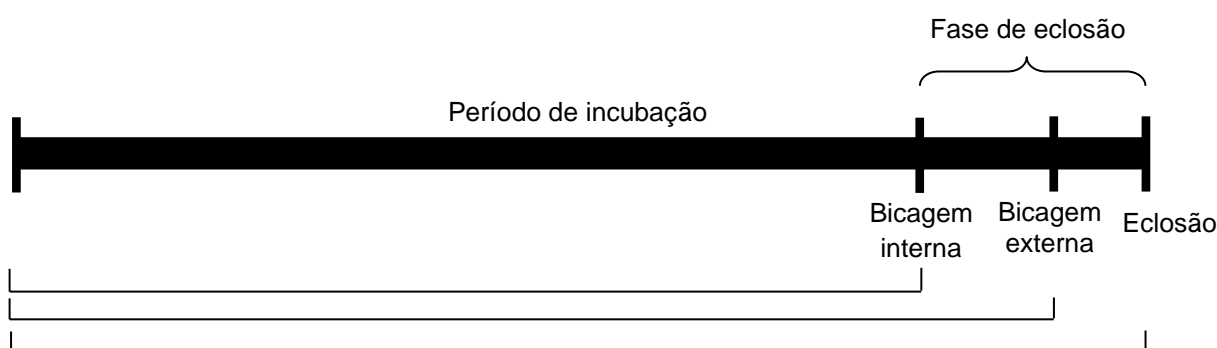


Figura 1. Duração das fases da incubação até as bicagens interna e externa e a eclosão.

Características físicas dos pintos

Todos os pintos eclodidos tiveram seu peso corporal mensurado após a secagem da penugem (2 horas após eclosão), utilizando balança digital de precisão (Marte, 0,001), e expresso em gramas (g). Os comprimentos corporais entre as extremidades do bico e da cauda (B-C) e as extremidades do bico e do dedo médio (B-Dm) foram mensurados mantendo os pintos em decúbito ventral com as pernas esticadas. A envergadura de asa (EA) correspondeu à distância entre as extremidades das asas esquerdas e direitas. O comprimento de perna (CP) correspondeu à distância entre a base do tibiotarso e a extremidade do dedo médio e foi mensurado do lado direito. Todos os dados biométricos foram obtidos com régua milimetrada e expressos em centímetros. As dimensões do bico (comprimento, altura e largura) foram mensuradas com paquímetro digital (Zaas, paquímetro digital 6", 0,01mm) e os dados expressos em milímetros. O comprimento do bico correspondeu à distância entre a extremidade do bico e comissura labial. A altura do bico foi mensurada na região do cúlmen e sua largura correspondeu a distância entre as duas comissuras labiais (Figura 1).

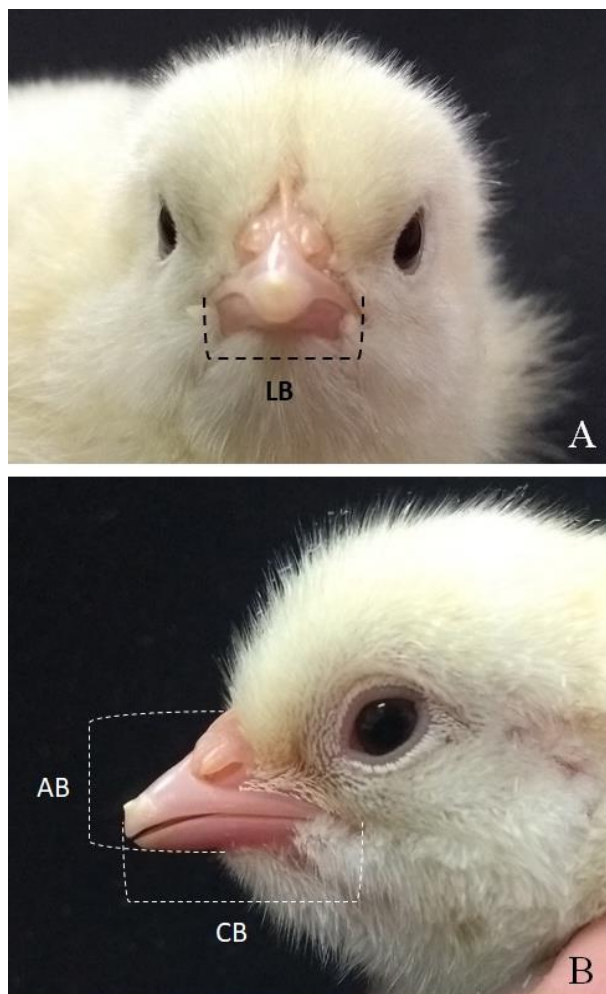


Figura 2. Imagens frontal (A) e lateral (B) da cabeça de um pinto de corte, indicando como foram mensurados a largura, a altura e o comprimento do bico, respectivamente. LB: largura do bico. AB: Altura do bico. CB: comprimento do bico.

Perda de massa, dimensões físicas dos ovos e das câmaras de ar

A perda de massa do ovo (g e %) foi calculada pela diferença entre seus pesos antes da incubação e na bicagem interna. A área superficial e volume dos ovos foram calculados utilizando as equações $ASO=(3,155-0,0136D+0,0155d)*Dd$ e $V=(0,6057-0,0018d)*Dd^2$, onde ASO é a área de superfície (cm^2), V é o volume (cm^3), e D e d são os diâmetros maior e menor do ovo (cm), respectivamente (Narushin, 2005). A relação ASO/VO também foi

calculada para cada ovo individualmente. Os diâmetros foram aferidos com paquímetro digital (Zaas, paquímetro digital 6", 0,01mm) antes da incubação.

O tamanho da câmara de ar dos ovos foi analisado na bicagem interna, utilizando imagem fotográfica individual de cada ovo, obtida na ovoscopia. Foram analisadas: a profundidade (cm), a largura (cm), a área da câmara (cm² e % em relação à área do ovo), o volume da câmara, calculado a partir da fórmula $VCA = \{(\pi \cdot P)/6 \times 3r^2 + P^2\}$, onde, P refere-se à profundidade da câmara em cm, r refere-se à metade da largura da câmara em cm; o ângulo de inclinação da câmara (θ) em relação ao comprimento do ovo (Figura 2). A profundidade da câmara correspondeu à sua maior altura e foi mensurada em ângulo de 90° em relação à reta correspondente à sua largura. A inclinação da câmara de ar correspondeu ao ângulo formado entre a base da câmara e a reta correspondente ao comprimento do ovo. Todas as mensurações foram realizadas utilizando programa de análise de imagem (LAS-V4.3, Leica).

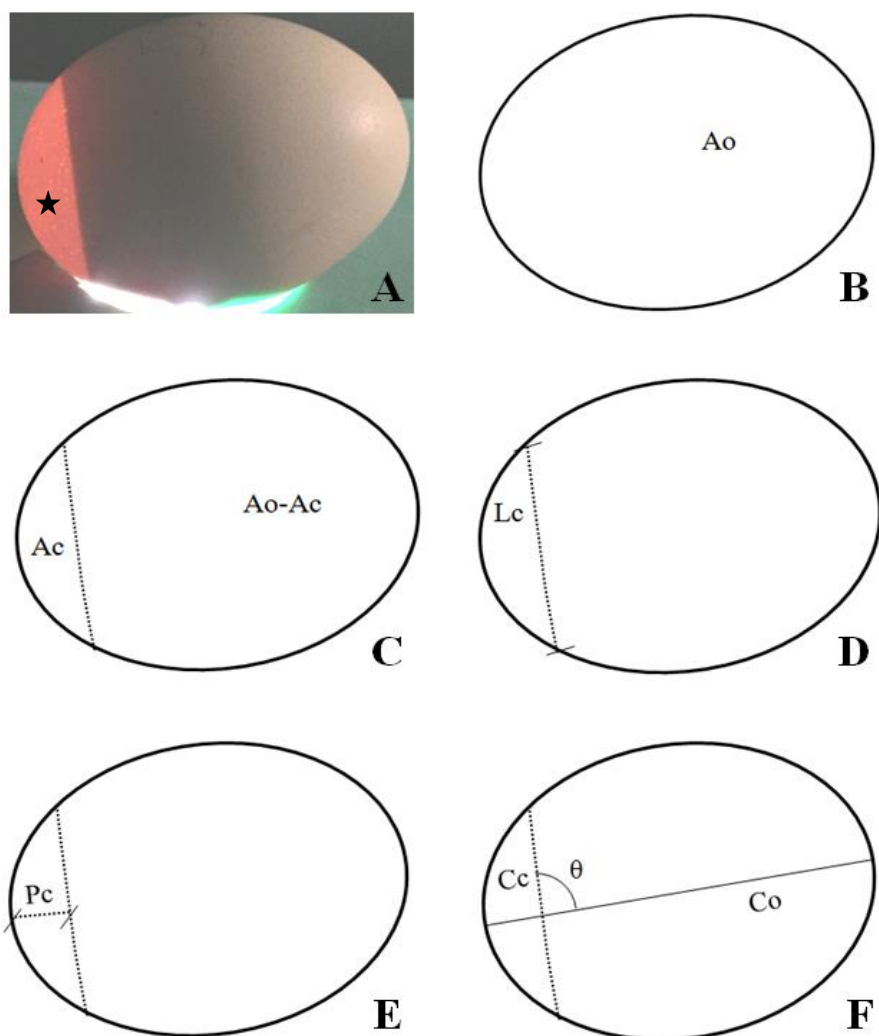


Figura 3. Variáveis mensuradas no ovo. A: imagem do ovo por ovoscopia, mostrando a câmara de ar (estrela). B-F: Mensuração da área total do ovo (B) e da área (C), largura (D), profundidade (E) e ângulo de inclinação (F) (em relação ao comprimento do ovo) da câmara de ar. Ao: área do ovo. Ac: área da câmara de ar. Co: comprimento do ovo. Cc: comprimento da câmara de ar. Pc: profundidade da câmara. θ : ângulo de inclinação da câmara.

Análises estatísticas

Os dados foram analisados quanto aos efeitos do período de nascimento dentro da janela de eclosão (PN: precoce, intermediário e tardio) e do peso do ovo (PO: leve e pesado), segundo o modelo $Y_{ijk} = \mu + PN_i + PO_j + (PN \times PO)_{ij} + e_{ijk}$, sendo que Y corresponde às variáveis dependentes, μ às médias gerais e

“e” aos erros padrões. Os períodos de nascimento dos pintos dentro da janela de eclosão foram determinados a partir da duração média da incubação e desvio padrão (μ :498,85h, σ :13,43h), sendo que pintos precoces corresponderam aos pintos nascidos até $\mu-\sigma$ ($\leq 485,42$ h de incubação), pintos intermediários aos nascidos entre $\mu-\sigma$ e $\mu+\sigma$ (485,43 à 512,27h), e pintos tardios os nascidos após $\mu+\sigma$ ($\geq 512,28$ h). Ovos leves e pesados apresentaram peso entre 56-61g e 65-71g, respectivamente. Todas as variáveis foram analisadas considerando cada ovo ou pinto a unidade experimental. Os dados foram verificados quanto à presença de outliers e testados quanto às pressuposições de normalidade dos erros estudentizados (teste de Cramer-von-Misses) e de homogeneidade de variâncias (teste de Levene). Depois de constatada a não violação dessas pressuposições, os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento Proc Mixed do programa SAS 9.2 (SAS Institute, 2009), em caso de diferença significativa, foi aplicado o teste de Tukey ($P \leq 0,05$) para comparação de médias. Os dados referentes às características físicas dos pintos, dos ovos e das câmaras de ar dos ovos e de duração da incubação foram submetidos às análises de correlação de Pearson pelo programa Excel (2010), considerando-se as correlações como desprezível: $r < 0,30$, fraca $0,30 \geq r < 0,50$, moderada: $0,50 \geq r < 0,70$; forte: $0,70 \geq r < 0,90$ e muito forte: $r \geq 0,90$.

3. RESULTADOS

Duração das fases da incubação

Como mostrado na Tabela 1, não houve interação significativa entre peso dos ovos e período de nascimentos para nenhuma das variáveis analisadas ($P > 0,05$). Todavia, a duração da incubação até a bicagem interna (BI) foi menor nos pintos com nascimento precoce do que nos pintos com nascimento intermediário e tardio, bem como menor nos pintos com nascimento intermediário do que tardio ($P \leq 0,05$). O mesmo ocorreu com a duração da incubação até a bicagem externa (BE) e a duração total da incubação até a eclosão (ECL). Dessas três variáveis, ocorreu diferença entre os pesos dos ovos

apenas na duração da incubação até a BE, a qual foi maior nos pintos provenientes de ovos leves do que nos pintos de ovos pesados ($P \leq 0,05$). A duração da incubação entre as bicagens interna e externa (BI-BE) foi maior nos pintos de ovos leves do que nos pintos de ovos pesados ($P \leq 0,05$). A fase da incubação entre a bicagem externa e a eclosão dos pintos (BE-ECL) foi menor nos pintos de ovos leves do que nos de ovos pesados ($P \leq 0,05$), bem como nos pintos com nascimento precoce do que nos pintos com nascimento intermediário e tardio ($P \leq 0,05$), os quais não diferiram nessa variável ($P > 0,05$). A duração da incubação entre a bicagem interna e a eclosão dos pintos (BI-ECL) foi menor nos pintos com nascimento precoce do que nos demais pintos, bem como menor nos pintos com nascimento intermediário do que nos pintos com nascimento tardio ($P \leq 0,05$).

Tabela 1. Duração das fases da incubação de acordo com o período de nascimento dentro da janela e o peso dos ovos.

	BI (h)	BE (h)	ECL (h)	BI-BE (h)	BE-ECL (h)	BI-ECL (h)
Peso do ovo (PO)						
Leve	446,95	488,28 ^A	499,38	39,74 ^A	11,35 ^B	51,24
Pesado	450,31	483,34 ^B	497,92	33,03 ^B	14,08 ^A	47,61
Período de nascimento (PN)						
Precoce	437,91 ^C	470,38 ^C	480,31 ^C	32,47	9,18 ^B	42,40 ^C
Intermediário	446,52 ^B	484,46 ^B	497,44 ^B	36,34	13,40 ^A	50,11 ^B
Tardio	461,46 ^A	502,58 ^A	518,20 ^A	40,34	15,57 ^A	55,76 ^A
Probabilidade						
PO	0,0733	0,0014	0,1667	0,0125	0,0160	0,0977
PN	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1138	<0,0001	<0,0001
PO x PN	0,9930	0,0682	0,1761	0,3465	0,0533	0,8835
CV (%)	3,12	2,93	2,69	43,46	53,49	27,21

Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. Período de nascimento Precoce: 471,78-485,08h, Intermediário: 485,45-512,07h, Tardio: 512,50-528,72h. BI: bicagem interna. BE: bicagem externa. ECL: duração total da incubação. BI-BE, BE-ECL e BI-ECL: duração das fases de incubação entre a bicagem interna e externa, entre a bicagem externa e a eclosão e entre a bicagem interna e a eclosão, respectivamente. ^{A-C}: Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem significativamente ($P \leq 0,05$). CV: coeficiente de variação.

Características físicas dos pintos

A Tabela 2 mostra que não houve interação significativa entre peso do ovo e período de nascimento sobre o peso corporal dos pintos (PCP) na eclosão e a envergadura de asa (EA) ($P > 0,05$), mas essas duas variáveis foram afetadas significativamente por ambos os fatores ($P \leq 0,05$). Pintos de ovos leves apresentaram menor peso corporal que os pintos de ovos pesados. Pintos com

nascimento precoce e tardio apresentaram peso corporal similar, porém maior do que os pintos com nascimento no período intermediário. A EA foi menor nos pintos de ovos leves do que nos pintos de ovos pesados. Ela também foi menor nos pintos precoces do que nos pintos intermediários, e ambos não diferiram dos pintos tardios.

No que se refere ao comprimento dos pintos, a Tabela 3 mostra que o comprimento bico-cauda (B-C) foi influenciado pelo peso do ovo e o comprimento bico-dedo médio (B-Dm) pelo peso do ovo e pelo período de nascimento e pela interação entre ambos. Ambos os comprimentos foram mais curtos nos pintos de ovos leves do que nos pintos de ovos pesados ($P \leq 0,05$). Como mostrado na Tabela 3, os maiores comprimentos B-Dm foram apresentados por pintos precoces e intermediários de ovos pesados, e os menores por pintos precoces e tardios de ovos leves. Para ovos leves, o comprimento B-Dm foi mais curto nos pintos precoces do que nos intermediários, e ambos apresentaram comprimento B-Dm similar ao observado para pintos tardios. Para ovos pesados, o comprimento B-Dm dos pintos precoces não diferiu do comprimento apresentado pelos pintos intermediários e tardios, mas pintos intermediários tiveram comprimento B-Dm maior do que os pintos tardios.

O comprimento da perna (CP) foi influenciado pelo peso do ovo, pelo período de nascimento e pela interação entre esses fatores ($P \leq 0,05$). De acordo com a interação (Tabela 3), pintos com nascimento precoce e intermediário de ovos pesados apresentaram comprimentos de perna similares, porém, o CP dos primeiros foi igual ao de todos os pintos de ovos leves e ao dos pintos tardios de ovos pesados, enquanto o CP dos últimos foi maior que esses.

Ainda na Tabela 2, é mostrado que o comprimento do bico (CB) foi influenciado somente pelo período de nascimento ($P \leq 0,05$), sendo menor nos pintos com nascimento precoce do que intermediário e tardio, e maior nos pintos com nascimento intermediário do que tardio. A largura do bico (LB) foi influenciada ($P \leq 0,05$) por ambos os fatores principais (peso do ovo e período de nascimento), mas não ocorreu interação significativa entre ambos. Pintos de ovos leves apresentaram LB menor do que os pintos de ovos pesados. Além disso, pintos precoces e intermediários apresentaram LB similar, mas maior do que os pintos tardios. Para a altura do bico (AB), houve interação significativa

entre o peso do ovo e o período de nascimento ($P \leq 0,05$). Como mostra a Tabela 3, não ocorreu diferença na AB entre os pintos de mesmo peso de ovo (leve ou pesado), mas a AB foi maior nos pintos com nascimento intermediário de ovos pesados do que em todos os pintos de ovos leves

Tabela 2. Características físicas dos pintos de corte de acordo com o período de nascimento dentro da janela e o peso dos ovos.

	PCP (g)	EA (cm)	B-C (cm)	B-Dm (cm)	CP (cm)	CB (mm)	LB (mm)	AB (mm)
Peso do ovo (PO)								
Leve	43,67 ^B	10,39 ^B	11,40 ^B	17,50	4,98	14,23	6,01 ^B	6,45
Pesado	51,65 ^A	10,85 ^A	11,94 ^A	18,06	5,07	14,18	6,28 ^A	6,56
Período de nascimento (PN)								
Precoce	47,80 ^A	10,40 ^B	11,68	17,74	5,02	14,55 ^A	6,22 ^A	6,43
Intermediário	47,24 ^B	10,82 ^A	11,72	17,92	5,06	14,30 ^B	6,29 ^A	6,61
Tardio	47,95 ^A	10,65 ^{AB}	11,61	17,68	5,00	13,76 ^C	5,93 ^B	6,47
Probabilidade								
PO	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0019	0,6345	0,0018	0,1770
PN	0,0180	0,0002	0,2554	0,0066	0,0397	<0,0001	0,0014	0,0620
PO x PN	0,1918	0,7531	0,2256	0,0060	0,0101	0,0605	0,4083	0,0299
CV (%)	8,67	6,00	4,45	3,11	3,41	4,36	8,96	7,71

Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. Período de nascimento Precoce: 471,78-485,08h, Intermediário: 485,45-512,07h, Tardio: 512,50-528,72h. PCP: peso corporal do pinto. EA: envergadura de asas. B-C: comprimento entre a extremidade do bico e da cauda. B-Dm: comprimento entre a extremidade do bico e a extremidade do dedo médio. CP: comprimento de perna. CB, LB e AB: comprimento, largura e altura de bico. ^{A-C}: Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem significativamente ($P \leq 0,05$). CV: coeficiente de variação.

Tabela 3. Interação entre peso do ovo e período de nascimento dentro da janela de eclosão para o comprimento dos pintos entre extremidade do bico e do dedo médio (B-Dm), o comprimento de perna (CP) e a altura do bico (AB).

	B-Dm (mm)	CP (mm)	AB (mm)
Leve-precoce	17,29±0,42 ^D	4,97±0,14 ^B	6,43±0,38 ^B
Leve-intermediário	17,63±0,47 ^C	4,98±0,14 ^B	6,43±0,39 ^B
Leve-tardio	17,58±0,50 ^{CD}	5,00±0,18 ^B	6,48±0,48 ^B
Pesado-precoce	18,19±0,51 ^{AB}	5,06±0,09 ^{AB}	6,43±0,32 ^{AB}
Pesado-intermediário	18,21±0,39 ^A	5,15±0,16 ^A	6,79±0,56 ^A
Pesado-tardio	17,78±0,51 ^{BC}	4,99±0,14 ^B	6,45±0,56 ^{AB}
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	2,49	3,06	7,33

^{A-D}: Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem significativamente ($P \leq 0,05$). CV: coeficiente de variação.

Dimensões físicas dos ovos e das câmaras de ar

A Tabela 4 mostra que não ocorreu diferença no comprimento, largura, área de superfície (ASO) e volume dos ovos (CO, LO e VO, respectivamente) entre os períodos de nascimento dos pintos. Todavia, essas quatro variáveis foram influenciadas pelo peso dos ovos e foram menores nos ovos leves do que nos ovos pesados ($P \leq 0,05$). Embora tenha ocorrido interação significativa entre peso do ovo e período de nascimento para o CO ($P \leq 0,05$), a interação também mostrou CO menor para ovos leves do que para ovos pesados (Tabela 5). Ainda na Tabela 4, a relação ASO/VO foi maior nos ovos leves do que nos ovos pesados ($P \leq 0,05$). O volume da câmara de ar (VCA) e o volume do ovo menos o volume da câmara (VO-VCA), em cm^3 e %, apresentaram efeito do peso do ovo, do período de nascimento, bem como efeito da interação entre ambos ($P \leq 0,05$). De acordo com a interação (Tabela 5), quando expresso em cm^3 , o maior VCA foi apresentado por ovos pesados que originaram pintos precoces. Além disso, o VCA dos ovos pesados que originaram pintos intermediários também foi maior do que o VCA dos ovos leves e dos ovos pesados que

originaram pintos tardios. O VCA dos ovos leves que originaram pintos precoces não diferiu do VCA dos ovos leves que originaram pintos intermediários e dos ovos pesados de pintos tardios, mas foi maior do que o VCA dos ovos leves de pintos tardios. Quando expresso em porcentagem em relação ao volume total do ovo, o maior VCA também foi apresentado por ovos pesados de pintos precoces. Não houve diferença no VCA entre ovos pesados de pintos intermediários e ovos leves de pintos precoces, e esses últimos apresentaram VCA maior do que a dos ovos leves de pintos tardios, os quais, por sua vez, não diferiram dos ovos pesados de pintos tardios. Também de acordo com a interação entre peso de ovo e período de nascimento (Tabela 5), o VO-VCA (cm^3) foi maior nos ovos pesados de pintos tardios do que nos demais tratamentos, bem como maior nos ovos pesados de pintos intermediários do que nos ovos leves e nos ovos pesados de pintos precoces, que não diferiram entre si. Quando expressa em porcentagem, o VO-VCA (cm^3) de ovos leves de pintos tardios foi similar ao de ovos pesados de pintos tardios e maior do que o VO-VCA dos ovos dos demais tratamentos. Ainda ovos leves de pintos intermediários apresentaram VO-VCA similar ao dos ovos leves de pintos precoces e de ovos pesados de pintos tardios, porém maior do que o dos ovos pesados de pintos precoces e intermediários. Também, o VO-VCA dos ovos pesados de pintos intermediários não diferiu do VO-VCA dos ovos leves de pintos precoces e foi maior do que os valores registrados para os ovos pesados de pintos precoces, os quais apresentaram o menor valor VO-VCA.

Tabela 4. Dimensões físicas dos ovos e das câmaras de ar de acordo com o período de nascimento dentro da janela e o peso dos ovos.

	CO (cm)	LO (cm)	ASO (cm ²)	VO (cm ³)	ASO/VO	VCA (cm ³)	(%) ¹	VO-VCA (cm ³)	(%) ¹
Peso do ovo (PO)									
Leve	5,62	4,33 ^B	75,04 ^B	62,94 ^B	1,19 ^A	4,56	7,24	58,18	92,75
Pesado	5,94	4,52 ^A	82,73 ^A	72,56 ^A	1,14 ^B	8,97	12,38	63,53	87,62
Período de nascimento (PN)									
Precoce	5,79	4,43	79,11	68,01	1,17	10,19	14,60	57,61	85,40
Intermediário	5,76	4,42	78,54	67,39	1,17	6,60	9,70	60,71	90,30
Tardio	5,79	4,43	79,01	67,85	1,17	3,52	5,14	64,26	94,86
Probabilidade									
PO	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
PN	0,3355	0,6606	0,0668	0,1130	0,6493	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
PO x PN	0,0223	0,7024	0,0991	0,0908	0,7078	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	3,54	2,57	5,07	7,34	2,57	64,67	61,27	8,22	6,38

Ovo leve e pesado: 56-61 e 65-71g, respectivamente. Período de nascimento Precoce: 471,78-485,08h, Intermediário: 485,45-512,07h, Tardio: 512,50-528,72h. CO, LO: comprimento e largura do ovo. ASO, VO: área de superfície e volume do ovo. ASO/VO: relação entre a área de superfície e o volume do ovo. VCA: volume da câmara de ar. VO-VCA: volume do ovo menos o volume da câmara de ar. ¹Calculado em relação ao volume total do ovo. ^{A-C}: Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem significativamente (P≤0,05). CV: coeficiente de variação.

Tabela 5. Interação entre peso do ovo e período de nascimento dentro da janela de eclosão para o comprimento do ovo (CO), volume da câmara de ar (VCA) e volume do ovo menos o volume da câmara de ar (VO-VCA).

	CO	VCA	VCA	VO-VCA	
	(cm)			(cm ³)	(%) ¹
Leve-precoce	5,67±0,13 ^B	5,73±2,94 ^C	9,02±4,55 ^{BC}	57,27± 3,80 ^C	90,98±4,55 ^{BC}
Leve-intermediário	5,61±0,14 ^B	5,01±2,55 ^{CD}	7,97±4,06 ^C	57,83±3,02 ^C	92,02±4,06 ^B
Leve-tardio	5,58±0,11 ^B	2,95±1,72 ^E	4,74± 2,78 ^D	59,45±2,70 ^C	95,26±2,78 ^A
Pesado-precoce	5,91±0,12 ^A	14,64±3,21 ^A	20,17± 4,46 ^A	57,95±3,39 ^C	79,82±4,46 ^D
Pesado-intermediário	5,91±0,14 ^A	8,20±4,05 ^B	11,42±5,66 ^B	63,59±4,87 ^B	88,58±5,66 ^C
Pesado-tardio	6,00±0,16 ^A	4,08±4,05 ^{CDE}	5,54±3,10 ^{CD}	69,07±2,12 ^A	94,46±3,10 ^{AB}
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	2,38	49,63	49,39	6,42	5,14

¹Calculado em relação ao volume total do ovo. ^{A-E}: Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem significativamente (P≤0,05). CV: coeficiente de variação.

Como mostrado na Tabela 6, houve efeito apenas do peso do ovo ($P \leq 0,05$) sobre a área superficial do ovo (AO), a qual foi menor nos ovos leves do que nos ovos pesados. A área da câmara de ar dos ovos (ACA), a AO-ACA e a profundidade da câmara de ar (PCA) foram influenciadas pelo peso do ovo e período de nascimento, e ocorreu interação entre esses fatores para essas três variáveis ($P \leq 0,05$). De acordo com a interação (Tabela 7), ocorreram efeitos similares sobre a ACA e a PCA. Ambas as variáveis foram similares entre ovos leves de pintos precoces, ovos leves de pintos intermediários, ovos pesados de pintos intermediários e ovos pesados de pintos tardios, porém maiores que as de ovos leves de pintos tardios e menores do que a dos ovos pesados de pintos precoces. Além disso, as maiores ACA e PCA foram apresentadas por ovos pesados de pintos precoces, e ovos pesados de pintos intermediários tiveram ACA e PCA maiores do que os ovos leves de pintos tardios. Ainda na Tabela 6, segundo a interação entre peso de ovo e período de nascimento, a AO-ACA dos ovos leves de pintos precoces não diferiu da AO-ACA dos ovos leves de pintos intermediários e nem dos ovos pesados de pintos precoces, sendo que a AO-ACA desses três tratamentos foram menores do que a dos ovos pesados de pintos intermediários e tardios. Ainda, ovos leves de pintos intermediários apresentaram AO-ACA de tamanho similar à dos ovos leves de pintos tardios, esses últimos apresentaram AO-ACA similar à dos ovos pesados de pintos intermediários, que, por sua vez, tiveram AO-ACA menores do que os ovos pesados de pintos tardios, os quais apresentaram as maiores AO-ACA. Ainda na Tabela 6, os dados mostram que a largura da câmara de ar (LCA) foi influenciada pelo peso do ovo e período de nascimento ($P \leq 0,05$), e que não ocorreu interação entre esses fatores ($P > 0,05$). A LCA foi menor nos ovos leves do que nos ovos pesados, bem como maior nos ovos que originaram pintos precoces do que nos ovos de pintos com nascimento intermediário e tardio, e maior nos ovos de pintos intermediários do que nos ovos de pintos tardios. A inclinação da câmara de ar (ICA) dos ovos não foi influenciada pelo peso do ovo, período de nascimento e nem pela interação entre ambos ($P > 0,05$). A perda de massa relativa (%) foi maior nos ovos leves do que nos ovos pesados, e menor nos ovos que originaram pintos tardios do que nos que originaram pintos precoces e intermediários, entre os quais não ocorreu diferença.

Tabela 6. Perda de massa e área do ovo e dimensões físicas das câmaras de ar, de acordo com o período de nascimento dentro da janela de eclosão e o peso dos ovos.

	PM (%)	EC (mm)	AO* (cm ²)	ACA* (cm ²)	AO-ACA* (cm)	PCA* (cm)	LCA* (cm)	ICA* (°)
Peso do ovo (PO)								
Leve	9,87 ^A	0,54 ^B	19,19 ^B	2,10	17,10	0,88	3,23 ^B	80,20
Pesado	7,92 ^B	0,58 ^A	21,10 ^A	3,46	17,61	1,27	3,66 ^A	79,94
Período de nascimento (PN)								
Precoce	9,20 ^A	0,55	20,18	3,97	16,21	1,44	3,66 ^A	79,01
Intermediário	8,94 ^A	0,56	20,07	2,72	17,32	1,07	3,48 ^B	80,81
Tardio	8,54 ^B	0,57	20,19	1,66	18,53	0,72	3,18 ^C	80,38
Probabilidade								
PO	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0221	<0,0001	<0,0001	0,8446
PN	0,0162	0,2787	0,2775	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,4308
PO x PN	0,2223	0,2221	0,3070	<0,0001	0,0002	0,0001	0,0746	0,7163
CV (%)	17,43	7,44	5,10	54,21	8,28	45,33	10,82	7,69

Ovo leve e pesado: 56-61g e 65-71g, respectivamente. Período de nascimento Precoce: 471,78-485,08h, Intermediário: 485,45-512,07h, Tardio: 512,50-528,72h. PM: perda de massa. EC: espessura de casca. AO: área do ovo. ACA: área da câmara de ar. AO-ACA: área do ovo menos área da câmara de ar. PCA, LCA, ICA: profundidade, largura e inclinação da câmara de ar do ovo.

*: dados obtidos a partir de imagens fotográficas. ^{A-C}: Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem significativamente ($P \leq 0,05$). CV: coeficiente de variação.

Tabela 7. Interação entre peso do ovo e período de nascimento dentro da janela de eclosão para a área da câmara de ar do ovo (ACA), a área de superfície do ovo menos a área da câmara de ar (AO-ACA) e a profundidade da câmara de ar (PCA).

	ACA (cm ²)	AO-ACA (cm)	PCA (cm)
Leve-precoce	2,60±1,23 ^{BC}	16,65±1,30 ^{DE}	1,04±0,44 ^{BC}
Leve-intermediário	2,21±0,93 ^C	16,98±0,97 ^{CD}	0,93±0,34 ^C
Leve-tardio	1,48±0,76 ^D	17,66±0,97 ^{BC}	0,67±0,30 ^D
Pesado-precoce	5,33±1,08 ^A	15,77±1,17 ^E	1,83±0,31 ^A
Pesado-intermediário	3,23±1,41 ^B	17,68±1,58 ^B	1,21±0,46 ^B
Pesado-tardio	1,83±0,86 ^{CD}	19,39±0,69 ^A	0,77±0,32 ^{CD}
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	43,30	7,43	37,84

^{A-E}: Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem significativamente ($P \leq 0,05$). CV: coeficiente de variação.

Correlações entre a duração das fases da incubação, as dimensões físicas dos ovos e das câmaras de ar de ovos e as características físicas dos pintos

A Tabela 8 apresenta os valores de r obtidos entre a duração das fases da incubação e as dimensões físicas dos ovos e das câmaras de ar, de ovos leves e pesados. Nos ovos leves, a duração total da incubação até a eclosão (ECL) mostrou correlação positiva moderada com a duração da incubação até a bicagem interna (0,58) e correlação positiva e muito forte com a duração da incubação até a bicagem externa (0,91). As variáveis de dimensões da câmara de ar (PCA, LCA, ACA, VCA) foram fracamente relacionadas com a BI, ou negativa e moderadamente relacionadas com a BE e a duração da incubação (ECL). AO, AO-ACA e VO-VCA foram fracamente relacionadas com BI, BE e ECL. Nos ovos pesados, a duração da incubação até a ECL apresentou forte correlação positiva (0,72) com a BE, moderadas correlações positivas ($0,57 \geq r \leq 0,61$) com AO-ACA e VO-VCA (cm³ e %), bem como, moderadas correlações negativas ($-0,58 \geq r \leq -0,61$) com a profundidade, largura, área e

volume (cm³ e %) da câmara de ar dos ovos. Para a ECL, ocorreram correlações negativas e moderadas ($-0,50 \geq r \leq -0,55$) com PCA, LCA, ACA e VCA (cm³ e %). Ao mesmo tempo, houve moderada correlação positiva ($0,52 \geq r \leq 0,54$) de BE com AO-ACA e VO-VCA (cm³, %).

Na Tabela 9 são apresentados os valores de r obtidos entre a duração das fases da incubação e as características físicas dos pintos de ovos leves e pesados. O comprimento do bico (CB) de pintos de ovos leves foi negativamente correlacionado com a BE e com a ECL, sendo a correlação com ambas fraca. Nos ovos pesados as correlações foram desprezíveis para todas as variáveis físicas dos pintos.

Os coeficientes de correlação de Pearson entre as características físicas dos pintos, as dimensões físicas dos ovos e das câmaras de ar de ovos leves e pesados são apresentados na Tabela 10. Para as variáveis de PCA, LCA, ACA e VCA, AO, AO-ACA e VO-VCA, de ovos leves e pesados, foram registradas apenas correlações desprezíveis com as características dos pintos.

Tabela 8. Coeficientes de correlação de Pearson entre a duração das fases da incubação e as dimensões físicas dos ovos e das câmaras de ar de ovos leves e pesados.

	Ovo leve			Ovo pesado		
	BI (h)	BE (h)	ECL (h)	BI (h)	BE (h)	ECL (h)
BI	-	-	-	-	-	-
BE	0,48	-	-	0,16	-	-
ECL	0,58	0,91	-	0,42	0,72	-
PCA	-0,25	-0,42	-0,41	-0,25	-0,50	-0,58
LCA	-0,32	-0,51	-0,51	-0,27	-0,55	-0,58
ACA	-0,26	-0,45	-0,44	-0,28	-0,52	-0,60
VCA (cm ³)	-0,26	-0,45	-0,43	-0,28	-0,54	-0,61
VCA (%)	-0,26	-0,44	-0,42	-0,28	-0,54	-0,61
AO	-0,05	-0,04	-0,03	0,15	0,09	0,06
AO-ACA	0,22	0,40	0,39	0,31	0,52	0,59
VO-VCA (cm ³)	0,24	0,31	0,30	0,24	0,53	0,57
VO-VCA (%) ¹	0,26	0,44	0,42	0,28	0,54	0,61

BI: bicagem interna. BE: bicagem externa. ECL: duração total da incubação. PCA: profundidade da câmara de ar. LCA: largura da câmara de ar. ACA: área da câmara de ar. VCA: volume da câmara de ar. AO: área do ovo. AO-ACA: área do ovo menos área da câmara de ar. VO-VCA: volume do ovo menos o volume da câmara de ar. ¹Calculado em relação ao volume total do ovo.

Tabela 9. Coeficientes de correlação de Pearson entre a duração das fases da incubação e as características físicas dos pintos de ovos leves e pesados.

	Ovo leve			Ovo pesado		
	BI (h)	BE (h)	ECL (h)	BI (h)	BE (h)	ECL (h)
PCP	-0,05	-0,01	-0,11	0,065	0,04	-0,05
B-Dm	0,05	0,12	0,08	-0,18	0,07	-0,05
B-C	-0,07	-0,03	-0,07	-0,18	-0,22	-0,29
EA	-0,01	0,13	0,10	-0,07	-0,01	-0,05
CP	0,06	0,20	0,10	-0,15	0,18	0,04
CB	-0,23	-0,41	-0,45	-0,19	-0,04	-0,14
LB	-0,24	-0,23	-0,24	-0,11	-0,17	-0,20
AB	0,02	0,06	0,01	0,01	0,01	-0,08

BI: bicagem interna. BE: bicagem externa. ECL: duração total da incubação. PCP: peso corporal do pinto. B-Dm: comprimento entre a extremidade do bico e a do dedo médio. B-C: comprimento entre a extremidade do bico e da cauda. EA: envergadura de asas. CP: comprimento de perna. CB, LB e AB: comprimento, largura e altura de bico.

Tabela 10. Coeficientes de correlação de Pearson entre as características físicas dos pintos, as dimensões físicas dos ovos e das câmaras de ar de ovos leves e pesados.

	Ovo leve								Ovo pesado							
	PCP (g)	B-Dm (cm)	B-C (cm)	EA (cm)	CP (cm)	CB (cm)	LB (mm)	AB (mm)	PCP (g)	B-Dm (cm)	B-C (cm)	EA (cm)	CP (cm)	CB (cm)	LB (mm)	AB (mm)
PCA	-0,04	-0,07	0,01	-0,03	-0,11	0,13	0,09	-0,02	0,13	0,09	0,20	-0,08	-0,08	0,08	-0,06	-0,16
LCA	-0,02	-0,06	-0,00	-0,04	-0,05	0,17	0,18	0,07	0,02	0,11	0,26	-0,00	-0,05	0,08	0,07	-0,07
ACA	-0,04	-0,07	0,01	-0,04	-0,11	0,15	0,10	-0,01	0,12	0,12	0,24	-0,08	-0,09	0,09	-0,05	-0,15
VCA	-0,05	-0,06	0,01	-0,02	-0,09	0,14	0,10	-0,01	0,12	0,12	0,24	-0,07	-0,09	0,09	-0,04	-0,17
VCA (%)	-0,06	-0,06	0,01	-0,02	-0,09	0,14	0,11	-0,00	0,12	0,12	0,25	-0,07	-0,09	0,09	-0,04	-0,16
AO	0,01	-0,12	-0,15	-0,15	-0,07	0,01	-0,10	-0,11	0,03	-0,09	-0,12	-0,08	-0,13	-0,19	-0,24	-0,16
AO-ACA	0,04	0,01	-0,07	-0,03	0,07	-0,13	-0,14	-0,04	-0,10	-0,14	-0,26	0,05	0,05	-0,14	-0,03	0,10
VO-VCA	0,14	0,04	-0,01	0,06	0,05	-0,10	-0,06	-0,04	-0,15	-0,14	-0,30	0,08	0,08	-0,14	-0,03	0,07
VO-VCA (%) ¹	0,06	0,06	-0,01	0,02	0,09	-0,14	-0,11	0,00	-0,12	-0,12	-0,25	0,07	0,09	-0,09	0,04	0,16

PCP: peso corporal do pinto. B-Dm: comprimento entre a extremidade do bico e a do dedo médio. B-C: comprimento entre a extremidade do bico e da cauda. EA: envergadura de asas. CP: comprimento de perna. CB, LB e AB: comprimento, largura e altura de bico. PCA: profundidade da câmara de ar. LCA: largura da câmara de ar. ACA: área da câmara de ar. VCA: volume da câmara de ar. AO: área do ovo. AO-ACA: área do ovo menos área da câmara de ar. VO-VCA: volume do ovo menos o volume da câmara de ar.

¹ Calculado em relação ao volume total do ovo.

4. DISCUSSÃO

Relação das características físicas dos ovos e do tamanho dos pintos com a duração do período de eclosão

O presente estudo analisou se pintos com nascimento precoce, intermediário e tardio de ovos leves e pesados diferem quanto ao tamanho corporal e tamanho da câmara de ar do ovo que lhes deu origem, os quais são fatores críticos para a eclosão.

Pintos de ovos leves e pesados não diferiram no intervalo médio de desenvolvimento *in ovo* até a bicagem interna e nem na duração média da incubação. Esses resultados indicam tempo médio de desenvolvimento *in ovo* similar para ambos, o que difere dos resultados de outros estudos que mostraram aumento da duração da incubação com o aumento do peso dos ovos (p. ex. Wilson, 1991; Gimenez et al., 2008; Ulmer-Franco et al., 2010). Apesar disso, diferenças significativas no intervalo de tempo entre bicagens e entre a bicagem externa e a eclosão foram registradas entre pesos de ovos. Pintos de ovos leves demoraram mais para realizar a bicagem externa, o que resultou em intervalo de tempo mais longo entre as bicagens e intervalo de tempo mais curto entre a bicagem externa e a eclosão para os mesmos, comparados aos pintos de ovos pesados. A ocorrência de relação inversa entre as durações desses dois períodos do processo de eclosão já foi registrada para pintos de corte em estudo prévio por Matos Junior et al. (submetido), mas dentro de mesmo intervalo de peso de ovo. A duração desses períodos tem sido associada ao alto déficit de O₂ e saturação de CO₂ no interior da câmara de ar do ovo (Khandoker et al., 2003; Tona et al., 2004b; Mortola, 2009) e disponibilidade de energia (Freeman, 1965; Dickson, 1983; Molenaar et al., 2010), respectivamente. Diante disso, teoricamente, intervalo de tempo mais curto entre as bicagens interna e externa foi interpretado como resultante de aumento mais rápido na PCO₂ e diminuição mais rápida na PO₂ simultaneamente (Tona et al., 2004b). Intervalo de tempo mais longo entre as bicagens interna e externa sugerem que os pintos de ovos leves foram sujeitos a déficit de O₂ e saturação de CO₂ dentro da câmara de ar mais lentamente do que os pintos de ovos pesados. Interessantemente, no presente estudo, ovos leves apresentaram menor tamanho de câmara de ar (determinado pelas análises de área,

volume, profundidade e largura) do que os ovos pesados. Esse menor tamanho da câmara de ar dos ovos leves chama atenção, uma vez que, contrariamente ao esperado, ele revela que o mais longo intervalo de tempo entre bicagens apresentado pelos pintos de ovos leves não está relacionado com maior tamanho de câmara de ar. Sem dúvida nenhuma, esses dados nos levam a questionar quais seriam os fatores que determinam a maior duração do período entre bicagens para ovos leves. Nesse contexto, não podemos deixar de pensar nas demais características físicas dos ovos, envolvidas com trocas gasosas e/ou perfuração da casca. É conhecido que quando ocorre aumento isométrico de tamanho, o volume aumenta mais rapidamente do que a área de superfície (Woods, 1999). No presente estudo, a área de superfície e o volume foram $7,69\text{cm}^2$ e $9,62\text{cm}^3$, respectivamente, menores nos ovos leves do que nos ovos pesados, mas a relação superfície/volume foi maior nos primeiros do que nos últimos. Ovos realizam trocas gasosas e dissipam calor através da casca. Assim sendo, a maior relação superfície/volume indica maior potencial de trocas gasosas e perda de calor para os ovos leves do que para os ovos pesados. Isso pode ter contribuído para o maior Intervalo de tempo entre bicagens interna e externa para ovos leves, e compensando o menor tamanho de câmara de ar. Ovos leves apresentaram espessura de casca menor e perda de massa e condutância de casca (OL: 13,58 e OP: 12,62, calculado) maiores do que os ovos pesados. Esses resultados diferem de estudos prévios (Maiorka et al., 2003; Morita et al., 2009), o que pode estar relacionado a diferenças nos intervalos de peso de ovos analisados nos diferentes estudos. A menor espessura de casca e a maior condutância de casca e perda de massa registradas para ovos leves, contudo, indicam menor barreira e maior potencial de trocas gasosas nesses ovos do que nos ovos pesados, o que reforça a possibilidade anteriormente levantada de que o período mais longo entre as bicagens interna e externa mostrado pelos pintos de ovos leves em comparação com os pintos dos ovos pesados pode estar associado ao maior potencial de trocas gasosas dos ovos leves. As correlações entre bicagem externa e área e volume do tamanho da câmara de ar e entre duração da incubação e área e volume da câmara de ar foram pouco maiores nos ovos pesados (BExACA: -0,52, BExVCA: -0,54, ECLxACA: -0,60, ECLxVCA: -0,61) do que nos leves (BExACA: -0,45, BExVCA: -0,45, ECLxACA: -0,44, ECLxVCA: -0,43). Embora esses resultados mostrem que correlações entre tamanho

da câmara de ar e bicagem externa e entre tamanho de câmara e duração da incubação mais expressivas para os ovos pesados do que para os ovos leves, em ambos os pesos dos ovos as correlações foram negativas, indicando que câmaras de ar menores tornam o período entre as bicagens externa e eclosão.

Lourens et al. (2006) e Morita (2016) mostraram menor produção de calor nos ovos leves do que nos ovos pesados, e atribuíram essa diferença ao tamanho dos pintos e não ao peso dos ovos propriamente dito. Nossos resultados mostraram menor envergadura de asa, menor comprimento corporal e de perna e menor largura de bico nos pintos de ovos leves do que nos pintos de ovos pesados. Entretanto, muito baixa correlação foi encontrada entre essas variáveis e a bicagem externa e a duração da incubação em ambos os pesos de ovos. Por outro lado, desperta atenção a existência de correlações positivas entre o espaço (área ou volume) interno dos ovos destinado ao desenvolvimento dos pintos e a bicagem externa e a duração da incubação mais baixas nos ovos leves do que nos pesados. Dessa forma, esses dados do presente estudo revelam pela primeira vez na literatura, que o espaço intra ovo para o desenvolvimento dos pintos influencia a duração do processo de eclosão, e de forma mais acentuada nos ovos pesados do que nos ovos leves. Embora, à primeira vista, essas correlações nos levem a associá-las com o peso corporal e tamanho dos pintos, as correlações do peso corporal e do tamanho dos pintos com o espaço para desenvolvimento dos pintos foram desprezíveis em ambos os pesos de ovos. Dessa forma, os dados do presente estudo revelam que diferenças na duração da incubação e no período de eclosão estão relacionados com o espaço interno do ovo destinado ao desenvolvimento dos pintos e com o tamanho da câmara de ar e que essa relação é mais relevante nos ovos pesados.

Relação de características físicas dos ovos e tamanho dos pintos com o período de nascimento dos pintos dentro da janela de eclosão

Independentemente do peso dos ovos, a bicagem interna, a bicagem externa e a eclosão ocorreram cada vez mais tarde e o intervalo de tempo entre bicagem interna e eclosão foi cada vez maior ao longo da janela de eclosão, mas o intervalo de tempo

entre as bicagens interna e externa não foi alterada. Esses resultados indicam associação do período de nascimento dos pintos dentro da janela de eclosão com a duração do desenvolvimento embrionário e fetal e a duração do processo de eclosão, porém maior com o último, uma vez que as diferenças na duração da incubação até a bicagem interna e na duração do período de eclosão entre pintos tardios e precoces foram de 5,38% e 31,51%, respectivamente. O intervalo de tempo entre a bicagem interna e externa é caracterizado pelo início da transição da respiração alantóica para a pulmonar. De acordo com vários autores, a duração desse período parece ser determinada pelo tempo gasto para o estabelecimento de déficit de O_2 e saturação de CO_2 na câmara de ar (Khandoker et al., 2003; Tona et al., 2004b; Mortola, 2009). De forma que, no momento da bicagem interna, os pintos necessitam que a câmara de ar tenha tamanho adequado para efetuar com êxito a transição da respiração corioalantóidea para a pulmonar e completar com sucesso a eclosão (Salazar, 2000; Molenaar et al., 2010; Noiva et al., 2014). A perfuração da casca do ovo pelo pinto na bicagem externa é induzida pelo déficit de O_2 e saturação de CO_2 dentro da câmara de ar (Rahn et al., 1979; Mortola, 2009). Assim sendo, o esperado é que quanto maior for o tamanho da câmara de ar, mais longo será o estabelecimento do déficit respiratório e mais tardio serão as bicagens e a eclosão.

Nossos dados, contudo, concordam apenas em parte com o esperado. Embora, no presente estudo, as bicagens e a eclosão tenham ocorrido mais tarde nos pintos intermediários do que nos precoces, e mais tarde nos pintos tardios do que nos intermediários, não houve diferença na duração do intervalo de tempo entre as bicagens internas e externas entre os pintos precoces, intermediários e tardios, sugerindo igual tempo para déficit de O_2 e saturação de CO_2 no interior das câmaras de ar entre esses pintos. Todavia, também em ambos os pesos de ovos, tanto a área como o volume das câmaras de ar foram cada vez menores ao longo dos períodos de nascimento. Apesar desses dados discordarem do esperado, eles revelam que a sequência de nascimento dos pintos ao longo da janela de eclosão está associada com a redução do tamanho da câmara de ar, ou seja, que nascimentos de pintos precoces ocorrem em ovos com maior câmara de ar, enquanto que o nascimento dos demais pintos ocorrem de ovos com câmaras de ar menores. Adicionalmente, também em ambos os pesos de ovos, o espaço intra ovo para o desenvolvimento dos pintos

foi cada vez maior ao longo dos períodos de nascimento, indicando uma relação inversa entre tamanho de câmara de ar e tamanho do espaço para o desenvolvimento dos pintos ao longo da janela de nascimentos, bem como, e a interação entre ambos sobre a duração da incubação. A ocorrência concomitante de aumento no espaço para o desenvolvimento dos pintos e redução no tamanho da câmara de ar do período precoce para o tardio sugere uma associação com crescimento corporal dos pintos. Pintos precoces têm apresentado maior peso corporal na eclosão do que pintos com nascimento posterior (Van de Ven et al., 2011; Lamot et al., 2014). No presente estudo, essa associação parece ser demonstrada pela maior envergadura de asa, nos pintos intermediários do que nos precoces. Isso mostra que os pintos tardios não tiveram o crescimento apresentado pelos pintos intermediários em relação aos precoces. É conhecido que crescimento animal depende do metabolismo e esse das trocas gasosas. Nesse contexto, é possível que a diminuição da câmara de ar ao longo da janela possa ter reduzido as trocas gasosas e, conseqüentemente, a produção de energia metabólica, prejudicando o crescimento dos pintos, bem como sua eclosão, de tal forma que eles deixaram de crescer, tiveram longo período de eclosão e conseguiram eclodir mais tardiamente.

O comportamento pré-eclosão e de eclosão é caracterizado inicialmente pela viragem do corpo do feto no interior do ovo, de modo que sua cabeça fique orientada no sentido da câmara de ar do ovo e assim possibilite que o seu bico atinja a membrana interna da casca realizando a bicagem interna (Oppenheim, 1970, 1972; Provine, 1971, 1972; Oppenheim et al., 1978; Pittman et al., 1978; Tong et al., 2013). As bicagens interna e externa e a saída da casca são decorrentes de movimentos coordenados e repetitivos da cabeça, da extensão das pernas e das asas, e do próprio corpo dos pintos no interior dos ovos (Oppenheim, 1970; Freeman e Vince, 1974; Rogers, 1995).

Ainda no presente estudo, apesar do comprimento do bico dos pintos ter mostrado praticamente ausência de correlação com eclosão nos ovos pesados e correlação fraca e negativa nos ovos leves, na análise fatorial pintos precoces apresentaram bicos mais longos do que os pintos intermediários, e esses últimos, bicos mais longos do que os pintos tardios. Esse achado juntamente com a observação de que pintos precoces realizaram as bicagens da casca e a saída da

casca mais cedo e tiveram menor intervalo de tempo entre bicagem externa e eclosão e entre bicagem interna e eclosão do que os pintos intermediários e tardios mostram que bicos mais longos facilitam o processo de eclosão, favorecendo o nascimento precoce dos pintos. Nessa mesma linha de pensamento, o contrário deve ocorrer com bicos menores, dificultando a eclosão, o que nos ajuda a entender melhor as bicagens e eclosão tardias dos últimos pintos a eclodirem (pintos tardios). O tamanho e formato do bico pós-eclosão têm sido relacionados, desde os estudos de Darwin, com o tamanho e textura do alimento e comportamento alimentar (Grant e Grant, 1993; Soons et al., 2015, Návalon et al., 2018). Contudo, outras funções estão mais relacionadas com formato e tamanho do bico (Bright et al., 2019), como modulação vocal (Podos, 2001; Herrel et al., 2009), construção de ninhos (Hansell, 2000), exibição (Navarro et al., 2010), controle de ectoparasitas (Clayton et al., 2010), e balanço hídrico e termorregulação (Greenberg et al., 2012; Van de Ven et al., 2016; Tattersall et al., 2017). Na vida pré-eclosão, o papel do bico tem sido relacionado com a perfuração e rompimento da casca (Narayanan e Oppenheim, 1968; Provine, 1972; Bakhuis, 1974). A relação do tamanho do bico com a duração da incubação e sequência de nascimento dos pintos de corte, contudo, está sendo mostrada pela primeira vez.

Em suma nossos dados mostram que tamanho do bico dos pintos e o tamanho da câmara de ar dos ovos desempenharam juntos papel fundamental no processo de eclosão, determinando o período de nascimento dos pintos ao longo da janela de eclosão.

5. CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que pintos precoces apresentam maior tamanho de bico e são provenientes de ovos com maior tamanho de câmara. Eles confirmaram a hipótese inicial de que maior tamanho de bico possibilita eclosão precoce, mas rejeitou a hipótese que precocidade no nascimento é determinada pelo menor tamanho de câmara de ar. Do ponto de vista prático, os dados mostram que tamanho de bico deve ser levado em consideração em futuros estudos de seleção genética para obter uma

incubação mais curta, o que parece interessante uma vez que a seleção de aves com maior tamanho de bico para aumentar a ingestão de alimentos e encurtar o período de crescimento vem sendo analisado.

6. REFERÊNCIAS

Bakhuis WL (1974). Observations of hatching movements in the chick (*Gallus domesticus*). **Journal of Comparative and Physiological Psychology** 87:997-1003.

Bright JA, Marugán-Lobón J, Rayfield EJ, Cobb SN (2019). The multifactorial nature of beak and skull shape evolution in parrots and cockatoos (*Psittaciformes*). **BMC Evolutionary Biology** 19:104.

Clayton DHM, Moyer BR, Bush SE, Jones TG, Gardiner DW, Rhodes BB, Goller F (2010). Adaptive significance of avian beak morphology for ectoparasite control. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences** 272:811-7.

Corless AB, Sell JL (1999). The effects of delayed access to feed and water on the physical and functional development of the digestive system of young turkeys. **Poultry Science** 78:1158-1169.

Dickson AJ (1983). Gluconeogenesis in chick embryo isolated hepatocytes. **International Journal of Biochemistry** 15:861-865.

Freeman BM (1965). The importance of glycogen at the termination of the embryonic existence of *Gallus domesticus*. **Comparative Biochemistry & Physiology** 14:217-222.

Freeman BM, Vince MA (1974). Development of the Avian Embryo - **A Behavioural and Physiological Study**, Chapman and Hall, London.

Geyra A, Uni Z, Sklan D (2001). Enterocyte dynamics and mucosal development in the posthatch chicks. **Poultry Science** 80:776-782.

Jimenez AC, Riccardi RR, Malheiros EB, Boleli IC (2008). Influência do sexo e peso dos ovos sobre a altura dos vilos e profundidade das criptas do intestino delgado de embriões e pintos de corte. **Ciência Animal Brasileira** 9:608-616.

Gonzales E, Kondo N, Saldanha ES, Loddy MM, Careghi C, Decuypere E (2003). Performance and physiological parameters of broiler chickens subjected to fasting on the neonatal period. **Poultry Science** 82:1250-1256.

Grant BR, Grant PR (1993). Evolution of Darwin's finches caused by a rare climatic event. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences** 251:111-117.

Greenberg R, Cadena V, Danner RM, Tattersall GJ (2012) Heat loss may explain bill size differences between birds occupying different habitats. **Plos One** 7(7): e40933.

Hansell M (2000). Bird nests and construction behavior. Cambridge University Press, Cambridge, 296 p.

Herrel A, Podos J, Vanhooydonck B, Hendry AP (2009). Force–velocity trade-off in Darwin's finch jaw function: a biomechanical basis for ecological speciation? **Functional Ecology** 23:119–125.

Hutt FB, Pilkey AM (1934). Studies in embryonic mortality in the fowl, V. relationships between positions of the egg and frequencies of malpositions. **Poultry Science** 13:3-13.

Khandoker AH, Dzialowski EM, Burggren WW, Tazawa H (2003). Cardiac rhythms of late pre-pipped and pipped chick embryos exposed to altered oxygen environments. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology** 136:289-299.

Lamot DM, Van de Linde IB, Molenaar R, Van der Pol CW, Wijtten PJA, Kemp B, Van den Brand, H. (2014). Effects of moment of hatch and feed access on chicken development. **Poultry Science** 93:2604-2614.

Lourens A, Molenaar R, Van den Brand H, Heetkamp MJ, Kemp B (2006). Effect of egg size on heat production and the transition of energy from egg to hatchling. **Poultry Science** 85:770-776.

Maiorka A, Santin E, Dahlke F, Boleli IC, Furlan RL, Macari M (2003). Posthatching water and feed deprivation affect the gastrointestinal tract and intestinal mucosa development of broiler chicks. **The Journal of Applied Poultry Research** 12:483-492.

Matos Junior JB (2016). Duração da eclosão e temperatura de incubação sobre a qualidade dos pintos, seu desempenho e qualidade de carne. **Tese (doutorado)**. Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Molenaar R, Reijrink IAM, Meijerhof R, Van den Brand H (2010). Meeting embryonic requirements of broilers throughout incubation. **Brazilian Journal of Poultry Science** 12:137-148.

Morita VS, Boleli IC, Cargnelutti Filho A (2009). Hematological values and body, heart and liver weights in male and female broiler embryos taken from eggs of young and old breeders. **Revista Brasileira de Ciência Avícola** 11:19-27.

Morita VS, Almeida VR, Matos Jr JB, Vicenti TI, Van den Brand H, Boleli, IC. (2016). Incubation Temperature during Fetal Development Influences Morphophysiological Characteristics and Preferred Ambient Temperature of Chicken Hatchlings. **Plos One** 11:e0154928.

Mortola JP (2009). Gas exchange in avian embryos and hatchlings. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular e Integrative Physiology** 153:359-377.

Narayanan CH, Oppenheim R (1968). Experimental studies on hatching behavior in the chick. II. Extirpation of the right wing. **Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology** 168:395-401.

Narushin VG (2005). Egg geometry calculation using the measurements of length and breadth. **Poultry Science** 84:482-484.

Navalón G, Bright JA, Marugán-Lobón J, Rayfield EJ (2018). The evolutionary relationship among beak shape, mechanical advantage, and feeding ecology in modern birds. **Evolution** 73: 422-435.

Navarro C, Pérez-Contreras T, Avilés JM, McGraw KJ, Soler JJ (2010). Beak colour reflects circulating carotenoid and vitamin A levels in spotless starlings (*Sturnus unicolor*). **Behavioral Ecology and Sociobiology** 64:1057-1067.

Noiva RM, Menezes AC, Peleteiro MC (2014). Influence of temperature and humidity manipulation on chicken embryonic development. **BMC Veterinary Research** 10:234.
Noy Y, Uni Z (2010). Early nutritional strategies. **World's Poultry Science Journal** 66:639-646.

Oppenheim RW (1970). Some aspects of embryonic behaviour in the duck (*Anas platyrhynchos*). **Animal Behavior** 18:335-352.

Oppenheim RW (1972). Experimental studies on hatching behavior in the chick. III. The role of the midbrain and forebrain. **Journal of Comparative Neurology** 146:479-505.

Oppenheim RW, Pittman R, Gray ME, Maderdrut JL (1978). Embryonic behavior, hatching and neuromuscular development in the chick following a transient reduction of spontaneous motility and sensory input by neuromuscular blocking agents. **Journal of Comparative Neurology** 179:619-640.

Pires DL, Malheiros EB, Boleli IC (2007). Influence of sex, age and fasting on blood parameters and body, bursa, spleen and yolk sac weights of broiler chicks. **Brazilian Journal Animal Science** 9:233-240.

Pittman R, Oppenheim R, Ramakrishna T (1978). Experimental studies on hatching behavior in the chick. IV. Evidence for the role of a noradrenergic mechanism. **Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology** 204:95-111.

Piva VJ (2017). **Influência materna sobre o fenótipo da prole *Gallus gallus domesticus***. Trabalho de conclusão de curso-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

Podós J (2001). Correlated evolution of morphology and vocal signal structure in Darwin's finches. **Nature** 409:185-188.

Provine RR (1971). Chick hatching behavior-rotatory component. **American zoologist**. p. 620.

Provine RR (1972). Hatching behavior of the chick (*Gallus domesticus*): Plasticity of the rotatory component. **Psychonomic Science** 29:27-28.

Rahn H, AR A, Paganelli CV (1979). How bird eggs breathe. **Scientific American** 240:46-55.

Reis LH, Gama LT, Soares MC (1997). Effects of short storage conditions and broiler breeder age on hatchability, hatching time, and chick weights. **Poultry Science** 76:1459-66.

Riccardi RR, Malheiros EB, Boleli IC (2011). Comparison of intestinal response of chicks from light and heavy eggs to post-hatch fasting. **International Journal of Poultry Science** 10:23-29.

Rogers LJ (1995). The development of brain and behavior in the chicken. **CAB International**.

Salazar AL (2000). El proceso de incubación. **Avic. Profes.**, v.18, p.26-30.

SAS (2009). **Statistical analysis system**: Release 9.2, (software). Cary: SAS Institute.

Sklan D, Noy Y, Hoyzman A, Rozenboim I (2000). Decreasing weight loss in the hatchery by feeding chicks and poults in hatching trays. **The Journal of Applied Poultry Research** 9:142-148.

Soons J, Genbrugge A, Podos J, Adriaens D, Aerts P, Dirckx J, Herrel A. (2015). Is beak morphology in Darwin's finches tuned to loading demands? **Plos One** 10:e0129479.

Tattersall GJ, Arnaout B, Symonds MRE (2017). The evolution of the avian bill as a thermoregulatory organ. **Biological Reviews** 92:1630-1656.

Tona K, Onagbesan OM, Jegu Y, Kamers B, Decuypere E, Bruggeman V (2004b). Comparison of embryo physiological parameters during incubation, chick quality, and growth performance of three lines of broiler breeders differing in genetic composition and growth rate. **Poultry Science** 83:507-513.

Tong Q, Romanini CE, Exadaktylos V, Bahr C, Berckmans D, Bergoug H, Eterradossi N, Roulston N, Verhelst R, McGonnell IM, Demmers T (2013). Embryonic development and the physiological factors that coordinate hatching in domestic chickens. **Poultry Science** 92:620-628.

Traldi AB, Menten JFM, Silva CS, Rizzo PV, Pereira PWZ, Santarosa J (2011). What determines hatchling weight: breeder age or incubated egg weight? **Brazilian Journal of Poultry Science** 13:283-285.

Ulmer-Franco AM, Fasenko GM, O'dea CEE (2010). Hatching egg characteristics, chick quality, and broiler performance at 2 breeder flock ages and from 3 egg weights. **Poultry Science** 89:2735-2742.

Van de Ven LJF, Van Wagenberg AV, Debonne M, Decuypere E, Kemp B, Van den Brand H (2011). Hatching system and time effects on broiler physiology and posthatch growth. **Poultry Science** 90:1267-1275.

Van de Ven LJF, Van Wagenberg AV, Decuypere E, Kemp B, Van den Brand H (2013). Perinatal broiler physiology between hatching and chick collection in 2 hatching systems. **Poultry Science** 92:1050-1061.

Van de Ven TMFN, Martin RO, Vink TJF, McKechnie AE, Cunningham SJ (2016). Regulation of heat exchange across the hornbill beak: functional similarities with toucans? **Plos One** 11(5): e0154768.

Vicentini TI (2015). **Programação térmica fetal e duração da fase de eclosão: efeitos sobre a qualidade na eclosão, variáveis sanguíneas, preferência térmica e resposta ao desafio térmico de pintos fêmeas**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Willemsen H, Debonne M, Swennen Q, Everaert N, Careghi C, Han H, Bruggeman V, Tona K, Decuypere E (2010). Delay in feed access and spread of hatch: importance of early nutrition. **World's Poultry Science Journal** 66:177-188.

Wilson HR (1991). Interrelationships of egg size, chick size, posthatching growth and hatchability. **World's Poultry Science Journal** 47:5-20.

Yalçin S, Izzetoğlu GT, Aktaş A (2013) Effects of breeder age and egg weight on morphological changes in the small intestine of chicks during the hatch window. **British Poultry Science** 54:810-817.

Zanatto DCS (2016). Diferenças sexo-específicas na janela de nascimento associadas a duração da fase de eclosão determinam o assincronismo na eclosão em *Gallus gallus*. **Trabalho de conclusão de curso** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.