

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Vibrações no transporte de ovos fertilizados: efeitos no nascimento
e na qualidade de pintos de corte**

Ana Carolina Donofre

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2014**

**Ana Carolina Donofre
Zootecnista**

**Vibrações no transporte de ovos fertilizados: efeitos no nascimento e na
qualidade de pintos de corte**

Orientador:
Prof. Dr. **IRAN JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Donofre, Ana Carolina

Vibrações no transporte de ovos fertilizados: efeitos no nascimento e na qualidade de pintos de corte / Ana Carolina Donofre. - - Piracicaba, 2014.
139 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.
Bibliografia.

1. Avicultura de corte 2. Pré-porteira 3. Agitador mecânico 4. Ovos fertilizados
5. Albúmen 6. Eclodibilidade 7. Perdas econômicas I. Título

CDD 636.513
D687v

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico este trabalho a minha mãe **Rosa Maria Iaquelli Donofre**.
Meu maior exemplo. Meu maior amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Deus por iluminar os meus passos. Agradeço pela coragem que me concedeu e sonhos que me fez sonhar e realizar.

À majestosa Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP que me deu a glória de ser a sua aluna.

Ao programa de Engenharia de Sistemas Agrícolas, pelo compromisso, seriedade e apoio na formação de mestres e doutores.

Agradeço ao meu orientador Professor Iran José Oliveira da Silva por ter acreditado e confiado no meu trabalho. Pelos ensinamentos e incentivos. Pelo exemplo como Mestre, que espero seguir e levar na minha profissão. Hoje percebo o quanto cresci nestes dois anos. Muito obrigada, por tudo!

Agradeço a toda minha família. Sobretudo, aos meus pais Rosa e Ricardo por terem sido a minha base, por terem me dado o maior amor que já pude receber.

Aos meus queridos amigos do NUPEA que fizeram essa jornada melhor. Obrigada Ariane, Fernanda, Paulo, Maria Amélia, Patrícia, Aérica, Guilherme, Ana Luíza e Danielle. E lógico, a nossa secretária Ilze! Vocês foram fundamentais, obrigada pelo ótimo convívio, pelas risadas e pelos trabalhos que realizamos juntos. Guardo comigo um pouco do que aprendi com cada um de vocês. Agradeço também ao Fred e a Malu, vocês são grandes exemplos para todos nós, os admiro-os muito.

Agradeço a toda equipe do incubatório Flamboiã. Ao Marcelo por ter aberto as portas de sua empresa e confiado na nossa pesquisa. À Taciana e ao Edivaldo pela paciência e pela enorme ajuda. Às meninas da secretaria, Néia, Fernanda e Dulce que sempre me atenderam bem. Às meninas e aos meninos com quem pude conviver no período que realizei meu experimento. Obrigada por me acolherem e compartilharem comigo seus conhecimentos. Aprendi muito com vocês!

Ao professor José Nicolau Prospero Puoli Filho. Nunca irei me esquecer do dia em que me chamou para conversar pela primeira vez. Obrigada pela confiança, pela amizade e, acima de tudo, pela minha formação! Devo muito a você.

Aos funcionários do departamento, em especial, à Angela, Davilmar, Beatriz, Sr. Hélio, Sr. Luiz e Sr. Antônio por toda atenção e ajuda.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço de coração a todos os que me ajudaram a crescer e a acreditar em mim mesma. Acredito que, com vocês e por vocês, tentei fazer tudo da melhor forma.

Agradecimento especial

Em especial, agradeço ao Iuri, o meu maior parceiro. Primeiramente, obrigada por me deixar fazer parte da sua vida e por você estar presente na minha. Lutamos, conquistamos e mudamos muita coisa juntos. Compartilhamos dificuldades e medos, mas também amor e sonhos.

Agradeço pela sua ajuda profissional como estatístico, admiro-o muito e às vezes me sinto pequena perto de tudo o que você sabe, perto de tudo que você faz. Agradeço pelo seu companheirismo, pela sua simplicidade e alegria. É muito bom passar os meus dias com você, seja estudando ou simplesmente fazendo nada.

Agradeço pelo seu apoio nesses últimos seis anos. Eu vi você se formar, defender o seu mestrado e entrar no doutorado, você me viu me formar e agora me verá terminar o meu mestrado. É tão confortante sabermos que juntos estamos traçando o que é melhor para nós, o que gostamos de fazer, o que queremos ser. Só posso dizer que tenho muita sorte e que tudo o que aconteceu até hoje vai muito além do que podemos enxergar ou sentir. Mais uma vez, obrigada. Amo-te.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	21
1.1 Objetivos	22
1.2 Descrição dos capítulos	23
Referências	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1 A importância e os pontos críticos do transporte na avicultura de corte.....	25
2.2 O transporte de ovos fertilizados.....	27
2.3 Vibrações mecânicas	28
2.3.1 Definições.....	28
2.3.2 Medidas de vibração	30
2.3.3 Ensaios com simuladores de vibrações do transporte	31
2.4 As vibrações mecânicas no transporte de diferentes tipos de cargas.....	33
2.5 Os efeitos das vibrações no transporte de ovos fertilizados.....	35
2.6 Estrutura e qualidade do ovo fertilizado	38
2.7 O manejo do ovo fertilizado.....	40
2.8 Resultados da incubação e qualidade do pinto de corte	43
Referências	44
3 QUALIDADE DE OVOS FERTILIZADOS EXPOSTOS A DIFERENTES CONDIÇÕES SIMULADAS DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS.....	53
Resumo.....	53
Abstract.....	54
3.1 Introdução	54
3.2 Material e métodos.....	56
3.2.1 Delineamento experimental e tratamentos.....	56
3.2.2 Material experimental: recepção e preparo	57
3.2.3 Agitador mecânico.....	59

3.2.4 Caracterização das faixas de vibração	60
3.2.5 Aplicação dos tratamentos (simulações)	62
3.2.6 Variáveis respostas.....	62
3.2.7 Análise estatística	65
3.3 Resultados e discussão	66
3.3.1 Caracterização das simulações	66
3.3.2 Qualidade dos ovos fertilizados	70
3.3.3 Comparação de médias entre a parte fatorial e o controle	75
3.3.4 Comparação entre as faixas de vibração e os tempos de exposição	77
3.4 Conclusões parciais.....	80
Referências.....	79
4 PERDAS NO NASCIMENTO E NA QUALIDADE DE PINTOS DE CORTE EM FUNÇÃO DA EXPOSIÇÃO DE OVOS FERTILIZADOS A DIFERENTES CONDIÇÕES SIMULADAS DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS	87
Resumo	87
Abstract.....	88
4.1 Introdução.....	88
4.2 Material e métodos	90
4.2.1 Tratamentos e delineamento experimental.....	90
4.2.2 Material experimental e aplicação dos tratamentos	93
4.2.3 Incubação	94
4.2.4 Variáveis respostas.....	97
4.2.4.1 Taxas de eclodibilidade e mortalidade.....	97
4.2.4.2 Caracterização da mortalidade embrionária	99
4.2.4.3 Avaliação da qualidade dos pintos de corte.....	101
4.2.4.4 Total de perdas do incubatório.....	103
4.2.5 Análise estatística	103
4.3 Resultados e discussão	105
4.3.1 Taxas de eclodibilidade e mortalidade.....	105
4.3.2 Caracterização da mortalidade embrionária	112
4.3.2.1 Mortalidade embrionária por fase	112
4.3.2.2 Incidência de anomalias embrionárias.....	117
4.3.3 Qualidade do pinto de corte	119
4.3.3.1 Peso absoluto no nascimento.....	116

4.3.3.2 Proporção de pintos de primeira linha	121
4.3.4 Total de perdas do incubatório	127
4.3.5 Conclusões parciais	132
Referências	134
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	138

RESUMO

Vibrações no transporte de ovos fertilizados: efeitos no nascimento e na qualidade de pintos de corte

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos das vibrações mecânicas decorrentes do transporte sobre a qualidade de ovos fertilizados e sobre o nascimento e a qualidade de pintos de corte. O experimento foi dividido em duas fases desenvolvidas em um incubatório comercial em Mogi-Mirim/SP. Na primeira, 1920 ovos fertilizados de matrizes da linhagem Cobb-500 (31 a 34 semanas) foram expostos a simulações dos movimentos vibratórios, produzidos por um agitador mecânico desenvolvido para este fim. Na segunda fase, esses ovos foram incubados até o nascimento das aves. Avaliaram-se os efeitos de diferentes intensidades de vibração e tempos de exposição sobre as respostas de interesse. A intensidade foi definida por duas faixas de vibração simuladas pelo agitador (faixa inferior; RSS de $2,5 \text{ m.s}^{-2}$ e faixa superior; RSS de $7,5 \text{ m.s}^{-2}$), as quais foram associadas a dois tempos de exposição, um mínimo e um máximo (60 e 180 minutos, respectivamente). Foi adotado um delineamento aleatorizado em blocos com tratamentos em esquema fatorial mais um controle ($2 \times 2 + 1$). A qualidade dos ovos fertilizados foi mensurada a partir da perda de peso e de medidas tomadas na gema e no albúmen (altura, diâmetro e índices, e unidade Haugh). Pela análise de variância foi possível observar efeitos dos fatores experimentais na qualidade dos ovos fertilizados, principalmente nas medidas tomadas no albúmen. Os resultados indicaram que os ovos quando expostos às vibrações, em faixas mais intensas e/ou por mais tempo, apresentam seu albúmen liquefeito, o que é um sinal de perda de qualidade. Esses resultados foram comprovados pela redução no índice de albúmen e na unidade Haugh, quando realizados os testes t e de Tukey a 5% de significância. Após o nascimento das aves foi avaliada a taxa de eclodibilidade, a caracterização da mortalidade e a qualidade dos pintos de corte (peso absoluto e classificação). Por meio da regressão logística, observou-se que a exposição dos ovos fertilizados às vibrações pode afetar negativamente a taxa de eclodibilidade e a proporção de pintos classificados em primeira linha. Essas respostas foram menores pelo teste de Wald a 5% de significância no tratamento formado pela faixa de vibração superior aplicada por mais tempo. Os piores resultados no nascimento refletiram diretamente em um aumento nas perdas totais devido à exposição dos ovos aos movimentos vibratórios, com a significância de efeito comprovada principalmente pela a faixa de vibração. Além disso, pela análise de variância foi observada uma pequena redução do peso das aves nascidas de ovos vibrados, quando feita a comparação de médias pelo teste t com o controle. Por fim, acredita-se que o comprometimento da qualidade do albúmen tenha gerado piores resultados no nascimento e na qualidade dos pintos de corte. Dessa forma, é possível concluir que a exposição às vibrações pode comprometer a incubação e gerar prejuízos de grandes dimensões para os incubatórios, caso ocorram em condições semelhantes às simuladas nesta pesquisa.

Palavras-chave: Avicultura de corte; Pré-porteira; Agitador mecânico; ovos fertilizados; Albúmen; Eclodibilidade; Perdas econômicas

ABSTRACT

Vibrations on transport of fertile eggs: implications during birth and on the quality of broiler chicks

The aim of this research was to evaluate the effects of mechanical vibrations during birth, and on the quality of fertile eggs and broiler chicks due to transportation. The experiment was divided in two phases developed in a commercial incubator in Mogi-Mirim, São Paulo. In the first phase, 1920 fertile eggs from Cobb-500 matrix (31 to 34 weeks) were used. These eggs were exposed to vibrations in a mechanical simulator. In the second phase, the eggs were incubated until the moment of birth. The effects of different vibration intensities and time exposition upon different feed backs were assessed. The intensity was defined by two vibration levels simulated by a mechanical agitator (inferior level; RSS - 2.5 m.s^{-2} ; superior level; RSS - 7.5 m.s^{-2}), in which were associated to two different exposition periods of time (minimum, 60 minutes; and maximum, 180 minutes, respectively). A modeling in blocks with treatments in a factorial treatment and a control ($2 \times 2 + 1$) was chosen randomly. The quality of fertile eggs was evaluated considering the weight loss and measurements taken in the egg yolk and in the albumen (height, diameter, indexes, and Haugh unity). Using the analysis of variance, it was possible to observe the effects of experimental factors on the quality of fertile eggs, mainly, in the measurements found in the albumen. The results indicated that the eggs that were exposed to vibrations in very intense levels, and/or for more time, presented liquefied albumen, showing quality loss. These results were seen by the reduction in the albumen index as well as in the Haugh unity, found in the Tukey test submitted to the level of significance of 5%. After birth, the hatching tax, the mortality characterization, and the quality of broiler chicks (absolute weight and classification) were evaluated. Using the logistical regression, it was possible to observe that fertile eggs exposed to vibrations can affect negatively the hatching tax and the proportion of chicks classified in first line. These results were found smaller in the Wald test at significance of 5% in the treatment formed by the superior vibration level applied for a longer period of time. The worst results found in birth demonstrated an increase in total loss because of vibration exposition on the eggs with a significance effect proved, mainly, by the vibration level. Furthermore, through the analysis of variance, it was observed a small weight reduction of birds hatched from vibrated eggs. These results were observed when they were compared to the averages found in the control group and t test. Thus, if the albumen quality is compromised it is believed that it generates worst results in birth and in the quality of broiler chicks. Hence, it is possible to conclude that vibrations are capable of compromise incubation, resulting in huge financial loss for incubators, if similar conditions happen to be the way they were simulated on this study.

Keywords: Poultry production; Pre-gate; Mechanical shaker; Fertile eggs; Hatchability; Albumen

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Esquema básico de medição de vibração. Adaptado de Rao (2008).....30
- Figura 2 - Modelos de agitadores mecânicos: (a) Balbinot (2001); (b) Berardinelli et al. (2003); (c) Gomes (2006); (d) mesa vibratória de Idah et al. (2012)....32
- Figura 3 - Recepção e preparo do material experimental: (a) sala de ovos; (b) recepção de um carregamento (c); seleção dos ovos e formação das bandejas para o sorteio dos tratamentos (d); uma bandeja de um tratamento com os ovos amostrados identificados.....58
- Figura 4 - Agitador mecânico. (a) vista frontal do motor de eixo excêntrico (1), das molas de compressão (2) e da plataforma de apoio (3); (b) vista lateral das polias de couro (4) e dos elásticos tensores (5)60
- Figura 5 - Acelerômetro HOBO Pendant G UA-004-64[®] fixado em uma caixa de transporte convencional para as simulações.....61
- Figura 6 - Mensuração das medidas de qualidade dos ovos: (a) diâmetro da gema (linha tracejada) e diâmetros transversal e longitudinal do albúmen denso (linhas contínuas); (b) altura da gema (linha tracejada) e altura do albúmen denso (linha contínua)64
- Figura 7 - Valores de aceleração instantânea que caracterizam a faixa inferior de vibração.....66
- Figura 8 - Valores de aceleração instantânea que caracterizam a faixa superior de vibração.....66
- Figura 9 - Respostas de qualidade do albúmen: (a) valores médios e desvio padrão do diâmetro do albúmen (mm); (b) valores médios e desvio padrão da altura (mm); (c) ovo com a sua qualidade comprometida; (d) ovo íntegro71
- Figura 10 - Respostas de qualidade do albúmen: (a) valores médios e desvio padrão do índice de albúmen; (b) valores médios e desvio padrão da unidade Haugh.....72
- Figura 11 - Valores médios e desvio padrão da perda de peso (gramas) das bandejas nos73
- Figura 12 - Procedimentos experimentais e descrição dos tratamentos dos ensaios92
- Figura 13 - Esquematização das simulações: (1) pilha de bandejas da parcela; (2) pilha de suporte94

Figura 14 -	Preparo dos tratamentos para incubação: (a) bandeja de um tratamento formada por 96 ovos; (b) tratamentos dispostos no carrinho, já prontos para a incubação	95
Figura 15 -	Sequência de procedimentos: (a) retirada dos tratamentos dos nascedouros; (b) separação das aves por tratamento; (c) pesagem e avaliação da qualidade dos pintos; (d) ovos não eclodidos já separados para a quebra	98
Figura 16 -	Diferentes tipos de mortalidade embrionária por fase	100
Figura 17 -	Diferentes anomalias observadas na quebra dos resíduos	101
Figura 18 -	Critérios adotados para classificação das aves como de primeira e segunda linha	102
Figura 19 -	Diferentes ocorrências que classificaram os pintos como de segunda linha	102
Figura 20 -	Taxas de eclodibilidade e mortalidade dos tratamentos do primeiro ensaio	107
Figura 21 -	Taxa de eclodibilidade em função do tempo de exposição a RSS de 7,5 m.s ⁻²	111
Figura 22 -	Médias obtidas para a mortalidade embrionária por fase no primeiro ensaio	113
Figura 23 -	Total de observações obtido para a mortalidade embrionária por fase (precoce, intermediária e tardia) nos tratamento vibrado e controle do segundo ensaio	116
Figura 24 -	Valores médios e desvios-padrão para a resposta peso absoluto no nascimento (g): (a) primeiro ensaio; (b) segundo ensaio.....	119
Figura 25 -	Médias obtidas de pintos de primeira e segunda linha no total de aves nascidas vivas dos tratamentos do primeiro ensaio	122
Figura 26 -	Total de perdas do incubatório em função da exposição dos ovos fertilizados às vibrações mecânicas: (a) média obtida para os tratamentos da parte fatorial e do controle do primeiro ensaio; (b) total de perdas observado no tratamento vibrado e no controle do segundo ensaio	128
Figura 27 -	Probabilidades de ocorrência dos eventos que contribuíram para o total de perdas do primeiro ensaio	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos da parte fatorial, obtidos pela combinação das faixas de vibração e dos tempos de exposição, e do tratamento controle.....	57
Tabela 2 - Valores de aceleração média (RMS; m.s-2) dos eixos x, y e z e de aceleração resultante (RSS; m.s-2), obtidos para as faixas inferior e superior utilizadas nos tratamentos desta pesquisa.....	67
Tabela 3 - Médias diárias de temperatura (T; °C) e umidade relativa (UR; %) e seus respectivos valores mínimos e máximos, observados durante os dias de simulações	69
Tabela 4 - Médias e desvio-padrão das respostas diâmetro da gema (DG; mm), altura da gema (AG; mm), índice de gema (IG), diâmetro do albúmen (DA; mm), altura do albúmen (AA; mm), índice de albúmen (IA), unidade Haugh (UH), peso do ovo (PO; g) e perda de peso das bandejas (PP; g) observados nos tratamentos fatoriais T1, T2, T3 e T4 e controle	70
Tabela 5 - Resumo das análises de variância. Níveis descritivos (valores p) obtidos por meio da estatística F para a análise das seguintes respostas: diâmetro de gema (DG), altura da gema (AG), diâmetro do albúmen (DA), altura de albúmen (AA), índice de albúmen (IA), unidade Haugh, peso dos ovos (PO) e perda de peso das bandejas (PP)	74
Tabela 6 - Comparação entre médias dos tratamentos fatoriais e controle para as respostas: diâmetro de gema (DG; mm), altura de gema (AG; mm), diâmetro de albúmen (DA; mm), altura de albúmen (AA; mm), índice de albúmen (IA), unidade Haugh (UH) e peso do ovo (PO)	75
Tabela 7 - Comparação de médias, pelo teste de Tukey a 5% de significância, das faixas de vibração e dos tempos de exposição para as respostas tomadas na avaliação da qualidade dos ovos fertilizados.....	78
Tabela 8 - Caracterização das faixas de vibração aplicadas como tratamentos nos dois ensaios	91
Tabela 9 - Quantificação dos ovos dos dois ensaios.....	95
Tabela 10 - Datas da recepção dos ovos, simulações, incubação, transferência e nascimento das aves para os dois ensaios	96
Tabela 11 - Médias e desvios-padrão obtidos para o número de aves nascidas vivas, ovos não eclodidos, ovos fertilizados não eclodidos e taxas de eclodibilidade (%) e mortalidade dos tratamentos do primeiro ensaio .	106
Tabela 12 - Razões de chance de eclosão e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para o tratamento controle (intercepto) e para os tratamentos da parte fatorial	108

Tabela 13 - Razões de chance de eclosão e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para a média geral (intercepto) e para o desdobramento dos efeitos de tratamentos.....	110
Tabela 14 - Médias obtidas para o número de aves nascidas vivas, ovos não eclodidos, ovos fertilizados não eclodidos e taxas de eclodibilidade (%) e mortalidade obtidos para o tratamento vibrado e para o controle, no segundo ensaio	110
Tabela 15 - Razões de chance para ocorrência da mortalidade intermediária e os respectivos intervalos de confiança obtidos para o tratamento controle (intercepto) e tratamentos da parte fatorial	114
Tabela 16 - Razões de chance para ocorrência da mortalidade tardia e os respectivos intervalos de confiança obtidos para o tratamento controle (intercepto) e tratamentos da parte fatorial	115
Tabela 17 - Totalidade de anomalias embrionárias observadas nos tratamentos dos dois ensaios.....	117
Tabela 18 - Resumo da análise de variância do primeiro ensaio: valores p calculados para cada causa de variação.....	120
Tabela 19 - Razões de chance para a classificação de um pinto como de primeira linha e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para o tratamento controle (intercepto) e tratamentos fatoriais	123
Tabela 20 - Razões de chance para a classificação de um pinto como de primeira linha e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para a média geral (intercepto) e para o desdobramento dos tratamentos	124
Tabela 21 - Contabilização dos problemas detectados e utilizados na classificação das aves em segunda linha	125
Tabela 22 - Razões de chance para o nascimento de uma ave com algum problema e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para o tratamento controle (intercepto) e tratamentos fatoriais.....	126
Tabela 23 - Razões de chance para o nascimento de uma ave com algum problema e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para a média geral (intercepto) e para o desdobramento dos tratamentos	127
Tabela 24 - Razões de chance para o total de perdas do incubatório e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para o tratamento controle (intercepto) e tratamentos fatoriais	130
Tabela 25 - Perdas econômicas do incubatório em função das perdas de ovos por trincas e quebras adicionadas das perdas dos tratamentos de vibração mais intensa.....	130

Tabela 26 - Razões de chance para o total de perdas do incubatório e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para a média geral (intercepto) e para o desdobramento dos tratamentos.....	131
---	-----

1 INTRODUÇÃO

Com o desempenho impulsionado principalmente pelo aumento do consumo e pela expansão nas exportações, a avicultura de corte se desenvolveu rapidamente, alcançando níveis elevados de produtividade. Todavia, este sistema não está isento de problemas, e o aumento nos custos de produção associado às constantes variações de demanda e preço é um entrave para o presente e o futuro da cadeia de frangos.

Em cenários como estes, todos os elos de produção, seja no pré, dentro ou pós-porteira, enfrentam o constante desafio de melhorar a rentabilidade de cada grama de carne produzida por meio da identificação de pontos críticos que possam resultar em perdas produtivas, que, a princípio, parecem de pequenas dimensões, porém, quando contabilizadas ao final do processo produtivo, afetam o dinamismo e a rentabilidade da cadeia avícola como um todo.

“Uma das preocupações mais urgentes da avicultura brasileira refere-se às perdas ao longo do processo produtivo. Em sentido contrário ao crescimento do setor no mercado interno e externo, os prejuízos anuais são expressivos, ultrapassando milhões de reais, incompatíveis com a competitividade da avicultura neste cenário” (SILVA; VIEIRA, 2010).

Por muito tempo, o foco da avicultura foi o desenvolvimento de linhagens genéticas com alta taxa de crescimento e produção, associadas a novas tecnologias na área de nutrição, manejo e sanidade. Tal fato deixou outras etapas do sistema de lado, formando lacunas de informação, principalmente no que diz respeito aos processos produtivos que antecedem e sucedem a criação das aves nas granjas. Deve-se ter em mente que os frangos abatidos no final da produção foram um dia pintos de corte, os quais eclodiram de ovos fertilizados produzidos nas granjas matrizeiras.

O ovo fertilizado é um produto da cadeia avícola de extrema importância, por ser o material de partida do incubatório e a primeira forma do frango de corte. Porém, assegurar a qualidade do ovo destinado à incubação de fato é um grande desafio, por se tratar de uma estrutura frágil e por existirem muitos fatores, intrínsecos às granjas matrizeiras e aos incubatórios, que podem comprometer a sua integridade.

Desde a sua postura até a incubação, o ovo fertilizado passa por diversos processos, um deles é o transporte da granja matrizeira ao incubatório, realizado sob diferentes condições, tempos e distâncias.

Quando transportados, os ovos são expostos a variações de temperatura, umidade relativa e concentração de gases. Além disso, a forma de carregamento, a disposição das caixas e bandejas, as condições das estradas e do caminhão, bem como o desempenho do motorista e os movimentos do veículo durante a viagem, são responsáveis por provocarem outro fator de extrema importância, porém ainda pouco estudado, as vibrações mecânicas.

As vibrações estão presentes no transporte dos mais diferentes tipos de cargas (animais e vegetais), em que já foram comprovados os efeitos negativos na qualidade do produto final. Especificamente na avicultura de corte, estes movimentos vêm sendo caracterizados no transporte pré-abate das aves e nos efeitos sobre o estresse dos animais e a qualidade da carne. Entretanto, ainda são escassas as informações sobre os efeitos deste agente no transporte de ovos fertilizados, talvez uma das cargas mais delicadas conduzidas pelas rodovias.

Os movimentos vibratórios chegam aos ovos fazendo com que estes percam sua estabilidade dentro das bandejas, resultando em quebras e trincas, um prejuízo direto para o incubatório. Todavia, acredita-se que as perdas resultantes das vibrações mecânicas possam ir muito além desses prejuízos visíveis, atingindo também as estruturas internas, responsáveis por dar suporte ao desenvolvimento embrionário das aves. Assim, levanta-se a hipótese desta pesquisa, de que as vibrações possam ser capazes de danificar as estruturas dos ovos e, conseqüentemente, refletir nos resultados da incubação, na qualidade das aves recém-nascidas e, principalmente, no somatório de perdas do pré-porteira.

1.1 Objetivos

Perante a problemática exposta e a linha de pesquisa desenvolvida por Camargo (2011), Vieira (2011), Nazareno et al., (2013a), Nazareno et al., (2013b) e Santos (2013), o objetivo deste trabalho foi estudar, por meio de simulações, os efeitos das vibrações mecânicas sobre os ovos fertilizados, na tentativa de estimar as perdas da indústria avícola provocadas por esse agente. Especificamente objetivou-se:

- avaliar a qualidade dos ovos fertilizados expostos a diferentes condições simuladas de vibrações mecânicas;
- estimar as perdas no nascimento e na qualidade dos pintos de corte, em função da exposição de ovos fertilizados a diferentes condições simuladas de vibrações mecânicas do transporte.

1.2 Descrição dos capítulos

Para atender os objetivos propostos, esta dissertação é apresentada em três capítulos. O primeiro se refere à revisão bibliográfica, no qual são abordados aspectos fundamentais para o embasamento da pesquisa, sendo estes referentes ao transporte, ao manejo de ovos fertilizados e às vibrações mecânicas.

O segundo capítulo, intitulado de “qualidade de ovos fertilizados expostos a diferentes condições simuladas de vibrações mecânicas”, além de contemplar os resultados obtidos para os ovos fertilizados em função do experimento realizado, apresenta o desenvolvimento e a validação de um agitador mecânico que foi utilizado na pesquisa para a aplicação dos tratamentos.

O último capítulo “perdas no nascimento e qualidade de pintos de corte em função da exposição de ovos fertilizados a diferentes condições simuladas de vibrações mecânicas” traz dois ensaios diferentes em que são aplicados tratamentos de vibração x tempo em ovos fertilizados, com o objetivo de avaliar as respostas do nascimento e a qualidade dos pintos de corte.

Referências

CAMARGO, R.C. **Ambiência pré-porteira: o tempo de espera no incubatório e sua influência sobre o desempenho inicial de frangos de corte**. 2011. 190 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

NAZARENO, A.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C.; CAMARGO, J.R.; MEDEIROS, S.R.R. Caracterização do microclima dos diferentes layouts de caixas no transporte de ovos fertilizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 327-332, 2013a.

NAZARENO, A.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, A.M.C.; VIEIRA, F.M.C.; MIRANDA, K.O.S. Níveis de vibração e choques em diferentes estradas durante o transporte de ovos férteis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 900-905, 2013b.

SANTOS, R.F.S. **Ambiência pré-porteira: avaliação do perfil térmico de caminhão de transporte de pintos de corte**. 2013. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C. Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: o caso da avicultura de corte brasileira. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 59, p. 113-131, 2010.

VIEIRA, F.M.C. **Transporte animal**: influência das condições bioclimáticas no desempenho produtivo e fisiológico de pintos de um dia. 2011. 87 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A importância e os pontos críticos do transporte na avicultura de corte

A avicultura de corte brasileira se desenvolveu e se modernizou rapidamente, alcançando níveis elevados de produtividade. Todo o dinamismo do setor e os constantes avanços tecnológicos alteraram a organização dessa cadeia ao longo dos anos, fortalecendo cada vez mais a produção de frangos em moldes industriais (CARVALHO et al., 2008). Com essa nova configuração, a indústria avícola se segmentou em diversos setores, os quais fornecem produtos e serviços, por meio de diferentes etapas interligadas (MANFROI et al., 2008; GALLON et al., 2009).

Dotados de funções específicas, os vários setores da cadeia avícola distribuem-se nas etapas do pré-porteira, dentro da porteira e pós-porteira. A formação e multiplicação do material genético, a produção e incubação de ovos fertilizados, e ainda, o nascimento e a distribuição dos pintos de um dia fazem parte do pré-porteira. No dentro da porteira está inserido o processo de criação dos frangos nas granjas, enquanto que o pós-porteira compreende o manejo pré-abate, o abate, a industrialização e a distribuição do produto final (CAMARGO, 2011; NAZARENO, 2012).

Fica claro que diferentes parceiros de produção estão envolvidos na cadeia de produção de frangos de corte e, mediante a predominância desse sistema, em que cada segmento exerce um papel específico na cadeia, Figueiredo et al. (2006), Ljungberg et al. (2007) e Yassin et al. (2008) sustentam que a otimização da produção irá depender de uma intensa comunicação entre os setores produtivos.

Como mediador deste processo de comunicação, tem-se a logística de cargas, que envolve o carregamento, o transporte e a distribuição dos insumos e dos produtos da avicultura (ARAÚJO et al., 2008; GALLON et al., 2009). Para Manfroi et al. (2008), o transporte propriamente dito adquire o papel de “catalisador”, uma vez que relaciona com precisão e objetividade todas as etapas da produção, até então individualizadas em suas funções.

Mitchell e Kettlewell (2009), Nielsen et al. (2011) e Schwartzkopf-Genswein et al. (2012), colocam o transporte como um componente essencial na cadeia de frangos de corte, responsável pelo carregamento de ovos fertilizados dos matrizeiros para os incubatórios, de pintos de um dia dos incubatórios para as granjas de

criação e de frangos adultos e aves de descarte para os abatedouros. Todavia, segundo Silva e Vieira (2010) e Vieira (2011), esse processo ainda recebe pouca atenção e muitos aspectos inerentes ao mesmo podem impor estresse sobre a carga, resultando em uma maior incidência de perdas produtivas, o que, conseqüentemente, compromete a eficiência da cadeia como um todo.

Mitchell e Kettlewell (1998) relatam que são múltiplos os fatores, isolados ou em combinação, que podem gerar efeitos negativos em uma carga transportada, seja esta ovos fertilizados, pintos de um dia ou aves adultas. Dentre estes fatores, destacam-se as variações de temperatura e umidade, o fluxo de ar e gases, a densidade da carga, bem como as condições das estradas, o desenho do caminhão e o desempenho do motorista, relacionados estes com as vibrações mecânicas (LJUNGBERG et al., 2007; MITCHELL; KETTLEWELL, 2009; SILVA; VIEIRA, 2010; NIELSEN et al., 2011; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN et al., 2012).

O transporte requer planejamento antecipado e estratégico, além da observação e caracterização do ambiente, de modo a identificar os principais agentes, suas faixas e limites aceitáveis, assim como as interações que ocorrem entre os mesmos (MITCHELL; KETTLEWELL, 1998). Neste processo, Mitchell e Kettlewell (2009) recomendam:

- caracterizar todo o processo de transporte e o ambiente;
- identificar os fatores de perdas e os seus índices apropriados;
- produzir modelos preditivos relacionando a resposta com o fator;
- determinar faixas aceitáveis e limites para tais fatores;
- examinar as interações entre os fatores de perdas;
- testar modelos de laboratório em condições de campo;
- planejar estratégias para amenizar ou prevenir os agentes negativos, de modo que estes estejam dentro das faixas e limites aceitáveis.

Trabalhos, como os de Abeyesinghe et al. (2001), Ljungberg et al. (2007), Mitchell e Kettlewell (2009), Silva e Vieira (2010) e Schwartzkopf-Genswein et al. (2012) discutem os problemas intrínsecos ao transporte pré-abate de frangos, em que são levantadas questões como o estresse e bem-estar das aves durante a viagem, incidência de perdas devido a altas taxas de mortalidade, lesões, fraturas e queda de qualidade na carne. Além dos trabalhos citados anteriormente, uma nova linha de pesquisa vem sendo desenvolvida nas etapas do pré-porteira, visando

determinar também as condições e os pontos críticos presentes no transporte de ovos fertilizados e de pintos de um dia, com destaque para os trabalhos de Vieira (2011), Nazareno et al. (2013a), Nazareno et al. (2013b) e Santos (2013).

Especificamente, Vieira (2011) e Santos (2013) trabalharam com o transporte de pintos de um dia, cujas pesquisas foram voltadas para a influência bioclimática deste processo sobre o desempenho produtivo e fisiológico das aves e para a avaliação do perfil térmico dos caminhões, respectivamente, enquanto a pesquisa de Nazareno et al (2013b), tomada como a principal referência deste trabalho, abordou, dentro das diversas operações do pré-porteira, o transporte de ovos fertilizados, em que caracterizou o perfil térmico e os níveis de vibração dos caminhões durante o carregamento.

2.2 O transporte de ovos fertilizados

São escassos os trabalhos encontrados na literatura que trazem informações concretas sobre o transporte de ovos fertilizados. Sabe-se que, após a postura, os ovos são coletados, armazenados e transportados aos incubatórios, estando sujeitos a uma diversidade de efeitos ambientais capazes de influenciar negativamente na viabilidade embrionária e nos resultados da incubação (DECUYPERE et al., 2001; TONA et al., 2005).

O transporte de ovos ocorre sob diferentes condições, a diferentes distâncias e tempos de viagens. Essas combinações influenciam na qualidade do produto final (ovo fértil) e são, sem dúvida, responsáveis pela ocorrência de perdas nesta etapa (NAZARENO et al., 2013b). Segundo Potter e Bassett (2001), as variações de temperatura e a incidência de choques são importantes no planejamento do transporte de ovos fertilizados, em que se deve considerar também o tempo de duração de exposição a estes fatores.

Salahi et al. (2012) discutem que os ovos estão sujeitos, sobretudo, ao efeito da temperatura do caminhão. Tais autores estudaram o estresse causado pelo frio (temperaturas abaixo de 5 °C) nas viagens das granjas aos incubatórios e, como resultados, verificaram menores taxas de eclosão e um menor comprimento das aves que nasceram dos ovos expostos às temperaturas mais baixas.

Recentemente, Nazareno et al. (2013a) caracterizou condições reais de transporte de ovos destinados à incubação. O mesmo observou que as condições

microclimáticas do caminhão estiveram acima do zero fisiológico (20 °C) em todos os carregamentos, o que é prejudicial para o desenvolvimento embrionário das aves, assim como o estresse pelo frio apontado por Salahi et al. (2012).

Além das variações microclimáticas, Nazareno et al. (2013b) discute que as vibrações e os impactos do caminhão também devem ser considerados neste processo. O mesmo coloca que as vibrações são capazes de trincar e quebrar os ovos, ou ainda, comprometer suas estruturas internas, cujas consequências serão refletidas nos resultados da incubação e na qualidade dos pintos de corte. Torma e Kovácsné (2012) complementam que a agitação dos ovos fertilizados durante o transporte deve ser mínima, visto que esses movimentos podem ter um efeito prejudicial na qualidade dos mesmos e no nascimento das aves.

Nazareno et al. (2013b) verificaram que as perdas pré-porteira nas operações de transporte de ovos ultrapassam 1%, sendo estas atribuídas aos ovos trincados e quebrados durante a viagem. Estes autores trabalharam com os níveis de vibração e choques dos caminhões durante o percurso, provando que as perdas durante o transporte também são influenciadas por danos mecânicos, consequentes da qualidade da viagem, da maneira como o veículo é conduzido e da natureza das estradas (terra ou asfalto), abrindo um novo campo de pesquisas.

2.3 Vibrações mecânicas

2.3.1 Definições

Qualquer movimento que se repita, regular ou irregularmente, após um intervalo de tempo é denominado de vibração ou oscilação (RAO, 2008). De acordo com Sotelo e França (2006) e Rao (2008), os movimentos vibratórios se manifestam na presença de esforços de natureza dinâmica, isto é, em que a intensidade e direção das forças mudam continuamente com o tempo, envolvendo a transferência alternada de energia potencial para energia cinética. De uma forma mais simplificada, as vibrações são produzidas por eventos externos, que atuam nos corpos apoiados sobre superfícies vibratórias. Tal situação é comumente visualizada em situações como o transporte de cargas e pessoas (GRIFFIN, 1990; WALBER; TAMAGNA, 2010).

Todos os corpos dotados de massa e elasticidade estão sujeitos às vibrações (GOMES, 2006). Segundo Bovenzi (2005), um corpo em vibração descreve um movimento oscilatório, envolvendo o seu deslocamento durante um determinado intervalo de tempo. Este deslocamento pode ser caracterizado por meio de uma aceleração instantânea e uma frequência. A frequência pode ser definida como o número de ciclos completos de oscilações que ocorrem por unidade de tempo, sendo medida em Hertz (Hz). A aceleração instantânea ($a_j(t)$), por sua vez, especifica a taxa de variação da velocidade em um instante de tempo "t", em um determinado eixo de direção "j". Os valores de aceleração são medidos em metros por segundo ao quadrado ($m.s^{-2}$) ou pela constante gravitacional (g), cuja unidade equivale a $9,81 m.s^{-2}$ (WALBER; TAMAGNA, 2010; BRASIL, 2013).

Segundo a International Organization for Standardization - ISO 2631 (1997), Sotelo e França (2006) e Walber e Tamagna (2010), a direção dos movimentos vibratórios varia continuamente em relação a um referencial, de modo que um ponto material exposto aos efeitos deste agente possa efetuar deslocamentos nos três eixos ortogonais: x (horizontal), y (vertical) e z (transversal). Para cada eixo do sistema de coordenadas (x, y e z), as forças que governam os movimentos oscilatórios possuem natureza e limites distintos. As atuações de tais forças, por exemplo, em um veículo de transporte, são descritas isoladamente por Franchini (2007) e Walber e Tamagna (2010):

- forças verticais: originárias dos movimentos normais da suspensão. Forças adicionais ocorrem quando o veículo transita em curvas; o corpo se desloca de baixo para cima;
- forças longitudinais: ocorrem normalmente na frenagem do veículo ou por desníveis da estrada; o corpo se desloca para frente e para trás;
- forças horizontais: quando a carroceria é submetida a curvas de velocidades médias a altas, ou são realizadas mudanças abruptas de marcha; o corpo se desloca lateralmente.

De acordo com Rao (2008), para caracterização e quantificação da vibração são utilizados diversos parâmetros como amplitude, deslocamento e valores de

aceleração. Todavia, as definições e unidades nem sempre são padronizadas entre os trabalhos publicados, o que gera dúvidas e a necessidade de se adotar um padrão fixo de medidas no estudo dos dados, baseados de preferência nas normativas já existentes como a International Organization for Standardization (ISO) de 1986 e de 1997, e a Norma de Higiene Ocupacional (NHO 09) de 2013 (BRASIL, 2013).

2.3.2 Medidas de vibração

Uma das finalidades de estudar as vibrações está na necessidade de reduzi-las por meio de projetos adequados de máquinas e meios de transportes (RAO, 2008). Além disso, pesquisas são desenvolvidas para determinação de limites de conforto e de exposição máxima, que, quando ultrapassados, podem oferecer riscos aos sistemas mecânicos ou biológicos (GRIFFIN, 1990; ISO, 1997).

A partir da análise dos seus componentes (aceleração, frequência e direção), é possível calcular o nível das vibrações, usado para estimar seus efeitos em corpos e sistemas (SANTOS FILHO et al., 2003). Rao (2008) ilustra na Figura 1 os aspectos básicos de um esquema de medição dos níveis de vibração, em que o movimento do corpo vibratório é convertido em um sinal elétrico por meio de um sensor, que pode ser um acelerômetro.

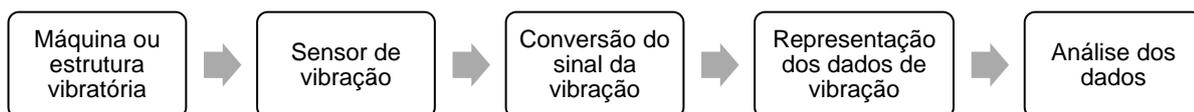


Figura - Esquema básico de medição de vibração. Adaptado de Rao (2008)

Os sinais de saída fornecem informações para análise dos dados, que pode ser realizada em função do tempo ou da frequência do registro. Quando realizada em função do tempo, a análise é feita em termos da raiz média quadrática dos valores de aceleração instantânea coletados pelo sensor, medida designada pelas normativas internacionais como “Root-mean-square”, “single-axis acceleration value (a_w)”, ou RMS dos sinais para os eixos x, y e z, estabelecendo valores da aceleração resultante para cada um deles (ISO 5349, 1986; ISO 2631-1, 1997; GRIFFIN, 1990; BOVENZI, 2005; LAURENTI, 2003; BRASIL, 2013).

De acordo com a International Organization for Standardization - ISO 2631 (1997), a RMS mostra o valor total da energia associada ao movimento vibratório, que pode ser quantificada de forma independente para cada eixo. Com os valores de RMS em x, y e z é possível obter uma medida da vibração resultante, a “root sum square”, “vibration total value (a_v)”, ou simplesmente RSS, cuja unidade no sistema internacional é o $m.s^{-2}$. A RSS é dada pela raiz quadrática da soma dos quadrados das acelerações do valor da RMS em x (a_{wx}), RMS em y (a_{wy}) e RMS em z (a_{wz}) (RANDALL, 1992; BRASIL, 2013).

Os valores de RMS e RSS são frequentemente utilizados por pesquisadores para a quantificação de faixas e dos efeitos da exposição às vibrações (GRIFFIN, 1990; RANDALL, 1992; RANDALL et al., 1993, 1997; GEBRESENBET et al., 2011, NAZARENO, et al. 2013b). Segundo a ISO 2631 (1997), tais métodos permitem quantificar a quantidade de energia que é transmitida ao corpo em vibração, além de serem rápidos e livres de problemas, uma vez que os valores de aceleração instantânea são medidos diretamente por sensores precisos.

Para a maior precisão na coleta de dados, os sensores de vibração devem ser posicionados na região onde o movimento é transmitido, ou seja, na interface entre o corpo e a fonte de vibração, ou o mais próximo possível (ISO 2631, 1997; RANDALL, 1992). De acordo com Turunen-Rise et al. (2003), a aceleração deve ser verificada sempre em todos os eixos, para que tanto em sistemas reais ou simulações, seja possível determinar o modo de atuação das vibrações e encontrar respostas importantes como a direção da vibração dominante no sistema.

2.3.3 Ensaios com simuladores de vibrações do transporte

As pesquisas desenvolvidas para avaliar os transportes de cargas foram realizadas, durante muito tempo, observando-se as condições reais de campo (GOMES, 2006), Vursavus e Ozgudem (2004) e Gomes (2006) complementam que este tipo de investigação, além de tornar o estudo mais trabalhoso e caro, implica no controle das demais variáveis do sistema, muitas das quais não são passíveis de isolamento, o que causa confusão.

Em muitos casos, agitadores mecânicos, também designados de mesas vibratórias, são utilizados para recriar os movimentos do transporte de forma controlada, nos níveis e nas frequências de interesse em simulações com peças,

peças, animais e alimentos (COLTRO et al., 2002; LAURENTI, 2003; BERARDINELLI et al., 2003a; VURSAVUS; OZGUVEM, 2004; GOMES, 2006; GARCIA et al., 2008; TORMA; KOVÁCSNÉ, 2012). Não existe um padrão para esses equipamentos e muitos são desenvolvidos perante os objetivos da pesquisa em questão e a disponibilidade de materiais.

Balbinot (2001) simulou vibrações senoidais com frequências controladas, visando determinar as condições de conforto de passageiros. A estrutura da mesa vibratória foi construída em cima de um sistema polia-motor, fixado a um eixo com disco excêntrico utilizado para gerar o movimento vertical senoidal. Em função do uso de polias de diferentes tamanhos (40 cm, 35 cm, 30 cm, e 25 cm), fixadas no eixo do motor da mesa vibratória, foram fornecidos os tratamentos estudados pelo autor (Figura 2a).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura - Modelos de agitadores mecânicos: (a) Balbinot (2001); (b) Berardinelli et al. (2003); (c) Gomes (2006); (d) mesa vibratória de Idah et al. (2012)

Berardinelli et al. (2003a) inferiram o efeito das vibrações do transporte sobre a qualidade de ovos comerciais utilizando um agitador eletrodinâmico com uma superfície de concreto alveolada (Figura 2b). Taggart et al. (1990) e Shannon et al. (1994) realizaram simulações com ovos fertilizados utilizando uma mesa MTS[®] (Multiaxial Simulation Table), desenvolvida especialmente para testes com vibrações mecânicas. Ainda, em simulações com ovos, Torma e Kovácsné (2012) determinaram se o seu dispositivo de teste, uma máquina vibradora para massagem (Crazy Fit Massage Machine[®] - CFM), sem qualquer adaptação, movida por um motor com capacidade de 1,5 de potência, seria capaz de replicar os impactos mecânicos presentes durante o transporte de ovos fertilizados reproduzindo os resultados obtidos em campo.

Garcia et al. (2008), assim como Torma e Kovácsné (2012), realizaram suas simulações com um agitador mecânico já existente para outra finalidade, no caso destes, um separador de solos, enquanto Gomes (2006) e Idah et al. (2012) realizaram suas pesquisas em mesas vibratórias específicas para excitar vibrações e avaliar os impactos deste agente sobre uvas e tomates, respectivamente (Figuras 2c e 2d).

Embalagens do tipo Stand-up Pouch para produtos líquidos e espécimes de batatas inglesas foram testadas em ensaios de vibrações utilizando uma mesa MTS[®], modelo 495.10 (Digital Vibration Controller) (COLTRO et al., 2002; LAURENTI, 2003). O mesmo equipamento, segundo LAURENTI (2003), é empregado em ensaios de produtos, em testes de controle de qualidade e em simulações de transporte, dispondo de vários sistemas de análise e geração de sinais.

Para Vursavus e Ozgüven (2004) e Brito (2011), a vantagem do uso dos agitadores mecânicos em condições simuladas está na capacidade de avaliar frequências e faixas específicas, o que não é possível em condições reais, bem como estudar profundamente os danos causados em diferentes tipos de cargas.

2.4 As vibrações mecânicas no transporte de diferentes tipos de cargas

As vibrações mecânicas têm sido abordadas em diferentes estudos conduzidos em sistemas de produção animal, vegetal e industrial, visando determinar os efeitos e as faixas capazes de comprometer a integridade de

embalagens, frutos, legumes e ovos, bem como o estado fisiológico e a qualidade da carne de animais (LUENGO et al., 1997; CARLISLE et al., 1998; ABEYESINGHE et al., 2001; COLTRO et al., 2002; BERARDINELLI et al., 2003a, 2003b; LAURENTI, 2003; VURSAVUS; OZGUVEM, 2004; GOMES, 2006; ZHOU et al., 2007; GEBRESENBET et al., 2011; NAZARENO et al., 2013a).

Em um trajeto, os movimentos vibratórios são sentidos em todo o veículo. Ranathunga et al. (2010), Walber e Tamagna (2010) e Brito (2011) explicam que as acelerações passam primeiramente pelos pneus e rodas, posteriormente pelo eixo de suspensão e chassi, até chegarem à carroceria onde são transmitidas para a carga, ocasionando diferentes respostas e consequências, que em sua maioria são indesejáveis.

A maior ou a menor intensidade de transmissão das vibrações mecânicas depende de fatores como: as condições das estradas, determinadas pela rugosidade, presença de buracos, ondulações ou curvaturas; condições do caminhão, ou seja, o número de eixos, calibragem e manutenção; e também, do desempenho do motorista durante a condução, dado que este é responsável pelas variações de velocidade, ultrapassagens, frenagens e acelerações (TURUNEN-RISE et al., 2003; VURSAVUS; ÖZGÜVEN, 2004; SOTELO; FRANÇA, 2006; GARCIA et al., 2008; GEBRESENBET et al., 2011; NAZARENO et al., 2013b).

Segundo Bovenzi (2005) e Gebresenbet et al. (2011), os corpos recebem as vibrações de formas diferentes, em função de suas características individuais, da estrutura em que estão apoiados, do tempo e do padrão de exposição (contínuos ou intermitentes). A intensidade destes movimentos varia também ao longo do veículo, onde os valores da aceleração são significativamente diferentes, por exemplo, entre a posição traseira e a frontal (ZHOU et al., 2007; NAZARENO et al., 2013b).

De acordo com a ISO 2631 (1997), a exposição ao efeito da vibração, causa uma complexa distribuição de movimentos e forças dentro dos corpos, que são responsáveis por originarem deformações e situações de instabilidade dinâmica. Em embalagens, as vibrações provocam falhas na estrutura e rupturas nas camadas de alumínio (COLTRO et al., 2002). Frutos e legumes também são facilmente afetados por este agente, devido à maior incidência de amassamento, cortes e rachaduras que comprometem a sua qualidade, aparência e vida útil (LUENGO et al., 1997; GOMES, 2006; ZHOU et al., 2007).

Nos seres vivos, as vibrações do transporte estão relacionadas a situações de dor, mal-estar e redução da eficiência dos sistemas biológicos (RAO, 2008). Segundo Griffin (1990) e Walber e Tamagna (2010), muitas pesquisas têm sido dirigidas às condições vividas por humanos, com o objetivo de estabelecer graus de conforto no transporte rodoviário e urbano que não comprometam a estabilidade postural, ou causem sintomas como a fadiga muscular, enjoos ou alteração da frequência respiratória (RANDALL, 1992).

Na produção animal, as vibrações mecânicas foram estudadas principalmente no transporte pré-abate de bovinos, suínos e aves. Acredita-se que a transmissão dos movimentos vibratórios para os animais possa criar condições desconfortáveis, sujeitando-os a quedas e lesões (RANDALL, 1992; GEBRESENBET et al., 2011), além de ser um fator comprovadamente estressante (ABEYESINGHE et al., 2001) e capaz de alterar parâmetros fisiológicos como níveis de glicogênio, o que compromete também a qualidade da carne (WARRIS et al., 1997).

Na avicultura, os efeitos das vibrações foram bastante abordados no transporte de frangos adultos para o abate (CARLISLE et al., 1998; RANDALL et al., 1993, 1997; WARRIS et al., 1997; ABEYESINGHE et al., 2001; GARCIA et al., 2008) e de forma menos intensa, no transporte de ovos comerciais (SEYDIM; DAWSON, 1999; BERARDINELLI et al., 2003a; 2003b) e de ovos fertilizados (TAGGART et al., 1990; SHANNON et al., 1994; TORMA; KOVÁCSNÉ, 2012; NAZARENO et al., 2013a; NAZARENO et al., 2013b).

2.5 Os efeitos das vibrações no transporte de ovos fertilizados

Potter e Bassett (2001) questionaram se as vibrações mecânicas associadas ao transporte reduziriam o sucesso de eclosão de aves ratitas, bem como se haveria um aumento de anomalias físicas ou defeitos no desenvolvimento das aves cujos ovos foram expostos às vibrações. Tais questões são semelhantes às hipóteses desta pesquisa e já vêm sendo exploradas há algum tempo em outros trabalhos. Todavia, ainda existe discordância entre os resultados obtidos, o que aumenta as dúvidas sobre o real efeito deste agente em ovos fertilizados.

Um dos primeiros estudos realizados com vibrações mecânicas e ovos foi o de Proudfoot (1969), que, já pensando nas condições de transporte, submeteu ovos a períodos diários de 15 minutos de vibração ($3600 \text{ mov.min}^{-1}$) antes de serem

incubados, associados a outros fatores como aposição em que o ovo era colocado na bandeja (câmara de ar para cima ou para baixo) e a diferentes tempos de armazenamento (1, 2 ou 3 semanas). Nessa pesquisa, a eclodibilidade não foi afetada pela vibração, mesmo assim, o autor sugeriu que os efeitos deste agente deveriam continuar sendo pesquisados.

Posteriormente vieram os trabalhos de Taggart et al. (1990) e Shannon et al. (1994) que submeteram ovos fertilizados às vibrações mecânicas durante a incubação, com o objetivo de inferir os resultados obtidos para os possíveis efeitos deste agente na gestação de humanos. Em um projeto piloto Taggart et al. (1990) avaliaram dois níveis de aceleração vertical (eixo y), $2,4 \text{ m.s}^{-2}$ (0,25 g) e $29,4 \text{ m.s}^{-2}$ (3 g), associados a diferentes frequências de exposição (1, 5 e 10 Hz). Os ovos foram vibrados por 15 minutos a cada 3 horas no 4º, 10º e 14º dia de incubação, e, como resposta, tais autores obtiveram uma redução na taxa de eclosão de até 68% dos ovos do tratamento mais forte (10 Hz a $29,4 \text{ m.s}^{-2}$), quando comparados a um grupo controle, cuja taxa foi de 84%. Para estes autores, estes efeitos são muito complexos e não pode ser elucidados em um único estudo.

Shannon et al. (1994) submeteram ovos fertilizados a exposição de vibrações mecânicas com frequências de 5 a 50 Hz e acelerações de $0,09$ a $4,93 \text{ m.s}^{-2}$ no eixo y (vertical). As simulações foram aplicadas de 20 a 24 horas após o início da incubação, por 15 minutos a cada quatro horas até o 17º dia de incubação, sempre na frequência e aceleração determinadas para o tratamento em questão. Entre as 30 combinações de frequências e acelerações testadas como tratamentos, verificou-se uma taxa de mortalidade geral de 31,9%, muito superior ao tratamento controle. Como conclusão, Shannon et al. (1994) colocam que a aceleração e a frequência de exposição às vibrações são fatores associados à menor taxa de eclosão de ovos fertilizados, de modo que a mortalidade é maior com o aumento destas grandezas.

Mais recentemente e com objetivos similares ao proposto nesta pesquisa, Torma e Kovácsné (2012) realizaram simulações de 10 minutos em três diferentes ensaios. O primeiro e o segundo receberam vibrações em um intervalo entre 10 e 30 Hz, enquanto que no terceiro, dois níveis foram aplicados separadamente (20 e 30 Hz), sempre a uma aceleração. O resultado mais evidente encontrado por estes autores foi a redução na eclodibilidade no terceiro ensaio, causada principalmente pelo aumento na mortalidade embrionária precoce, e a maior ocorrência de anomalias embrionárias no primeiro e terceiro ensaio.

Em suas conclusões, Taggart et al. (1990), Shannon et al. (1994) e Torma e Kovácsné (2012), expõem o efeito letal das vibrações, sejam essas aplicadas antes ou durante a incubação, sobre o desenvolvimento embrionário e a necessidade de se estudar mais a fundo tais resultados, associando-os às alterações que ocorrem na estrutura e composição do ovo.

De acordo com Nazareno et al. (2013b), as vibrações mecânicas influenciam de maneira direta nas perdas do pré-porteira. Para o mesmo, a exposição mais intensa a este agente é capaz de aumentar a incidência de ovos quebrados e trincados e ainda contribuir para menores índices de eclodibilidade. Taggart et al. (1990) acrescentam que os ovos submetidos às vibrações podem ter sua gema rompida, ou ainda, o comprometimento das estruturas primordiais do disco fecundado, inviabilizando qualquer forma de desenvolvimento. Além disso, acredita-se que as vibrações também estejam relacionadas com a maior incidência de anomalias embrionárias, como a má-formação de bicos, membros e olhos, que impedem o desenvolvimento normal da ave ou à levam a morte logo após o seu nascimento (SHANNON, 1994; TORMA; KOVÁCSNÉ, 2012).

Altuntaş e Şekeroğlu (2008) e Nedomová et al. (2010) afirmam que, dentro da cadeia produtiva, os ovos são a todo tempo expostos a impactos mecânicos que podem ocorrer, por exemplo, na coleta, embalagem e transporte. Nazareno et al. (2013b) caracterizaram condições reais de transporte de ovos fertilizados e encontraram altos níveis de vibração, tanto em estradas de asfalto como de terra. Os mesmos relacionaram tais resultados com a porcentagem de ovos trincados e quebrados que chegavam ao incubatório, cujos valores ultrapassaram 1% nas viagens em que foram detectados o maior número de choques e os níveis mais intensos de vibrações.

Vale citar também os ensaios conduzidos com ovos comerciais, como os trabalhos de Seydim e Dawson (1999) e de Berardinelli et al. (2003a; 2003b), que complementam importantes informações para esta pesquisa. Seydim e Dawson (1999) realizaram testes de vibrações de 15, 75 ou 180 minutos, usando um sistema computadorizado que variava os valores de frequência e aceleração, a fim de testar a eficiência de diferentes tipos de embalagens. Tais autores observaram que os ovos das caixas plásticas apresentaram uma maior porcentagem de quebra (16,28%) quando expostos a um maior tempo de simulação (180 minutos).

A fim de avaliar os efeitos das vibrações mecânicas em índices que caracterizam a qualidade interna de ovos de consumo, Berardinelli et al. (2003a; 2003b) mediram e caracterizaram carregamentos de ovos em tempo real, bem como simularam diferentes faixas de vibração em laboratório. Como respostas, além das perdas por quebras e trincas nos ovos, foi comprovada a danificação de estruturas internas do ovo com a redução da qualidade do albúmen, devido ao agitação provocado pelas vibrações em altas frequências. Segundo Berardinelli et al. (2003b), uma das consequências das vibrações é o envelhecimento de ovos frescos, os quais podem parecer cerca de dez dias mais velhos, em comparação a ovos que não foram expostos às vibrações.

Apesar das pesquisas realizadas até então, outras investigações são necessárias para explicar melhor os efeitos deste agente sobre a estrutura e integridade dos ovos fertilizados. No trabalho de Nazareno et al. (2013b), é possível observar a dimensão das perdas devido a ovos quebrados e trincados em estradas cujos níveis de vibração são mais altos, um apontamento de grande validade para a indústria avícola. Todavia, existem muitas outras respostas, como os próprios resultados da incubação, a qualidade dos pintos e até mesmo o futuro desempenho destas aves que eclodiram de ovos expostos às vibrações, que ainda não foram tão bem explorados.

2.6 Estrutura e qualidade do ovo fertilizado

O ovo fertilizado é um sistema fechado que contém internamente todo o material necessário para dar suporte físico e nutricional ao desenvolvimento embrionário da ave (DECUYPERE et al., 2001; NASCIMENTO; PIPPI SALLE, 2003; BOLELI, 2003; ULMER-FRANCO et al., 2010; KING´ORI, 2012). De acordo com Esen et al. (2010) e Khabisi et al. (2012), a integridade desta estrutura é um ponto chave para a obtenção de ótimos resultados da incubação e também de pintos de boa qualidade.

Os principais componentes de um ovo fertilizado são a sua casca, a gema e o albúmen. A casca tem por função proteger o conteúdo interno do ovo do ambiente externo, regular a troca de gases e água, fornecer cálcio para a embriogênese, prevenir a contaminação microbiana e a desidratação (BRAKE et al., 1997; KING´ORI, 2012; KHABISI et al., 2012).

A casca é uma cobertura calcária formada em quase sua totalidade (95-97%) por cristais de carbonato de cálcio, que a tornam rígida e ao mesmo tempo frágil, para evitar os danos causados pelo manejo e permitir que a ave a rompa no momento da eclosão (NASCIMENTO; PIPPI SALLE, 2003; ALTUNTAŞ; ŞEKEROĞLU, 2008; KING´ORI, 2012). A qualidade deste constituinte depende de sua espessura, número de poros, textura, limpeza, bem como a ausência de trincas e deformações (ULMER-FRANCO et al., 2010; KING´ORI, 2012).

Cerca de 1% do conteúdo total da gema é denominado de parte branca, na qual se encontra a blastoderma com o embrião. Todo o restante é a gema amarela, uma emulsão rica em proteínas, lipídeos e carboidratos, essenciais para o desenvolvimento da ave (BRAKE et al., 1997; NASCIMENTO; PIPPI SALLE, 2003; FASENKO, 2007; REIJRINK et al., 2008; KING´ORI, 2012). Karoui et al. (2006) afirmam que, para garantir a qualidade do ovo fértil, a gema deve ser arredondada e localizada em uma posição central do albúmen denso. A qualidade deste constituinte é determinada pelo índice de gema que mede o achatamento do mesmo em função da relação de sua altura pelo seu diâmetro (BERARDINELLI et al. 2003a; ESTRADA et al., 2010).

O albúmen é formado quase que exclusivamente por proteínas, possui apenas 1% de carboidratos, de 0,1 a 0,2% de gordura e é responsável por reter a maior parte de água do ovo (SPADA et al., 2012). Aproximadamente metade do albúmen, em um ovo recém-colocado, compreende a porção densa que fica interposta entre a porção líquida interna e a porção líquida externa (ADDA, 2003; NASCIMENTO; PIPPI SALLE, 2003; KEMPS et al., 2010; SPADA et al., 2012).

Brake et al. (1997) e Tanure et al. (2009) respaldam que o albúmen é responsável por proteger a gema e o embrião de agentes mecânicos e microbiológicos, além de dar suporte a alguns nutrientes necessários para o desenvolvimento e estar relacionado com o fluxo de água. A qualidade do albúmen está intimamente associada à liquefação de sua porção densa, que, segundo Scott e Silversides (2000), depende tanto dos fatores pré-postura (idade, linhagem e nutrição da matriz) como do tempo e das condições de armazenamento dos ovos.

De um modo geral, após a postura e à medida que o ovo envelhece, várias alterações bioquímicas, físicas e mecânicas ocorrem em seus constituintes. Estas alterações já são bem conhecidas e estão relacionadas principalmente com o aumento do volume da célula de ar, com a liquefação albúmen denso,

enfraquecimento da membrana vitelínica, e redução do índice de gema, que ocorrem devido à troca de gases (CO_2) do ovo com o ambiente, e devido à passagem da água do albúmen para a gema, através da membrana vitelínica que separa estas duas estruturas (LAPÃO et al., 1999; BERARDINELLI et al., 2008).

Brake et al. (1997) colocam que os fatores capazes de alterar os constituintes do ovo incluem, por exemplo, a temperatura e umidade do ar, bem como o ambiente gasoso, do armazenamento e transporte. Para avaliar as modificações dos ovos em função destes agentes, são adotados parâmetros diretos como os valores de pH, a perda de peso do ovo e medidas de tamanho, como o diâmetro e altura da gema e do albúmen. Além destas medidas diretas, existem índices de qualidade, como o caso da unidade Haugh e dos índices de albúmen e gema, que são comumente empregados (SCOTT; SILVERSIDES, 2000; ALLEONI; ANTUNES, 2001; BERARDINELLI et al., 2003a, 2008).

Os componentes do ovo fertilizado são um fator determinante no manejo pré-incubação, visto que a gema e o albúmen são passíveis de mudanças em função do ambiente (BRAKE et al., 1997). Assim, deve ser claro que todos os aspectos descritos anteriormente interagem com o ovo fertilizado e são de extrema importância para o sucesso da incubação e qualidade dessas aves (BRAKE et al., 1997; TONA et al., 2005). Assim, o ambiente e os fatores capazes de determinar as características da casca, da gema e do albúmen, devem ser cuidadosamente estudados e considerados no manejo do ovo fertilizado, antes e durante a incubação.

2.7O manejo do ovo fertilizado

O manejo do ovo fertilizado deve atender todos os requisitos necessários para garantir um adequado desenvolvimento embrionário (BOLELI, 2003; SALAHI et al., 2012). De um modo geral, a qualidade do ovo depende das características do albúmen e da gema que são facilmente influenciadas pelas variações de temperatura e umidade relativa, tempo de armazenamento, concentração de gases, manipulação física e de outros fatores ainda desconhecidos (FASENKO et al., 1992; GONZALES; CESARIO, 2003; TONA, 2003; TONA et al., 2004; SAMLI et al., 2005; KAROUI et al., 2006; KING'ORI, 2012).

Deve-se ter claro que o desenvolvimento embrionário ocorre basicamente em dois estágios: antes e após a postura (ROCHA et al., 2013). O embrião começa a se desenvolver no infundíbulo do trato reprodutor da galinha logo após a fertilização. Nesse momento ocorre uma intensa multiplicação e diferenciação celular (GONZALES, 2005; FIUZA et al., 2006; REIJRINK et al., 2008; ROCHA et al., 2013). Após a postura, o ovo, que estava mantido a uma temperatura de 40 a 41 °C no corpo da ave, sofre um resfriamento, cuja consequência é a paralisia do desenvolvimento que só será retomado sob condições adequadas de incubação, ou seja, quando submetido a temperatura de 37,5 °C, umidade relativa de 50 e 60% e viragem automática de uma em uma hora (TONA et al., 2005; DECUYPERE; BRUGGEMAN, 2007; FASENKO, 2007; ROCHA et al., 2013).

É importante apontar que sob condições adequadas de incubação, o desenvolvimento do embrião ocorrerá em aproximadamente 21 dias (504 horas). Este processo, segundo Gonzales e Cesário (2003) e Gonzales (2005) pode ser dividido em três etapas:

- i. entre o 1º e 4º dia de incubação (96 h): período em que ocorre a adaptação do embrião às condições de incubação e o reinício do desenvolvimento com intensa multiplicação celular e diferenciação das estruturas. Nesse período as células embrionárias são mais sensíveis ao ambiente, principalmente a temperatura;
- ii. entre o 5º e 18º dia (450 horas): o embrião se encontra em intenso crescimento embrionário, neste momento ocorrem movimentações que influenciam no correto posicionamento do embrião ao nascimento. A mortalidade embrionária é normalmente baixa nesse período;
- iii. entre o 19º e o 21º dia (últimas 50 horas): importantes eventos que condicionam o nascimento acontecem, como posicionar a cabeça, perfurar a membrana interna, respirar, perfurar a casca e romper a casca para nascer.

A importância do adequado manejo do ovo na incubação é indiscutível e já foi amplamente abordada em várias pesquisas. Todavia, entre a postura e a entrada dos ovos nas incubadoras, existe um intervalo que deve ser cuidadosamente

considerado. Inúmeros fatores, relacionados às granjas, ao transporte e ao armazenamento dos ovos são capazes de alterar a estrutura do ovo e, conseqüentemente, prejudicar o desenvolvimento do embrião (TONA et al., 2005; REIJRINK et al., 2008; TULLET, 2009; CAMARGO, 2011; NAZARENO, 2012). Segundo Brake et al. (1997), essas adversidades interagem com o ovo e comprometem seus componentes, cujos reflexos são posteriormente sentidos no nascimento das aves.

Os ovos fertilizados são produzidos nas granjas matrizeiras, coletados e transportados em caminhões climatizados para os incubatórios, conforme a demanda dos mesmos. Quando chegam ao seu destino final, são armazenados nas salas de ovos por um período relativamente curto (três a sete dias). Esse armazenamento é necessário do ponto de vista logístico, devido à distância entre a granja e o incubatório e a capacidade das máquinas incubadoras. Posteriormente, é feita a seleção, com o descarte dos ovos que apresentam uma baixa qualidade externa. Simultaneamente à seleção, os ovos são colocados em bandejas e dispostos em carrinhos, para a entrada nas incubadoras (ROSA; AVILA, 2000; FASENKO, 2007; NAZARENO, 2012).

A sequência dos processos descritos anteriormente compreende a fase pré-incubatória, a qual, de acordo com Reijrink et al. (2008), necessita de um manejo adequado, cujas condições são de extrema importância para a próxima etapa, ou seja, para a incubação.

O ambiente de incubação de frangos de corte precisa ser homogêneo e adequado de modo a não afetar a eclodibilidade e a qualidade do produto final. É importante que todos os ambientes, ou seja, a sala de armazenamento no matrizeiro, baú do caminhão e a sala de armazenamento no incubatório, tenham condições semelhantes para evitar mudanças bruscas na temperatura e umidade, que podem ocasionar na condensação (transpiração) dos ovos, ou resfriamento e/ou aquecimento dos mesmos. Recomendam-se assim, temperaturas inferiores ao zero fisiológico (20 °C), para que o desenvolvimento do embrião não seja retomado antes da incubação, enquanto a umidade relativa deve ficar entre 60 e 80% (FASENKO, 2007; NAZARENO et al., 2013a; ROCHA et al., 2013).

Além das variáveis climáticas não se deve esquecer que, no transporte, há também a influência das vibrações mecânicas, as quais segundo Torma e Kovácsné (2012) e Nazareno et al. (2013b), são capazes de comprometer a integridade do ovo

fertilizado, portanto, devem entrar como mais um aspecto a ser considerado no manejo deste produto avícola.

2.8 Resultados da incubação e qualidade do pinto de corte

O estudo dos fatores que influenciam a produção de pintos de corte é determinante na lucratividade dos incubatórios comerciais, dado que estas empresas ganham em cima do número de aves de boa qualidade que são produzidas diariamente (ULMER-FRANCO et al., 2010).

Rosa e Avila (2000) e Tullet (2009) mencionam que monitorar os resultados da incubação é de fundamental importância para avaliação dos possíveis fatores que estejam limitando este processo. Os indicadores mais utilizados, segundo Gonzales (2005), são a quantidade de pintos de primeira linha produzidos, a taxa de eclodibilidade e os resultados do embriodiagnóstico, isto é, a análise da taxa de mortalidade por fase (precoce, intermediária ou tardia) e da incidência de anomalias embrionárias, que são obtidas examinando-se os resíduos da incubação (quebra dos ovos que não eclodiram).

A taxa de eclodibilidade caracteriza o desempenho tanto da granja produtora de ovos quanto do incubatório. Valores de 96% para esta resposta refletem as boas práticas no manejo dos ovos fertilizados e na incubação. Para as taxas de mortalidade por fase, podem-se estabelecer valores padrões médios de 3, 1 e 5%, correspondentes à mortalidade inicial, intermediária e tardia, respectivamente, sendo que a variação destas respostas representa falhas em algum ponto do processo (ROSA; AVILA, 2000; ADDA, 2003).

Para Tona et al. (2005), os pintos de um dia representam o produto final da incubadora, e o material de partida para os produtores de frangos de corte, para os mesmos, o principal objetivo de um incubatório é uma grande quantidade de pintos nascidos de boa qualidade. Decuyper e Bruggeman (2007) colocam que a qualidade do pinto de um dia é o resultado de todos os eventos do desenvolvimento embrionário, sendo essa utilizada para classificação das aves em dois grupos, de primeira e de segunda linha, de modo que as aves de segunda linha são vendidas por um valor inferior ou descartadas, o que é um grande prejuízo para o incubatório (ULMER-FRANCO et al., 2010).

O julgamento da qualidade do pinto recém-eclodido é feito principalmente pelo seu peso corporal e pela avaliação da aparência da ave, associada ao seu nível de atividade (DECUYPERE et al., 2001; TONA et al., 2005). É aceito que um pinto de boa qualidade deve estar limpo, seco e macio ao toque, com olhos claros e brilhantes, livre de anomalias, com umbigo completamente selado e limpo, sem a projeção do saco vitelino ou membranas embrionárias. A ave não pode apresentar qualquer sinal de estresse, deve estar atenta e interessada no ambiente. Os dedos e o bico devem ser bem formados e a conformação de suas pernas correta, sem inchaços ou lesões, (DECUYPERE et al., 2001; TONA et al., 2003, 2005; DECUYPERE; BRUGGEMAN, 2007).

Segundo Tona et al. (2005) e Decuypere e Bruggeman (2007) vários fatores relacionados ao manejo pré-incubação e a incubação podem comprometer os resultados da incubação e a qualidade das aves recém eclodidas. Os mesmos enfatizam que as razões para estas perdas podem estar relacionadas a um procedimento incorreto, ou a uma falha em qualquer etapa do processo entre a postura e a eclosão dos ovos.

Referências

- ABEYESINGHE, S.M.; WATHES, C.M.; NICOL, C.J.; RANDALL, J.M. The aversion of broiler chickens to concurrent vibrational and thermal stressors. **Applied Animal Behaviour Science**, Athens, v. 73, p. 199-215, 2001.
- ADDA, T.B.L. Embriodiagnóstico. In: MACARI, M.; GONZALELS, E. **Manejo da incubação**. 2. ed. Jaboticabal: FACTA, 2003. p. 499-514.
- ALLEONI, A.C.C.; ANTUNES, A.J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 681-685, 2001.
- ALTUNTAŞ, E.; ŞEKEROĞLU, A. Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. **Journal of Food Engineering**, London, v. 85, p. 606-612,, 2008.
- ARAÚJO, G.C.; BUENO, M.P.; BUENO, V.P.; SPROESSER, R.S.; SOUZA, I.F. Cadeia produtiva da avicultura de corte: avaliação da apropriação de valor bruto nas transações econômicas dos agentes envolvidos. **Gestão & Regionalidade**, São Caetano do Sul, v. 24, n. 72, p. 6-16, 2008.
- BALBINOT, A. **Caracterização dos níveis de vibração em motoristas de ônibus: um enfoque no conforto e na saúde**. 2001. 311 p. Tese (Doutorado em

Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BERARDINELLI, A.; DONATI, V.; GIUNCHI, A.; GUARNIERI, A.; RAGNI, L. Effects of sinusoidal vibrations on quality indices of shell eggs. **Biosystems Engineering**, London, v. 86, n. 3, p. 347-353, 2003a.

_____. Effects of transport vibrations on quality indices of shell eggs. **Biosystems Engineering**, London, v. 86, n. 4, p. 495-502, 2003b.

BERARDINELLI, A.; RAGNI, L.; GIUNCHI, A.; GRADARI, P.; GUARNIERI, A. Physical-mechanical modifications of eggs for food-processing during storage. **Poultry Science**, Savoy, v. 87, p. 2117-2125, 2008.

BOLELI, I.C. Estresse, mortalidade e malformações embrionárias. In: MACARI, M.; GONZALELS, E. **Manejo da Incubação**. 2. ed. Jaboticabal: FACTA, 2003. p. 395-434.

BOVENZI, M. Health effects of mechanical vibration. **Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia**, Paiva, v. 27, n. 1, p. 58-64, 2005.

BRAKE, J.; WALSH, T.J.; BENTON JUNIOR, C.E.; PETITTE, J.N.; MEIJERHOF, R.; PENALVA, G. Egg handling and storage. **Poultry Science**, Savoy, v. 76, p. 144-151 p., 1997.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de higiene ocupacional NHO 09: avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro**. Brasília: FUNDACENTRO, p. 64, 2013.

BRITO, T.T.S. **Simulador multi-axial**. 2011. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2011.

CAMARGO, R.C. **Ambiência pré-porteira: o tempo de espera no incubatório e sua influência sobre o desempenho inicial de frangos de corte**. 2011. 190 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CARLISLE, A.J.; MITCHELL, M.A.; HUNTER, R.R.; DUGGAN, J.A.; RANDALL, J.M. Physiological responses of broiler chickens to the vibrations experienced during road transportation. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 39, n. 5, p. 48-49, 1998.

CARVALHO, F.M.; FIÚZA, M.A.; LOPES, M.A. Determinação de custos como ação de competitividade: estudo de um caso na avicultura de corte. **Ciência Agrotecnológica de Lavras**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 908-913, 2008.

COLTRO, L.; DANTAS, S.T.; JAIME, M.A.; VENÂNCIO, D.S. Avaliação do efeito do transporte no desempenho de embalagem tipo stand-up pouch para produtos líquidos. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 12, n. 2, p. 69-75, 2002.

DECUYPERE, E.; TONA, K.; BRUGGEMAN, F. The day-old chick: a crucial hinge between breeders and broilers. **World's Poultry Science Journal**, Amsterdam, v. 57, p. 127-138, 2001.

ESEN, F.; OZBEY, O.; GENÇ, F. The effect of age on egg production, hatchability and egg quality characteristics in pheasants (*Phasianus colchicus*). **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Faisalabad, v. 8, n. 8, p. 1237-1241, 2010.

ESTRADA, M.M.; GALEANO, L.F.; HERRERA, M.R.; RESTREPO, L.F. Effect of temperature and turning during storage on egg quality commercial. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, Medellín, v. 23, n. 2, p. 183-190, 2010.
FASENKO, G.M. Egg storage and the embryo. **Poultry Science**, Savoy, v.86, p. 1020-1024, 2007.

FASENKO, G.M.; ROBINSON, F.E.; HARDIN, R.T. Variability in pre-incubation embryonic development in domestic fowl: effects of duration of egg storage period. **Poultry Science**, Savoy, v. 71, p. 2129-2132, 1992.

FIGUEIREDO, A.M.; SANTOS, P.A.; SANTOLIN, R.; REIS, B.S. Integração na criação de frangos de corte na microrregião de Viçosa-MG: viabilidade econômica e análise de risco. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 713-730, 2006.

FRANCHINI, D. **Análise do nível de vibrações verticais no assento de um trator agrícola**. 2007. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GALLON, A.; GRUNOW, A.; BEUREN, I.M. Logística integrada de produção e industrialização de aves: o caso da Seara Alimentos S.A. **Associação Brasileira de Custos**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 37-47, 2009.

GARCIA, D.B.; SILVA, I.J.O.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, F.M.C.; DIAS, C.T.S. Evaluation of the effect of vibration in simulated condition of transport of broiler chickens. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 8., Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: CIRG, p. 6, 2008.

GEBRESENBET, G.; Van de WATER, G.; GEERS, R. Vibration levels and frequencies on vehicle and animals during transport. **Biosystems Engineering**, London, v. 110, p. 10-19, 2011.

GOMES, D. **Efeitos da vibração na qualidade da uva 'niagara rosada'**. 2006. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

GONZALES, E. Análise de problemas de eclodibilidade e fertilidade de plantéis avícolas por métodos de embriodiagnóstico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 15., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Zootec, p. 30, 2005.

GONZALES, E.; CESARIO, M.D. Desenvolvimento embrionário. In: MACARI, M., GONZALES, E. **Manejo da incubação**. 2. ed. Jaboticabal: FACTA, 2003. p. 395-434.

GRIFFIN, M.J. **Handbook of human vibration**. London: Academic Press, 1990. 350 p.

IDAH, P.A.; YISA, M.G.; CHUKWU, O; MORENIKEJI, O.O. Simulated transport damage study on fresh tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits. **Agricultural Engineering International**, Beijing, v. 14, n. 2, p. 119-126, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5349 – 1: Mechanical vibration. Guidelines for the measurement and assessment of human exposure to hand-transmitted vibration**. Geneva, p. 27, 1986.

_____. **ISO 2631-1: Mechanical vibration and shock – evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: general requirements**. Geneva, p. 31, 1997.

KAROUI, R.; KEMPS, B.; BAMELIS, F.; DE KETELAERE, B.; DECUYPERE, E.; BAERDEMAEKER, J.G. Methods to evaluate egg freshness in research and industry: a review. **European Food Research Technology**, São Paulo, v. 22, p. 727-732, 2006.

KEMPS, B.J.; BAMELIS, F.R.; MERTENS, K.; DECUYPERE, E.M.; BAERDEMAEKER, J.G.; KETELAERE, B. The assessment of viscosity measurements on the albumen of consumption eggs as an indicator for freshness. **Poultry Science**, Savoy, v. 89, p. 2699-2703, 2010.

KHABISI, M.M.; SALAHI, A.; MOUSAVI, S.N. The influence of egg shell crack types on hatchability and chick quality. **Turkey Journal Veterinary Animal Science**, Ankara, v. 36, n.,3, p. 289-295, 2012.

KING'ORI, A.M. Egg quality defects: types, causes and occurrence: a review. **Journal of Animal Production Advances**, Uromia, v. 2, n. 8, p. 350-357, 2012.

LAPÃO, C.; GAMA, L.T.; SOARES, M.C. Effects of broiler breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability. **Poultry Science**, Savoy, v. 78, p. 640-645, 1999.

LAURENTI, L. **Efeito de esforços vibracionais na estrutura do tecido vegetal**. 2003. 199 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

LJUNGBERG, D.; GEBRESENBET, G.; ARADOM, S. Logistics chain of animal transport and abattoir operations. **Biosystems Engineering**, London, v. 96, n. 2, p. 267-277, 2007.

LUENGO, R.F.A.; FURUYA, T.; SILVA, J.L.O. Embalagem ideal para o transporte do tomate santa clara. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 5, p. 517-520, 1997.

MANFROI, A.S.; CIMADON, J.E.; ROSA, L.C. A logística de transporte nas cadeias avícola e suinícola: uma análise para o município de Toledo (PR). **Informe Gepec**, Cascavel, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2008.

MITCHELL, M.A.; KETTLEWELL, P.J. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problems! **Poultry Science**, Savoy, v. 77, p. 1803-1814, 1998.

_____. Welfare of poultry during transport: a review. In: POULTRY WELFARE SYMPOSIUM, 8., 2009, Cervia. **Proceedings...** Amsterdam: Worlds Poultry Science Proceedings, 2009. p. 90-100.

NASCIMENTO, V.P.; PIPPI-SALLE, C.T. O ovo. In: MACARI, M.; GONZALES, E. **Manejo da incubação**. 2. ed. Jaboticabal: FACTA, 2003. p. 35-50.

NAZARENO, A.C. **Ambiência pré-porteira: avaliação das condições bioclimáticas e das operações pré-eclosão na qualidade de pintos de corte**. 2012. 208 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

NAZARENO, A.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C.; CAMARGO, J.R.; MEDEIROS, S.R.R. Caracterização do microclima dos diferentes layouts de caixas no transporte de ovos fertilizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 327-332, 2013a.

NAZARENO, A.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, A.M.C.; VIEIRA, F.M.C.; MIRANDA, K.O.S. Níveis de vibração e choques em diferentes estradas durante o transporte de ovos férteis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 900-905, 2013b.

NIELSEN, B.L.; DYBKAJR, L.; HERSKIN, M.S. Road transport of farm animals: effects of journey duration on animal welfare. **Animal**, Cambridge, v. 5, n.3, p. 415-427, 2011.

POTTER, M.A.; BASSETT, S.M. Effects of transportation-induced jarring on ratite embryo development and hatching success. **Conservation Advisory Science Notes**, Wellington, n. 341, p. 12, 2001.

PROUDFOOT, F.G. Effect of packing orientation, daily positional change and vibration on the hatchability of chicken eggs stored up to four weeks. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 49, p. 29-35, 1969.

RANATHUNGA, C.L.; JAYAWEERA, H.H.E.; SURAWEERA, S.K.K.; WATTAGE, S.C.; RUVINDA, K.K.D.L.; ARIYARATNE, T.R. Vibration effects in vehicular road

transportation. **Proceedings of the Technical Sessions**, Sri Lanka, v. 26, p. 9-16, 2010.

RANDALL, J.M. Human subjective response to lorry vibration: implications for farm animal transport. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 52, p. 295-307, 1992.

RANDALL, J.M.; STREADER, W.V.; MEEHAN, A.M. Vibration on poultry transporters. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 34, p. 635-642, 1993.

RANDALL, J.M., DUGGAN, J.A.; ALAMI, M.A.; WHITE, R.P. Frequency weightings for the aversion of broiler chickens to horizontal and vertical vibration. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 68, p. 387-397, 1997.

RAO, S.S. **Vibrações mecânicas**. 4. ed. Tradução de A. Simille. São Paulo: Pearson Education - Br, 2008. 424 p.

REIJRINK, I.A.M.; MEIJERHOF, R.; KEMP, B.; Van BRAND, H. The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation, **World's Poultry Science Journal**, Amsterdam, v. 64, p. 581-598, 2008.

ROCHA, J.S.R.; BAIÃO, N.C.; BARBOSA, V.M.; POMPEU, M.A.; FERNANDES, M.N.S.; LARA, L.J.C.; MATIAS, C.F.Q. ; BATISTA , J.V.M.S.P. Negative effects of fertile egg storage on the egg and the embryo and suggested hatchery management to minimize such problems. **World's Poultry Science Journal**, Amsterdam, v. 69, p. 79-89, 2013.

ROSA, P.S.; AVILA, V.S. **Variáveis relacionadas ao rendimento da incubação de ovos em matrizes de frangos de corte**. Brasília: EMBRAPA, 2002. 3 p. (Comunicado Técnico, 246).

SALAH, A.; KHABISI, M.M.; PAKDEL, A.; BAGHBANZADEH, A. Effects of cold stress during transportation on hatchability and chick quality of broiler breeder eggs. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, Ankara, v. 36, n. 2, p. 159-167, 2012.

SAMLI, H.E.; AGMA, A.; SENKOYLU, N. Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**, London, v. 14, p. 548-553, 2005.

SANTOS FILHO, P.F.; FERNANDES, H.C.; QUEIROZ, D.M.; SOUZA, A.P.; CAMILO, A.J. Avaliação dos níveis de vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dados. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 887-895, 2003.

SANTOS, R.F.S. **Ambiência pré-porteira: avaliação do perfil térmico de caminhão de transporte de pintos de corte**. 2013. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K.S.; FAUCITANO, L.S.; DADGAR, P.; SHAND, L.A.; GONZÁLEZ, T.G.C. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review. **Meat Science**, London, v. 92, p. 227-243, 2012.

SCOTT, T.A.; SILVERSIDES, F.G. The effect of storage and strain of hen on egg quality. **Poultry Science**, Savoy, v. 79, p. 1725-1729, 2000.

SEYDIM, A.C.; DAWSON, P.L. Packaging effects on shell egg breakage rates during simulated transportation. **Poultry Science**, Savoy, v. 78, p. 148-151, 1999.

SHANNON, S.G.; MORAN, A.W.; MASON, K.T. Effect of vibration frequency and amplitude on developing chicken embryos. **UAAARL Report**, Fort Rucker, v. 95, n. 1, 39 p., 1994.

SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C. Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: o caso da avicultura de corte brasileira. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 59, p. 113-131, 2010.

SOTELO, J.J.; FRANÇA, L.N.F. **Introdução às vibrações mecânicas**. São Paulo: Edgar Blucher, 2006. 168 p.

SPADA, F.P.; GUTIERREZ, E.M.R.; SOUZA, M.C.; BRAZACA, S.G.C.; LEMES, D.E.A.; FISCHER, F.S.; COELHO, A.A.D.; SAVINO, V.J.M. Viscosity of egg white from hens of different strains fed with commercial and natural additives. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 47-51, 2012.

TAGGART, L.C.; ALEM N.M.; FREAR, H.M. Effect of vibration frequency and acceleration magnitude of chicken embryos on viability and development - phase I. **USAARL**, Fort Rucker, v. 91, 23 p., 1990.

TANURE, C.B.G.S.; CAFÉ, M.B.; LEANDRO, N.S.M.; BAIÃO, N.C.; STRINGHINI, J.H. GOMES, N.A. Efeitos da idade da matriz leve e do período de armazenamento de ovos incubáveis no rendimento de incubação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 6, p. 1391-1396, 2009.

TONA, K.; ONAGBESAN, O.; KETELAERE, B.; DECUYPERE, E.; BRUGGEMAN, V. 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. **Journal Applied Poultry Research**, London, v. 13, p. 10-18, 2004.

TONA, K.; BRUGGEMANA, V.; ONAGBESANA, O.; BAMELISA, F.; GBEASSORB, M.; MERTENS, A.K.; DECUYPERE, E. Day-old chick quality: relationship to hatching egg quality, adequate incubation practice and prediction of broiler performance. **Avian and Poultry Biology Reviews**, London, v.16, n. 2, p. 109-119, 2005.

TONA, K.; BAMBELIS, F.; KETELAERE, B.; BRUGGERMAN, V.; MORAES, V.M.B; BUYSE, J.; ONAGBESAN, O.; DECUYPERE, E. Effects of egg storage time on

spread of hatch, chick quality and chick juvenile growth. **Poultry Science**, Savoy, v. 82, p. 736-741, 2003.

TORMA, T.; KOVÁCSNÉ, K.G. Effects of mechanical impacts on hatchability of broiler breeders. In: CONFERENCE MENDELNET, 2012, 19, Kamýcká.

Proceedings...Zemědělská: MendelNet, 2012. p. 359-367.

TULLET, S. **Investigating hatchery practice**. Midlothian: Ross Technology, 2009. 48 p.

TURUNEN-RISE, I.H.; BREKKE, A., HARVIK, L.; MADSHUS, C.; KLÆBOE, C. Vibration in dwellings from road and rail traffic - part I: a new Norwegian measurement standard and classification system. **Applied Acoustics**, London, v. 64, p. 71-87, 2003.

ULMER-FRANCO, A.M.; FASENKO, G.M.; O'DEA CHRISTOPHER, E.E. Hatching egg characteristics, chick quality, and broiler performance at 2 breeder flock ages and from 3 egg weights. **Poultry Science**, Savoy, v. 89, p. 735-742, 2010.

VIEIRA, F.M.C. **Transporte animal: influência das condições bioclimáticas no desempenho produtivo e fisiológico de pintos de um dia**. 2011. 87 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

VURSAVUS, K.; OZGUVEM, F.Z.G. Determining the effects of vibration parameters and packaging method on mechanical damage in golden delicious apples. **Turkish Journal of Agriculture & Forestry**, Ancara, v. 28, p. 311-320, 2004.

WALBER, M.; TAMAGNA, A. Avaliação dos níveis de vibração existentes em passageiros de ônibus rodoviários intermunicipais, análise e modificação projetual. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 11, n. 15, p. 18-32, 2010.

YASSIN, H.; VELTHUIS, A.G.J.; BOERJAN, M.; RIEL, J.; HUIRNE, R.B.M. Field study on broiler eggs hatchability. **Poultry Science**, Savoy, v. 87, p. 2408-2417, 2008.

ZHOU, R.; SU, S.; YAN, L.; LI, Y. Effect of transport vibration levels on mechanical damage and physiological responses of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia Nakai*, cv. *Huanghua*). **Postharvest Biology and Technology**, London, v. 46, p. 20-28, 2007.

3 QUALIDADE DE OVOS FERTILIZADOS EXPOSTOS A DIFERENTES CONDIÇÕES SIMULADAS DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS

Resumo

O transporte de ovos fertilizados é um ponto de extrema importância na cadeia avícola de frangos de corte. Todavia, diversos agentes inerentes a este processo, como o caso das vibrações mecânicas, podem comprometer a integridade desta carga relativamente frágil. Perante a problemática exposta, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de ovos fertilizados expostos a diferentes condições simuladas de vibrações mecânicas. Para as simulações foi desenvolvido um agitador mecânico capaz de reproduzir os tratamentos da pesquisa, compostos por duas faixas de vibração, uma inferior (aceleração instantânea até 5 m.s^{-2}) e uma superior (aceleração instantânea acima de 10 m.s^{-2}) aplicadas em dois tempos de exposição, um mínimo (60 minutos) e um máximo (180 minutos), que formaram os tratamentos T1, T2, T3 e T4. O ensaio foi conduzido em um delineamento aleatorizado em quatro blocos completos, que representaram as repetições do fatorial $2 \times 2 + 1$, com um tratamento adicional (controle). Foram utilizados ao todo 2016 ovos fertilizados de um mesmo lote de matrizes da linhagem Cobb-500 em pico de produção (32 – 35 semanas). Destes ovos, 1920 foram expostos às vibrações, dentro dos quatro tratamentos fatoriais (480 ovos por tratamento), enquanto que os 96 restantes fizeram parte do controle. Dos ovos vibrados, 96 por tratamento foram amostrados para a tomada das respostas de interesse. Avaliaram-se o diâmetro e a altura da gema (DG e AG; mm), o diâmetro e a altura do albúmen (DA e AA; mm), os índices de gema e albúmen (IG e IA) e a unidade Haugh (UH), além da perda de peso das bandejas durante as simulações (PP; g) e o peso dos ovos (PO; g). A significância dos efeitos dos tratamentos foi verificada com o auxílio do teste F da análise de variância ($p < 0,05$). A média dos tratamentos da parte fatorial foi comparada a do controle por meio do teste T, enquanto que o teste de Tukey foi utilizado nas comparações múltiplas relativas à parte fatorial do experimento, ambos a um nível de significância de 5%. Como respostas, verificou-se que os ovos expostos às vibrações apresentaram piores parâmetros de qualidade como a redução significativa de 7,85% da unidade Haugh em relação ao tratamento controle, além de alterações significativas nas respostas DA, AA e IA, que assim como a UH, comprovam a maior liquefação do albúmen. Não foi verificada interação entre os fatores estudados. Independentemente, a faixa de vibração superior e o maior tempo de exposição promoveram piores resultados nas respostas AA, DA, IA e UH, provando que a intensidade e o tempo de vibração também são influentes na qualidade do ovo fertilizado. O maior tempo de exposição aumentou significativamente a perda de peso das bandejas (PP), porém na prática essa perda foi pequena. As respostas tomadas na gema (DG, AG) e o peso dos ovos (PO) não foram influenciados pelos tratamentos avaliados. É possível concluir que as vibrações mecânicas, assim como outros fatores, também podem comprometer a qualidade dos ovos fertilizados, sobretudo do albúmen.

Palavras-chave: Transporte de ovos fertilizados; Acelerômetro; Albúmen; Unidade Haugh

Abstract

The fertile egg transport is a crucial issue in the Brazilian broiler aviculture chain. Therefore, many agents intrinsically connected to this process such as the mechanical vibrations, can jeopardize the integrity of this fragile load. Given to this threatening problem the aim of this research was to assess the quality of fertile eggs exposed to different simulated conditions of mechanical vibrations. A mechanical agitator was developed to reproduce the treatments of this study, which were formed by 2 vibration levels. An inferior (instantaneous acceleration, up to 5 m/s²) and a superior (instantaneous acceleration above 10 m/s²), in which they were applied in 2 exposition times, a minimum (60 minutes) and a maximum (180 minutes), making the treatments T1, T2, T3, T4. The assay was conducted in a random modeling in 4 complete blocks that represented the factorial repetitions 2 x 2 +1, with an additional treatment (control). In the total, 2016 eggs from the same batch of matrixes (Cobb-500), in the peak egg reproduction (32-35 weeks), were used. From these eggs, 1920 were exposed to the 4 factorial treatment vibrations (480 eggs per treatment), meanwhile, the remaining 96 were used as control treatment. Among the vibrated eggs, 96 per treatment were sampled in order to be analyzed. In addition, some factors were verified: the diameter and the egg yolk height (EYD and EYH), the diameter and the height of the albumen (AD and AH; mm), the egg yolk and albumen index (EYI and AI), the Haugh unity (HU), the weight loss of the trays during simulations (WL; g), and the egg weight (EW; g). The meaning of the treatment effects was verified using a test called F-test in the analysis of variance ($p < 0.05$). The average of the factorial treatments was compared to the control using the T-test; meanwhile, the Tukey test was used in the multiple relative comparisons to the factorial part of the treatment, in which both of them were submitted to the level of significance of 5%. It was verified that the eggs exposed to vibrations presented the worst parameters of quality with a meaningful reduction in the Haugh unity of 7.85% in relation to the control treatment. Besides that, they showed meaningful alterations in AD, AH, AI answers, indicating and proving a huge liquefaction of albumen as it was found in HU answer. Independently, the superior vibration level and the longest exposition time caused the worst results in AH, AD, AI, and HU, proving that the intensity as well as the vibration time influence in the quality of fertile eggs. The weight loss of the trays (WL) was increased drastically due to the longest exposition time. However, in practical terms, this loss was small. The answers found in the egg yolk (EYD, EYH, EYI) and the egg weight (EW) were not influenced by the assessed treatments. Hence, it is possible to conclude that mechanical vibrations as well as other factors can jeopardize not only the quality of fertile eggs, but also the albumen.

Keywords: Fertile egg transport; Accelerometer; Albumen; Haugh unity

3.1 Introdução

O transporte de ovos fertilizados é um ponto chave na comunicação das granjas matrizeiras com os incubatórios, nos atuais sistemas de integração avícola. Todavia, durante este processo, os ovos são expostos a uma gama de fatores que

podem comprometer a sua integridade e, conseqüentemente, o próximo passo da cadeia produtiva de frangos de corte, a incubação.

Mesmo com toda a sua relevância, ainda são escassas as pesquisas que abordam as conseqüências do transporte sobre a qualidade dos ovos fertilizados. Recentemente, Salahi et al. (2012) e Nazareno et al. (2013a) trabalham com o efeito das baixas temperaturas e com a caracterização do microclima do caminhão durante a viagem, respectivamente. Tais autores apontaram importantes aspectos e falhas, do ponto de vista térmico, que precisam ser reavaliados e considerados no manejo.

Além das variáveis climáticas, há também outro fator de extrema importância presente no transporte, determinado pelos movimentos que são sentidos e transmitidos pelo veículo, ou seja, as vibrações mecânicas (ZHOU et al., 2007; RANATHUNGA et al., 2010; GEBRESENBET et al., 2011). De acordo com Griffin (1990) e Santos Filho et al. (2003), as vibrações consistem em uma mistura de ondas, caracterizadas por diferentes acelerações, frequências e direções nos eixos x, y e z. Segundo Ranathunga et al. (2010) e Walber e Tamagna (2010), as vibrações ocasionam conseqüências normalmente indesejáveis para as cargas.

São praticamente inexistentes os sistemas que resultem em nenhum dano a uma carga delicada durante o transporte (RANATHUNGA et al., 2010). Porém, as vibrações mecânicas foram abordadas em poucas pesquisas com ovos fertilizados (TAGGART et al., 1990; SHANNON et al., 1994; TORMA; KOVÁCSNÉ, 2012; NAZARENO et al., 2013b) e em outras com ovos de consumo (SEYDIM; DAWSON, 1999; BERARDINELLI et al., 2003a, 2003b).

Torma e Kovácsné (2012) comentam que a principal preocupação com as vibrações no transporte de ovos para incubação está relacionada com a integridade da casca. Os mesmos autores complementam que os impactos e a agitação do veículo devem ser mínimos, de modo que não ocorram perdas de ovos fertilizados que possuem um maior valor que os ovos de consumo. De acordo com Nazareno et al. (2013b), as vibrações atuam nas caixas de ovos fazendo com que esses se agitem dentro das bandejas de plástico, o que resulta em trincas e quebras. Em condições reais de transporte, Nazareno et al. (2013b) encontraram perdas superiores a 1%, nos carregamentos em que os impactos vibracionais foram mais intensos, devido às condições das estradas.

Berardinelli et al. (2003a, 2003b) discutem que, além das quebras e trincas, as vibrações também são capazes de comprometer a integridade dos constituintes

internos do ovo (gema e albúmen). Os mesmos verificaram reduções significativas de até 45% nos valores da unidade Haugh, de ovos expostos a simulações de vibrações mecânicas, quando comparados ao controle. Para estes autores, a queda na qualidade, em função do agitação da gema e do albúmen, foi tão grave a ponto de os ovos vibrados apresentarem uma aparência de 10 dias mais velhos.

Torma e Kovácsné (2012) defendem que o principal problema das vibrações sobre os ovos fertilizados está relacionado com o comprometimento da incubação. Taggart et al. (1990) e Nazareno et al. (2013b) complementam que o agitação do albúmen e da gema, promovido pelos movimentos vibratórios, pode estar relacionado com a mortalidade e com a má formação embrionária.

Apesar da preocupação principal com os resultados da incubação e produção dos pintos de corte, antes de inferir os efeitos das vibrações sobre tais respostas, é importante entender o que ocorre com os constituintes dos ovos expostos às vibrações. Sabe-se que as vibrações resultam em maiores incidências de quebras e trincas durante o transporte, o que representa uma perda direta para o incubatório. Mas seriam apenas essas consequências? Para responder a esta questão e complementar os resultados já apontados, este trabalho teve por objetivo verificar se a exposição às vibrações mecânicas, avaliadas sob diferentes condições simuladas, pode comprometer a qualidade dos ovos fertilizados antes da incubação.

3.2 Material e métodos

Diferentes condições de exposição às vibrações, que determinaram os tratamentos desta pesquisa, foram simuladas por meio de um agitador mecânico desenvolvido para este fim. O desenvolvimento do trabalho ocorreu em um incubatório comercial do Grupo Flamboiã Alimentos, localizado no município de Mogi Mirim, em São Paulo, durante quatro semanas consecutivas entre os meses de junho e julho de 2013.

3.2.1 Delineamento experimental e tratamentos

Adotou-se o delineamento aleatorizado em blocos, sendo ao todo quatro blocos completos, constituindo quatro repetições de um fatorial 2 x 2 mais um tratamento adicional (controle). Os fatores que formaram os tratamentos da pesquisa

foram as faixas de vibração (inferior e superior) e os tempos de exposição à vibração (mínimo e máximo).

As faixas de vibração foram simuladas pelo agitador mecânico. A faixa inferior compreendeu acelerações que variaram em magnitudes de zero a 5 m.s^{-2} , dentro dos limites de conforto estabelecidos por Griffin (1990) e Randall (1992), enquanto a faixa superior foi determinada por valores de aceleração superiores a 10 m.s^{-2} , o máximo atingido pelo agitador na tentativa de simular os valores encontrados por Nazareno et al. (2013b) em condições de transporte de ovos fertilizados no Brasil.

Combinados aos níveis de vibração foram avaliados dois tempos de exposição, um tempo mínimo de 60 minutos e um tempo máximo de 180 minutos. Esses tempos simularam condições realísticas de transporte de ovos fertilizados, visto que, as granjas de criação não costumam ser mais que 300 km distantes dos incubatórios. As combinações das faixas de vibração e dos tempos de exposição formaram os tratamentos fatoriais T1, T2, T3 e T4, enquanto o tratamento controle caracterizou o material experimental não exposto aos efeitos das vibrações mecânicas. O detalhamento dos tratamentos aplicados na pesquisa pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela - Descrição dos tratamentos da parte fatorial, obtidos pela combinação das faixas de vibração e dos tempos de exposição, e do tratamento controle

Tratamento	Faixa de vibração (a_j)	Tempo de exposição
Fatorial T1	Inferior (0 a até 5 m.s^{-2})	60 minutos
Fatorial T2	Inferior (0 a até 5 m.s^{-2})	180 minutos
Fatorial T3	Superior (acima de 10 m.s^{-2})	60 minutos
Fatorial T4	Superior (acima de 10 m.s^{-2})	180 minutos
Controle C	Sem exposição	Sem exposição

3.2.2 Material experimental: recepção e preparo

Foram utilizados ao todo 2016 ovos fertilizados de um mesmo lote de matrizes da linhagem Cobb-500, provenientes de uma granja de Amparo, São Paulo, localizada aproximadamente a 50 quilômetros do incubatório de Mogi Mirim. O transporte dos ovos da granja ao incubatório foi inevitável, porém, dentro de cada

bloco, os ovos foram provenientes de um único carregamento, sendo que entre as repetições, o caminhão, o motorista e o percurso também foram os mesmos. Os procedimentos de carregamento e descarregamento, bem como as viagens, foram realizados perante a rotina da empresa.

O experimento foi realizado em quatro semanas seguidas, que representaram os quatro blocos. Esse arranjo foi adotado porque as repetições tinham que ser rodadas uma por vez, em função da disponibilidade de um único agitador. A idade das matrizes variou de 32 semanas no início do experimento, até 35 semanas na execução da última repetição. Essa faixa foi escolhida por caracterizar um período de boa produtiva e ovos de boa qualidade (TONA et al., 2004).

Os procedimentos experimentais, desde a recepção e a seleção dos ovos fertilizados, até a aplicação dos tratamentos, ocorreram na sala de ovos do incubatório (Figura 3a), climatizada por aparelhos de ar condicionado, os quais eram acionados dentro de um procedimento padrão da empresa quando a temperatura ambiente estivesse acima de 20 °C.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura - Recepção e preparo do material experimental: (a) sala de ovos; (b) recepção de um carregamento; (c) seleção dos ovos e formação das bandejas para o sorteio dos tratamentos; (d) uma bandeja de um tratamento com os ovos amostrados identificados

Na recepção quatro caixas de ovos foram escolhidas ao acaso. As bandejas dessas caixas foram retiradas e misturadas em cima de uma bancada (Figura 3c). Os ovos foram retirados de suas bandejas originais e transferidos para as bandejas a serem utilizadas nas simulações, colocando-os com a região da câmara de ar para cima (ADDA, 2003). Simultaneamente à formação das novas bandejas, foi feito o descarte dos ovos trincados, quebrados, sujos, muito pequenos ou grandes, ou com qualquer outro defeito de casca aparente.

Para cada bloco, foram formadas 16 bandejas plásticas de 30 x 30 cm, todas preenchidas com 30 ovos. Tais bandejas foram agrupadas em grupos de quatro, de modo a formar as parcelas que seriam expostas às simulações de vibrações mecânicas. Os tratamentos T1, T2, T3, T4 foram atribuídos às parcelas de maneira aleatória, ou seja, por meio de sorteio. Cada parcela foi composta por 120 ovos fertilizados, o que resultou em 480 ovos por tratamento e, conseqüentemente, 1920 ovos vibrados.

Além dos ovos submetidos às vibrações mecânicas, foram utilizados ovos não vibrados que representaram o tratamento controle. As bandejas dos ovos do controle foram retiradas das mesmas caixas das quais saíram os ovos expostos às vibrações, dentro de cada bloco (repetição). Os ovos do controle foram apenas separados para a tomada das variáveis respostas, visto que estes não foram submetidos aos tratamentos de vibração.

3.2.3 Agitador mecânico

A aplicação dos tratamentos de vibração foi feita por um agitador mecânico, similar aos simuladores utilizados nas pesquisas de Coltro et al. (2002), Laurenti (2003), Berardinelli et al. (2003b), Gomes (2006), Garcia et al. (2008) e Torma e Kovácsné (2012). Esse agitador foi desenvolvido para produzir movimentos periódicos nos três eixos ortogonais (x, y e z) e considerando as duas faixas de vibração de interesse desta pesquisa. O mesmo funciona com um motor de rotação excêntrica de baixa potência, com uma frequência 1.250 rotações por minuto, adaptado de uma máquina massagedora. O motor da máquina é fixado inferiormente em uma base de madeira (38 x 38 cm), o seu eixo se estende ao longo das laterais, e em suas extremidades são acopladas polias de couro. Nas polias são presos conjuntos de elásticos tensores, responsáveis por transmitir, com menor

ou maior intensidade, os movimentos rotacionais do motor a uma plataforma de apoio (40 x 40 cm), sobre a qual o material experimental deve ser colocado.

Um sistema de quatro molas compressoras (três cm de diâmetro e 10 cm de altura), posicionadas em cada vértice da máquina e sustentando a plataforma, auxiliam na dissipação uniforme dos movimentos vibratórios. O agitador e os seus componentes podem ser visualizados com mais detalhes na Figura 4.

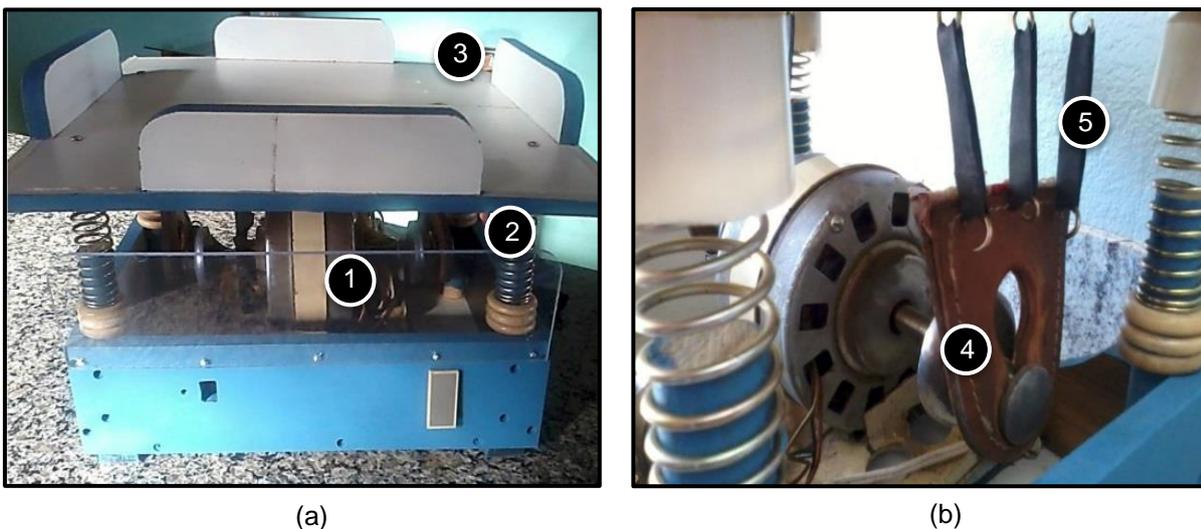


Figura - Agitador mecânico: (a) vista frontal do motor de eixo excêntrico (1), das molas de compressão (2) e da plataforma de apoio (3); (b) vista lateral das polias de couro (4) e dos elásticos tensores (5)

O agitador foi testado ao longo do seu desenvolvimento para que fosse possível trabalhar pelo menos com duas faixas de vibração diferentes, uma inferior e uma superior, que representassem valores indicados na literatura por Griffin (1990) e Randall (1992) e próximos aos encontrados no estudo de campo de Nazareno et al. (2013b).

3.2.4 Caracterização das faixas de vibração

Para caracterização das faixas de vibração, aplicadas como tratamentos, utilizaram-se como parâmetros a aceleração instantânea (a_j ; $m.s^{-2}$), a raiz quadrática média (RMS; $m.s^{-2}$) e a RMS resultante (RSS; $m.s^{-2}$), recomendados pela normativa nacional como parâmetros de avaliação das vibrações mecânicas (BRASIL, 2013).

Os valores da aceleração instantânea (a_j ; $m.s^{-2}$) foram obtidos por meio de um acelerômetro HOB0 Pendant G UA-004-64[®], um microprocessador de dados capaz de registrar o deslocamento angular nos eixos x, y e z, de 0 a 3 g, ou seja, de

zero a $29,4 \text{ m.s}^{-2}$. O acelerômetro foi programado com o software Hoboware Pro[®], para coleta de dados a cada cinco segundos e fixado horizontalmente a 90° na parte interna de uma caixa plástica de transporte de ovos convencional (63 cm de comprimento por 32,4 cm de largura e 30 cm de altura), seguindo a mesma metodologia adotada por Garcia et al. (2008) e Nazareno et al. (2013b). A caixa permanecia apoiada sobre o agitador durante as simulações, como pode ser verificado na Figura 5.



Figura - Acelerômetro HOB0 Pendant G UA-004-64[®] fixado em uma caixa de transporte convencional para as simulações

Os pontos de aceleração coletados durante as simulações foram utilizados para o cálculo dos valores da raiz quadrática média (RMS; m.s^{-2}) e da RMS resultante (RSS; m.s^{-2}), adotando as equações descritas por Griffin (1990) e aplicadas nos estudos de Garcia et al. (2008), Gebresenbet et al. (2011) e Nazareno et al. (2013b). A RMS (eq. 1) é dada pela raiz quadrática média dos valores de aceleração instantânea ocorridos em um determinado período de medição, enquanto a RSS (eq. 2), por meio da raiz quadrada do somatório dos quadrados da RMS nos eixos x, y e z, ou seja,

$$\text{RMS}_j = \left(\frac{\sum_t a_j(t)^2}{N} \right)^{1/2}, \quad (1)$$

em que $a_j(t)$ é o valor observado da aceleração instantânea no eixo j (x, y ou z) e no tempo t ($t=1, 2, \dots, N$), sendo N o número total de observações no respectivo eixo, e

$$RSS = (\text{RMS}_x^2 + \text{RMS}_y^2 + \text{RMS}_z^2)^{1/2} \quad . \quad (2)$$

3.2.5 Aplicação dos tratamentos (simulações)

As simulações consistiram na aplicação do nível de vibração (inferior ou superior) durante o tempo de exposição (mínimo ou máximo) do tratamento da parte fatorial em questão (T1, T2, T3 ou T4). Em virtude de ser ter um único agitador mecânico, as simulações foram realizadas uma por vez. Cada repetição dos tratamentos da parte fatorial consistiu na vibração de quatro bandejas (120 ovos) dispostas, sempre em uma única pilha, dentro da caixa de transporte, colocada no agitador mecânico.

Todavia, como a caixa de transporte tem capacidade para oito bandejas (240 ovos) e as parcelas foram formadas apenas por quatro, para que a quantidade de ovos utilizados semanalmente não ultrapasse o fornecido pela empresa, foi necessário trabalhar com uma pilha de suporte (120 ovos). A pilha de suporte foi a mesma em todas as repetições e teve por finalidade apenas preencher a caixa para simular condições reais de transporte (caixas completas com oito bandejas). Por cuidado, a cada simulação, a pilha suporte e a pilha referente à parcela foram trocadas de posição (direita e esquerda), também determinada por sorteio.

Os tratamentos foram aplicados um a um, de acordo com uma ordem aleatória, e cada bloco foi realizado no decorrer de um dia de experimentação. Os ovos que compunham o tratamento controle não foram submetidos a nenhum procedimento, sendo apenas armazenados para que a tomada das respostas de interesse fosse concomitante com a dos ovos submetidos às simulações.

A fim de caracterizar as condições climáticas da sala de ovos durante as simulações, foi instalado, próximo ao agitador mecânico, um termohigrômetro HOBO® H08-00X-02 com registro automático temperatura (T; °C) e umidade relativa (UR; %) a cada hora. Foram obtidas as médias de T (°C) e UR (%), bem como os valores mínimos e máximos no decorrer do período das simulações.

3.2.6 Variáveis respostas

As respostas foram tomadas de uma única vez por tratamento, imediatamente após o término da simulação. Em cada parcela (conjunto de quatro bandejas) 24

ovos foram amostrados, sempre do mesmo local das bandejas, sendo um ovo de cada vértice e dois do centro, totalizando seis ovos por bandeja. A mesma quantidade de ovos foi utilizada no tratamento controle, sendo este avaliado simultaneamente aos tratamentos vibrados.

As respostas avaliadas visam determinar a perda de peso e a qualidade interna dos ovos fertilizados, após estes terem sido ou não expostos às diferentes combinações de faixas e tempos de vibração. Baseado nas metodologias de Alleoni e Antunes (2001), Berardinelli et al. (2003a), Karoui et al. (2006), Keener et al. (2006), Esen et al. (2010), as variáveis respostas adotadas foram: perda de peso da bandeja durante a simulação (PP; g); peso do ovo (PO; g); diâmetro da gema (DG; mm); diâmetro do albúmen (DA; mm); altura da gema (AG; mm); altura do albúmen (AA; mm); índice de gema (IG); índice de albúmen (IA); e unidade Haugh (UH).

A resposta perda de peso da bandeja durante a simulação (PP; g) foi tomada apenas nos tratamentos expostos às vibrações mecânicas (tratamentos da parte fatorial). Pesaram-se individualmente, em uma balança semi-analítica com precisão de 0,1 gramas, as quatro bandejas de cada tratamento, antes e imediatamente após a simulação (com todos os ovos). Pela diferença dos dois pesos, calculou-se a PP (g) para cada repetição.

Os ovos amostrados dos cinco tratamentos (parte fatorial e controle) foram pesados individualmente. Essa pesagem determinou a resposta peso do ovo (PO; g), utilizada posteriormente para obtenção da unidade Haugh. Assim que pesados, os ovos foram quebrados em uma superfície lisa, plana e transparente, um a um, dentro de uma ordenação determinada por sorteio. A cada três ovos de um tratamento da parte fatorial, um ovo do tratamento controle era quebrado. Conforme a metodologia de Lapão et al. (1999), Karoui et al. (2006), Keener et al. (2006), Esen et al. (2010) e Rocha et al. (2013), avaliaram-se:

- i. diâmetro da gema (DG; mm): determinado por meio de um paquímetro de precisão de 0,05 mm (Marberg 150 mm) posicionado na circunferência do constituinte (Figura 6a);
- ii. diâmetro do albúmen (DA; mm): determinado pela média dos diâmetros transversal e longitudinal, obtidos no albúmen denso, ambos tomados com um paquímetro de precisão de 0,05 mm (Marberg 150 mm) (Figura 6a);

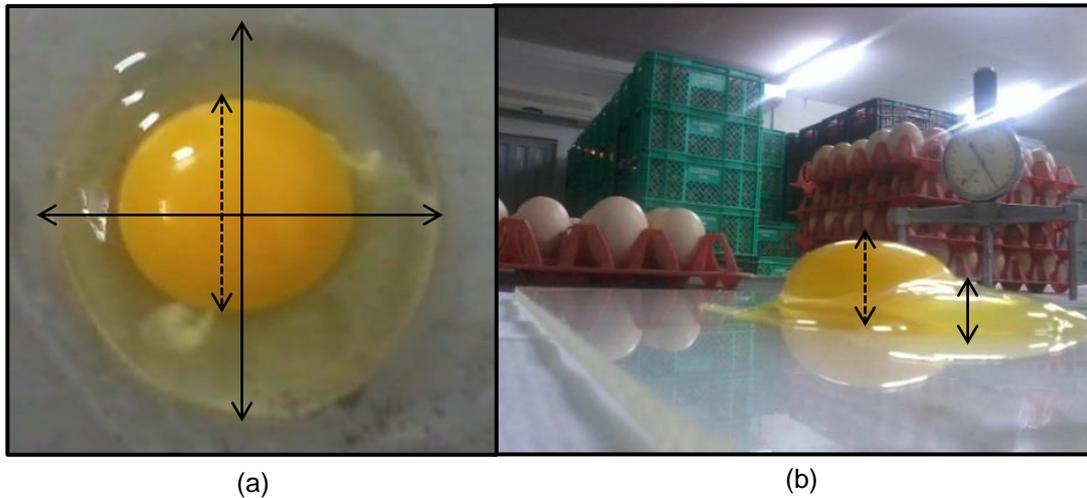


Figura - Mensuração das medidas de qualidade dos ovos: (a) diâmetro da gema (linha tracejada) e diâmetros transversal e longitudinal do albúmen denso (linhas contínuas); (b) altura da gema (linha tracejada) e altura do albúmen denso (linha contínua)

- iii. altura da gema (AG; mm): determinada por um micrômetro mecânico de precisão de 0,01 mm (AMES S-6428) posicionando o equipamento bem no centro do constituinte (Figura 6b).
- iv. a altura do albúmen (AA; mm): determinada também pelo micrômetro mecânico de precisão de 0,01 mm (AMES S-6428), que foi posicionado no albúmen denso, sem tocar a chalaza, a uma distância de aproximadamente 0,5 centímetros da gema (Figura 6b).

Após a tomada das medidas de diâmetro e altura, o ovo era descartado, a superfície era limpa e outro era quebrado para esses mesmos procedimentos, lembrando que os ovos eram identificados numericamente para que todas as medidas mensuradas fossem relativas à mesma unidade.

Com os valores de diâmetro foram obtidos os índices de gema (IG) e índice de albúmen (IA), dividindo-se a altura do constituinte pelo valor do seu respectivo diâmetro. No caso do albúmen, este parâmetro foi obtido dividindo-se a sua altura pelo valor médio obtido entre os diâmetros transversal e longitudinal (BERARDINELLI et al., 2003a; KEENER et al., 2006).

Além dos índices, determinou-se a unidade Haugh (UH), dada em função do peso do ovo (PO; g) pela altura de seu albúmen (AA; mm), utilizando a eq.3, descrita por Roberts (2004) e Keener et al. (2006)

$$UH = \log (h + 7,57 - 1,7 W^{0,37}), \quad (3)$$

em que h é a altura do albúmen (mm) e W é o peso do ovo (g).

3.2.7 Análise estatística

As respostas PO, PP, AG, DG, AA, DA, IG, IA e UH foram descritas por um modelo de análise de variância, expresso por

$$y_{ik} = \mu + \delta_k + \tau_i + \epsilon_{ik}, \quad (4)$$

em que, y_{ik} é o valor observado da resposta no i -ésimo tratamento dentro do k -ésimo bloco, μ é a média geral, δ_k é o efeito do k -ésimo bloco, τ_i é o efeito do i -ésimo tratamento e ϵ_{ik} é o erro aleatório associado à i -ésima observação do k -ésimo bloco. É importante notar que os efeitos dos tratamentos relativos à parte fatorial do experimento são desdobrados nos efeitos principais dos fatores faixa e tempo de vibração e sua interação.

Os erros aleatórios foram assumidos como independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância constante e igual a $\sigma^2 > 0$. As pressuposições clássicas para a análise de variância foram verificadas com o auxílio dos testes de Shapiro-Wilk (para a normalidade) e de Bartlett (para a homogeneidade de variâncias) ao nível de 5%. A independência das observações foi garantida pelo esquema de aleatorização, e a significância dos efeitos dos tratamentos foi verificada com o auxílio do teste F da análise de variância ao nível de 5%. A média obtida para os quatro tratamentos da parte fatorial foi comparada à do controle para cada uma das respostas por meio do teste T, ao nível de significância de 5%. O teste de Tukey foi utilizado nas comparações múltiplas de médias relativas à parte fatorial do experimento, também ao nível de significância de 5%. Todos os procedimentos foram realizados pelo programa estatístico R (R CORE TEAM, 2005).

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Caracterização das simulações

Nas Figuras 7 e 8 é possível visualizar os valores de aceleração instantânea (a_i ; $m.s^{-2}$), coletados pelo acelerômetro durante as simulações, que caracterizam a faixa de vibração inferior e a faixa de vibração superior, respectivamente.

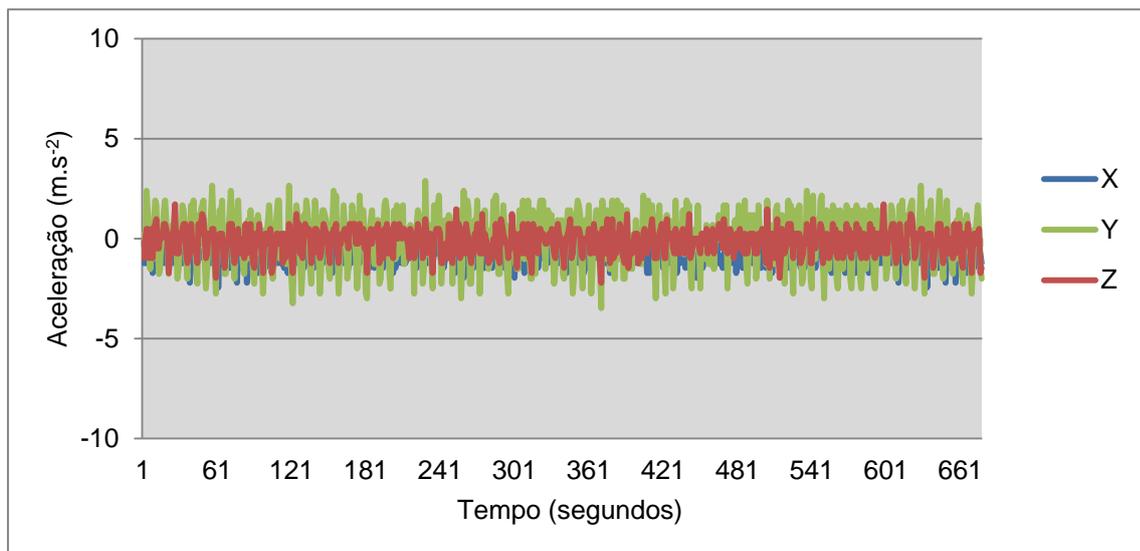


Figura - Valores de aceleração instantânea que caracterizam a faixa inferior de vibração

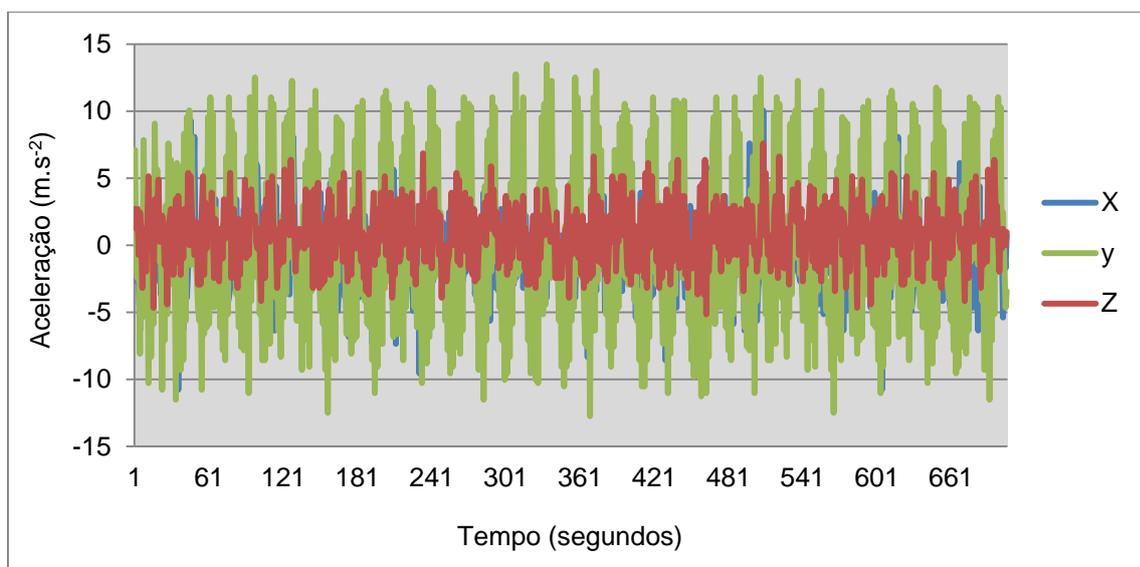


Figura - Valores de aceleração instantânea que caracterizam a faixa superior de vibração

Os dados são apresentados em um intervalo de tempo qualquer, para a caracterização das faixas adotadas nos tratamentos. É notável a diferença na

intensidade dos movimentos vibratórios, na faixa inferior os valores de aceleração instantânea não chegam a 5 m.s^{-2} no eixo vertical (y), enquanto na faixa mais intensa, esses valores ultrapassaram 10 m.s^{-2} .

Pelas próprias características do agitador, verifica-se que as vibrações em x e z são menores do que em y, independente da faixa testada. Em condições reais de transporte, os eixos x e z poderiam apresentar maiores picos de aceleração, em decorrência de frenagens e realizações de curvas (RANATHUNGA et al., 2010). Tal fato, em princípio já pode ser apontado como uma desvantagem da realização de simulações com agitadores, dada a dificuldade de se executar esses movimentos.

Em contrapartida, o eixo y assumiu padrões de aceleração semelhantes aos ocorridos em situações reais de transporte. Muitos autores defendem que as vibrações na vertical são mais intensas e mais sentidas pela carga, com picos que normalmente excedem os limites recomendados (GRIFIN, 1990; FRANCHINI, 2007; GEBRESENBET et al., 2011). Santos Filho et al. (2003) observaram valores de aceleração instantânea, na base de tratores, em torno de 10 m.s^{-2} em y. Apesar de os testes de Santos Filho et al. (2003) serem realizados com tratores, os valores de aceleração instantânea obtidos por esses autores são semelhantes aos testados nesta pesquisa, principalmente em relação à faixa superior.

Os valores da raiz quadrática média (RMS; m.s^{-2}) dos três eixos e da RMS resultante (RSS; m.s^{-2}) são apresentados na Tabela 2.

Tabela - Valores de aceleração média (RMS; m.s^{-2}) dos eixos x, y e z e de aceleração resultante (RSS; m.s^{-2}), obtidos para as faixas inferior e superior utilizadas nos tratamentos desta pesquisa

Aceleração (m.s^{-2})	Faixa inferior	Faixa superior
RMS x	0,95	2,80
RMS y	2,20	6,50
RMS z	0,68	2,50
RSS (total)	2,50	7,50

A raiz média quadrática (RMS) fornece um único valor que caracteriza o total de energia de um movimento vibratório, o que facilita a visualização da intensidade da vibração que é transmitida ao sistema (BALBINOT, 2001; BOVENZI, 2005).

No eixo y, os valores de RMS foram de $2,20 \text{ m.s}^{-2}$ na faixa inferior e de $6,50 \text{ m.s}^{-2}$ na faixa superior. No transporte de frangos de corte, Garcia et al. (2008) encontraram valores médios de RMS y de $1,13 \text{ m.s}^{-2}$ em estradas de asfalto e de $1,47 \text{ m.s}^{-2}$ em estradas de terra, os quais estão próximos a RMS y obtida na faixa inferior de vibração desta pesquisa. Nazareno et al. (2013b) trabalharam com o transporte de ovos fertilizados em condições reais e encontraram uma RMS y próxima a 9 m.s^{-2} , tanto em estrada de terra como de asfalto, enquanto a RMS x desses autores foi em torno de 2 m.s^{-2} , nas duas estradas e a RMS z igual a $1,2 \text{ m.s}^{-2}$ e $1,9 \text{ m.s}^{-2}$, na estrada de terra e de asfalto, respectivamente.

Garcia et al. (2008) tentaram simular em laboratório uma aceleração resultante de $2,8 \text{ m.s}^{-2}$, observada em condições de campo. No entanto, tais autores explicam que devido ao pouco controle do agitador utilizado, os valores aplicados nas simulações foram diferentes, no caso $8,7$ e de $22,25 \text{ m.s}^{-2}$. Nesta pesquisa, como o agitador foi testado ao longo do seu desenvolvimento, o controle do mesmo, quanto às faixas de vibração, pôde ser mais cuidadoso. Assim, foi possível trabalhar com uma RSS de $2,50 \text{ m.s}^{-2}$ na faixa inferior e com um valor três vezes maior a esse na faixa superior, ou seja, $7,50 \text{ m.s}^{-2}$. As faixas produzidas pelo agitador desta pesquisa simulam condições diferentes de exposição dos ovos fertilizados às vibrações, indo de movimentos bem suaves até os mais extremos que podemos encontrar durante o transporte.

Em simulações com ovos comerciais, Berardinelli et al. (2003a) utilizaram em suas simulações um valor fixo de RSS de $0,5 \text{ g}$ (aproximadamente $4,90 \text{ m.s}^{-2}$). Praticamente, um valor intermediário entre as duas faixas adotadas nesta pesquisa. É importante ressaltar que existem muitos fatores que influenciam na intensidade das vibrações mecânicas, como o tipo de veículo estudado, local de posicionamento do acelerômetro (rodas, piso, assento ou na carga), tipo de carga e as condições em que o teste foi realizado, seja em estrada ou em simulações. Consequentemente, a comparação entre resultados de diferentes pesquisas é uma tarefa difícil, a menos que a metodologia e os objetivos sejam semelhantes, como o caso dos trabalhos de Berardinelli et al. (2003a), Garcia et al. (2008) e Nazareno et al. (2013b).

Na caracterização das simulações, o ambiente também foi monitorado, em termos de temperatura (T; °C) e umidade relativa (UR; %). Todos os procedimentos experimentais ocorreram na sala de ovos do incubatório, não só pela disponibilidade dos ovos, mas também pelo controle das condições ambientais, que são mantidas

com as mesmas recomendações de um caminhão no carregamento de ovos fertilizados.

Segundo as recomendações de Decuypere et al. (2001) e Rocha et al. (2013), os ovos fertilizados devem ser manipulados sempre abaixo do zero fisiológico (20 °C) para que não ocorra o desenvolvimento do embrião antes da incubação. Já a umidade relativa, para ovos de matrizes entre 25 e 35 semanas, deve ser mantida entre 60 e 80%, evitando principalmente a condensação de água na superfície (BARACHO et al., 2010; NAZARENO et al., 2013a).

Na Tabela 3 estão às médias diárias de temperatura e umidade relativa, de cada bloco (repetição) do experimento, bem como os valores mínimos e máximos observados para esses mesmos parâmetros.

Tabela - Médias diárias de temperatura (T; °C) e umidade relativa (UR; %) e seus respectivos valores mínimos e máximos, observados durante os dias de simulações

Blocos	Variáveis ambientais					
	T (°C)	T min (°C)	T máx (°C)	UR (%)	UR min (%)	UR máx (%)
1	19,52	18,14	21,76	69,96	57,53	86,72
2	19,54	18,33	21,00	66,75	54,86	85,69
3	19,94	17,76	21,57	67,26	57,00	82,70
4	18,94	16,90	21,09	75,11	59,93	89,67
Médias	19,49	17,78	21,35	69,77	57,33	86,20

É possível verificar que, durante as simulações, o ambiente térmico esteve, na média, dentro do recomendado em todos os dias de simulações. São observados alguns valores máximos acima das recomendações, principalmente no caso da umidade relativa. Deve-se lembrar que as diferenças observadas entre as quatro repetições, devido a fatores externos, foram anuladas nas análises estatísticas pelo controle local do delineamento em blocos, adotado nesta pesquisa.

3.3.2 Qualidade dos ovos fertilizados

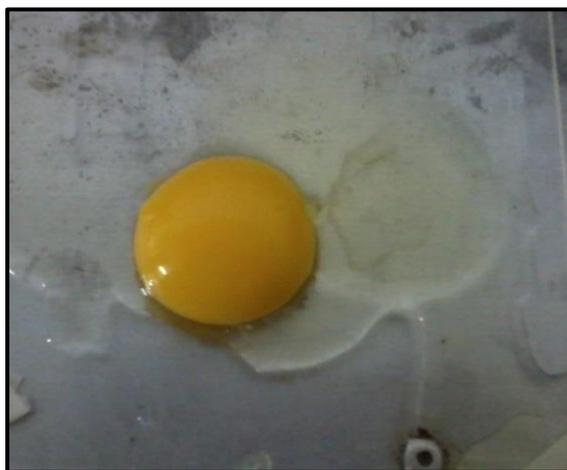
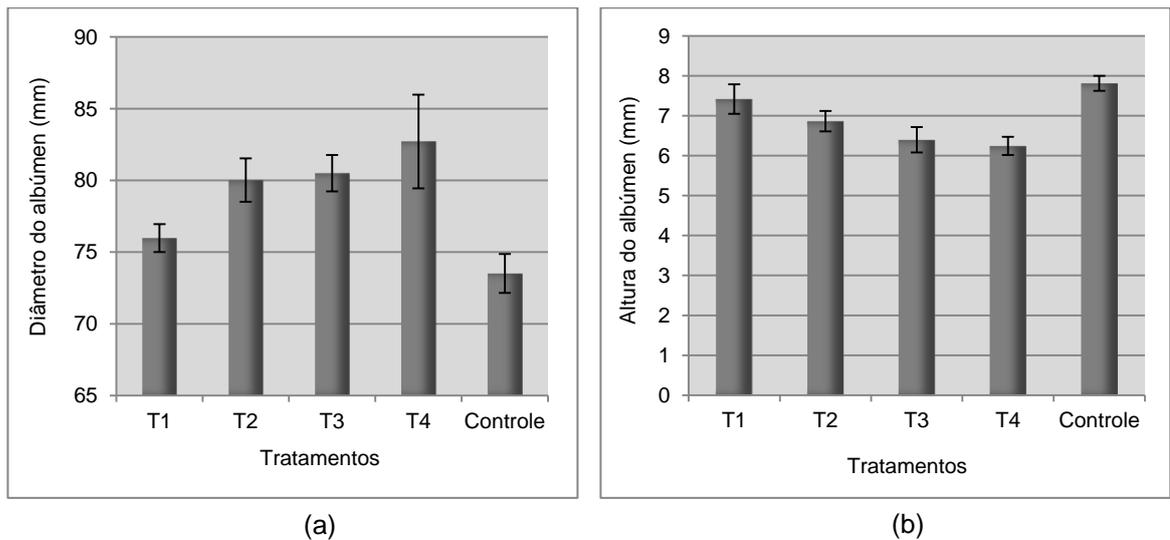
A Tabela 4 apresenta a análise descritiva composta pelas médias e pelo desvio-padrão amostral das respostas relacionadas com a qualidade da gema (DG, AG e IG), do albúmen (DA, AA, IA e UH) e com o peso dos ovos (PO e PP), obtidas para os tratamentos fatoriais T1, T2, T3 e T4 e para o tratamento controle.

Tabela - Médias e desvio-padrão das respostas diâmetro da gema (DG; mm), altura da gema (AG; mm), índice de gema (IG), diâmetro do albúmen (DA; mm), altura do albúmen (AA; mm), índice de albúmen (IA), unidade Haugh (UH), peso do ovo (PO; g) e perda de peso das bandejas (PP; g) observados nos tratamentos fatoriais T1, T2, T3 e T4 e controle

Tratamentos	Variáveis respostas									
	DG	AG	IG	DA	AA	IA	UH	PO	PP	
T1	0 a 5 m.s ⁻² 60 min	39,05 ± 0,45	19,77 ± 0,78	0,51 ± 0,01	75,98 ± 0,97	7,42 ± 0,36	0,10 ± 0,00	84,79 ± 1,91	63,82 ± 1,41	0,20 ± 0,04
T2	0 a 5 m.s ⁻² 180 min	39,05 ± 0,93	19,88 ± 0,42	0,51 ± 0,00	80,02 ± 1,51	6,87 ± 0,25	0,09 ± 0,00	81,17 ± 1,45	63,98 ± 1,48	0,37 ± 0,03
T3	0 a 10 m.s ⁻² 60 min	39,21 ± 1,02	19,69 ± 0,46	0,50 ± 0,02	80,50 ± 1,26	6,40 ± 0,31	0,08 ± 0,00	77,90 ± 2,30	63,79 ± 0,84	0,21 ± 0,06
T4	0 a 10 m.s ⁻² 180	39,55 ± 1,27	19,82 ± 0,48	0,51 ± 0,02	82,71 ± 3,26	6,25 ± 0,22	0,08 ± 0,01	76,76 ± 2,10	64,00 ± 1,32	0,43 ± 0,08
Controle	-	38,76 ± 1,45	20,07 ± 0,48	0,53 ± 0,01	73,51 ± 1,35	7,81 ± 0,18	0,11 ± 0,00	86,99 ± 1,15	64,46 ± 1,52	...

As respostas qualitativas tomadas para a gema, ou seja, a altura (AG; mm), o diâmetro (DG; mm) e o índice (IG), bem como o peso dos ovos (PO; g) aparentemente apresentaram suas médias muito próximas, já evidenciando um possível efeito nulo dos tratamentos avaliados, enquanto as médias das respostas relacionadas à qualidade do albúmen (AA; DA; IA e UH) e a perda de peso das bandejas (PP; g) parecem variar mais entre os tratamentos fatoriais.

Na Figura 9a pode-se verificar que a média do diâmetro do albúmen (DA; mm) foi aparentemente maior no tratamento da parte fatorial T4, para o qual se aplicou a faixa de vibração mais intensa por um tempo de exposição maior (RSS 7,5 m.s⁻²; 180 minutos), enquanto a média dessa mesma resposta parece ser relativamente menor nos tratamentos controle e no T1, sendo o último determinado pela faixa de vibração inferior e pelo menor tempo de exposição (RSS 2,5 m.s⁻²; 60 minutos).



(c)



(d)

Figura - Respostas de qualidade do albúmen: (a) valores médios e desvio padrão do diâmetro do albúmen (mm); (b) valores médios e desvio padrão da altura (mm); (c) ovo com a sua qualidade comprometida; (d) ovo íntegro

O aumento na resposta DA (mm) está relacionado diretamente com a liquefação do albúmen e representa um declínio na qualidade desta estrutura (REIJRINK et al., 2008; JIN et al., 2010). Quando liquefeito, o albúmen se torna visivelmente mais espalhado e sem forma definida em suas bordas, assim como o

ocorrido com o ovo apresentado na Figura 9c, o qual ainda pode ser comparado ao ovo da Figura 9d, cuja estrutura do albúmen denso mantém-se íntegra.

De acordo com Roberts (2004) e Jin et al. (2010), a altura do albúmen possui um valor máximo logo após a postura e diminui com o passar do tempo, o que pode ocorrer mais acentuadamente se o ovo for submetido a adversidades ambientais. Na Figura 9b é possível constatar que os ovos dos tratamentos T3 e T4, ambos expostos à faixa de vibração superior de RSS de $7,5 \text{ m.s}^{-2}$, apresentaram as médias de AA aparentemente menores, sendo essas de 6,40 mm e 6,25 mm, respectivamente. Assim como o aumento do diâmetro, a redução na altura também é consequência da liquefação do albúmen. Ainda, para essas respostas, o controle parece deter as melhores médias, com um menor diâmetro (73,51 mm) e uma maior altura (7,81 mm), em relação aos demais tratamentos.

O índice de albúmen (IA) é determinado pela razão da altura (AA; mm) pelo diâmetro (DA; mm). Conseqüentemente, quanto maior for a AA e menor for o DA, maior será o valor do índice, o que expressa uma melhor qualidade do ovo (KEENER et al., 2006). Aparentemente, as maiores médias do IA são observadas nos tratamentos controle e no tratamento T1, assim como o observado na Figura 10a.

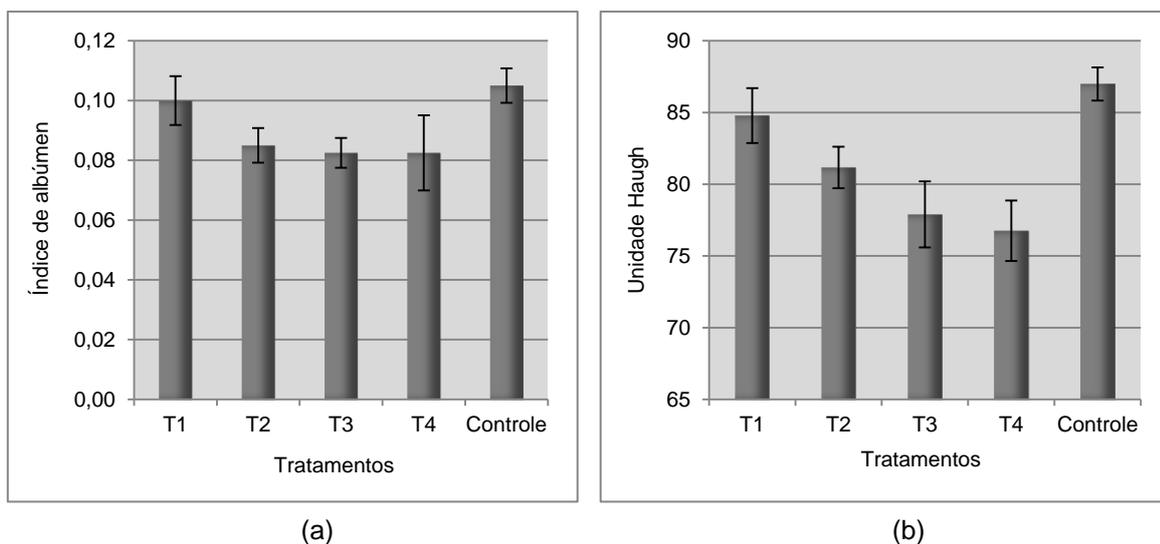


Figura - Respostas de qualidade do albúmen: (a) valores médios e desvio padrão do índice de albúmen; (b) valores médios e desvio padrão da unidade Haugh

O resultado obtido para o índice de albúmen é explicado pelas próprias médias de diâmetro e altura desse constituinte, já discutidas anteriormente. Paralelamente a essa resposta de qualidade, tem-se a unidade Haugh (UH),

também obtida por meio da altura do albúmen, porém estando essa em função do peso do ovo.

A unidade Haugh é determinada em uma escala de zero a 100, sendo que quanto maior o valor obtido, melhor é a qualidade interna do ovo (ROBERTS, 2004; KEENER et al., 2006; ESTRADA et al., 2010; KING'ORI, 2012). Na Figura 10b apresentada anteriormente, observa-se que a média de 86,99 observada na resposta UH do tratamento controle é a mais próxima de 100, ou seja, da pontuação máxima que um ovo de excelente qualidade pode obter, enquanto nos tratamentos fatoriais, a UH parece decair gradativamente a partir de T1, representado pelo tratamento de vibração mais suave, atingindo uma menor média em T4 (76,76), que se trata do tratamento cujos fatores faixa de vibração e tempo de exposição são aplicados de forma intensa.

A perda de peso das bandejas durante as simulações (PP; g) não foi mensurada no controle, visto que esse não foi exposto às vibrações. As médias dessa resposta, dos tratamentos fatoriais, podem ser observadas na Figura 11.

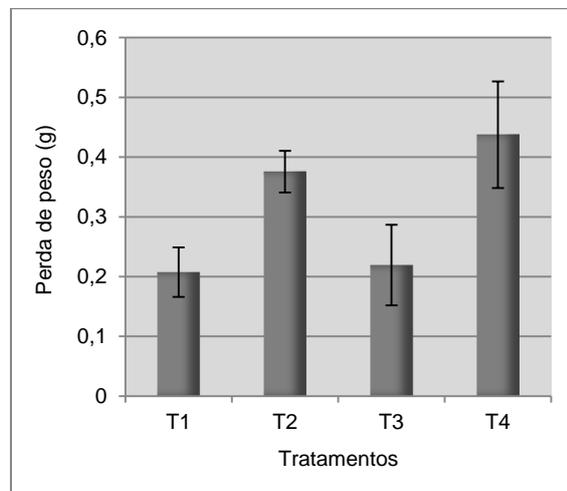


Figura - Valores médios e desvio padrão da perda de peso (g) das bandejas nos tratamentos fatoriais

De certa forma, a perda de peso apresenta-se relativamente baixa, não chegando a 0,5 gramas no tratamento T4, que, aparentemente, obteve uma maior perda (0,43 g). Supõe-se que T4 e T2 foram os tratamentos que perderam mais peso. Coincidentemente, ambos foram expostos às vibrações por um período maior de tempo, no caso, 180 minutos.

As respostas mencionadas acima foram estudadas por meio um modelo linear clássico de análise de variâncias, com a finalidade de se averiguar as significâncias

dos efeitos dos fatores experimentais e de sua interação. A técnica de análise de variância permitiu a modelagem de todas as respostas, com exceção do índice de gema (IG), para o qual não foi possível obter um bom ajuste, mesmo quando foram consideradas as transformações de Box-Cox (BOX; COX, 1964). Na Tabela 5 é possível verificar os níveis descritivos do estudo (valores p), obtidos nas análises de variância e calculados por meio da estatística F, considerando todas as fontes de variação presentes no modelo.

Tabela - Resumo das análises de variância. Níveis descritivos (valores p) obtidos por meio da estatística F para a análise das seguintes respostas: diâmetro de gema (DG), altura da gema (AG), diâmetro do albúmen (DA), altura de albúmen (AA), índice de albúmen (IA), unidade Haugh, peso dos ovos (PO) e perda de peso das bandejas (PP)

Fonte de variação	Variáveis respostas							
	DG	AG	DA	AA	IA	UH	PO	PP
Bloco	0,001*	0,001*	0,032*	0,230	0,031*	0,258	0,001*	0,699
Tempo	0,465	0,322	0,001*	0,019*	0,001*	0,018*	0,611	0,001*
Faixa	0,443	0,553	0,001*	0,001*	0,001*	0,001	0,983	0,242
Tempo x Faixa	0,788	0,934	0,233	0,154	0,056*	0,180	0,934	0,436
Fatorial x Controle	0,201	0,053	0,001*	0,001*	0,001*	0,001	0,190	--

* Efeitos significativos considerando $\alpha = 0,05$

A análise de variância mostra os efeitos significativos ($p < 0,05$) do fator tempo de exposição nas respostas DA, AA, IA, UH e PP e do fator faixa de vibração em DA, AA, IA e UH. Não foi observada interação significativa entre os fatores estudados para nenhuma das respostas de qualidade dos ovos, considerando-se um nível de significância de 5%. Portanto, pode-se dizer que o efeito do tempo de exposição independe da faixa de vibração e vice-versa.

Verificou-se alta significância ($p < 0,001$) do contraste entre os tratamentos fatoriais e o controle, para todas as respostas de qualidade do albúmen (diâmetro, altura, índice e unidade Haugh). Porém, assim como o já evidenciado na análise descritiva, para as medidas tomadas na gema (DG, AG e IG), bem como para o peso dos ovos (PO) não houve influência dos efeitos testados, considerando $\alpha = 0,05$.

3.3.3 Comparação de médias entre a parte fatorial e o controle

A Tabela 6 contém o teste T para a comparação de médias entre a parte fatorial e o controle, considerando um nível de 5% de significância, para as respostas de qualidade dos ovos fertilizados.

Tabela - Comparação de médias dos tratamentos fatoriais e controle para as respostas: diâmetro de gema (DG; mm), altura de gema (AG; mm), diâmetro de albúmen (DA; mm), altura de albúmen (AA; mm), índice de albúmen (IA), unidade Haugh (UH) e peso do ovo (PO)

Tratamento	Variáveis respostas						
	DG	AG	DA	AA	IA	UH	PO
Fatorial*	39,25 a	19,78 a	79,80 a	6,73 a	0,08 a	80,15 a	63,90 a
Controle	38,76 a	20,07 a	73,50 b	7,81 b	0,10 b	86,98 b	64,46 a

* Valor médio obtido mediante os quatro tratamentos fatoriais (T1, T2, T3 e T4)

Letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas entre médias ($p < 0,05$) pelo teste de T

Pelo teste T, foram verificadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para as médias das respostas DA, AA, IA e UH, todas relacionadas com o albúmen. O diâmetro desse constituinte (DA; mm) foi significativamente superior nos tratamentos da parte fatorial, ou seja, nos ovos expostos às vibrações mecânicas, independentemente do tempo ou da faixa de vibração. A diferença obtida entre a média da parte fatorial (79,80 mm) e do controle (73,50 mm), para esta resposta, chegou a aproximadamente seis milímetros, confirmando a pressuposição levantada na análise descritiva de que os ovos expostos às vibrações estariam mais sujeitos a degradação de sua qualidade.

O valor médio de 6,73 mm da resposta altura do albúmen nos tratamentos fatoriais foi significativamente menor em relação à do tratamento controle (7,81 mm). Scott e Silversides (2000) observaram uma redução semelhante a essa, porém em função do tempo de armazenamento. Na pesquisa desses autores, a média da altura dos ovos armazenados por um dia foi significativamente maior (7,16 mm) em comparação à dos ovos armazenados por três dias (6,50 mm). Tal fato sugere que a exposição dos ovos às vibrações mecânicas tem um efeito análogo ao armazenamento por longos períodos.

Comparando os tratamentos fatoriais com o controle, verificou-se que o índice de albúmen foi significativamente menor (0,08) nos ovos vibrados, ou seja, foi observada uma relação pior entre a altura e o diâmetro do albúmen. Essa resposta, assim como as demais, confirma que houve uma maior liquefação do albúmen em função da exposição dos ovos fertilizados às vibrações. Segundo Kemps et al. (2010) e King'ori (2012), independente da causa, a liquefação do albúmen é um sinônimo de envelhecimento e de queda na qualidade interna do ovo.

Sabe-se que a unidade Haugh (UH) é fortemente influenciada por fatores como o tempo e a temperatura de armazenamento (SAMLÍ et al., 2005; XAVIER et al., 2008; JIN et al., 2011). Com os resultados obtidos nesta pesquisa é possível afirmar que essa resposta também é comprometida pela exposição dos ovos às vibrações mecânicas. Verificou-se que a UH diminuiu significativamente na média do tratamento da parte fatorial, de modo que essa redução chegou a ser de 7,85% em relação aos ovos que não foram vibrados (controle). Resultados similares foram obtidos por Berardinelli et al. (2003a), que depararam com uma queda de 23% na UH de ovos comerciais expostos a acelerações de $4,9 \text{ m.s}^{-2}$ e frequências de 50 a 60 Hz, quando comparados ao controle.

Nazareno et al. (2013b) colocam que, dependendo das condições das vias de transporte, a qualidade dos ovos férteis pode ser comprometida. Com as respostas obtidas nesta pesquisa para a qualidade do albúmen é possível afirmar a hipótese desses autores. Berardinelli et al. (2003a) complementam que a perda de qualidade em função das vibrações ainda não é clara, mas provavelmente está relacionada com a intensificação da perda do dióxido de carbono (CO_2) e alterações nos níveis de pH. Acredita-se que tais efeitos sejam análogos, por exemplo, às condições inadequadas de armazenamento.

De todos os constituintes do ovo, o albúmen é o mais passivo de alterações devido a sua composição e estrutura (ESTRADA et al., 2010; ROCHA et al., 2013). De acordo com Brake et al. (1997) e Xavier et al. (2008), desde o momento da postura, o albúmen tende a tornar-se mais líquido devido às reações químicas que ocorrem em seu interior, como o fluxo de dióxido de carbono entre o ovo e o ambiente externo. Nesse processo, a diminuição dos níveis internos de CO_2 ocasiona o aumento do PH do albúmen, o que acelera a sua degradação, sobretudo, da proteína albumina. A consequência da degradação dessa proteína é a ruptura do gel que caracteriza a porção densa, o que promove a liquefação do albúmen,

observada nesta pesquisa (BRAKE et al., 1997; LAPÃO et al., 1999; REIJRINK et al., 2008; XAVIER et al., 2008; JIN et al., 2010, ROCHA et al., 2013).

Lapão et al. (1999) colocam que as consequências das alterações nos ovos fertilizados podem ser sentidas nos resultados da incubação. Alguns autores defendem que a liquefação do albúmen é fundamental para a passagem de macromoléculas, glicose e íons ao embrião, além de reduzir a barreira para a difusão de gases. Tanto que, antes de serem incubados, os ovos são armazenados pelo menos por um dia para que ocorra esse processo de liquefação (BRAKE et al., 1997; YASSIN et al., 2008; ROCHA et al., 2013). No entanto, é claro que a degradação excessiva dessa estrutura é prejudicial e pode promover o deslocamento da gema, maior perda de água do ovo e a desidratação do embrião (BRAKE et al., 1997).

Teoricamente, associados à liquefação do albúmen estão ainda dois eventos: a perda de peso do ovo, causada pela evaporação da água que foi dissociada das proteínas devido à maior liberação das moléculas de água da estrutura densa (PEEBLES et al., 2000); e as alterações na gema, como o aumento do seu tamanho devido à maior quantidade de água passada através da membrana vitelínica (ROBERTS, 2004; ESTRADA et al., 2010). Todavia, tanto para o peso dos ovos (PO; g) como para as respostas de qualidade da gema (DG, AG e IG) estudadas nesta pesquisa, não foi verificada significância de efeito dos tratamentos.

Acredita-se que, apesar de ter sido comprovado que há uma maior liquefação do albúmen em função da exposição dos ovos às vibrações, a movimentação da água no sistema ambiente externo – albúmen – gema, não tenha sido tão intensa ao ponto de alterar as respostas PO, DA, AA e IG.

3.3.4 Comparação entre as faixas de vibração e os tempos de exposição

A Tabela 7 apresenta a comparação de médias, feita pelo teste de Tukey a 5% de significância, para as duas faixas de vibração (inferior e superior) e para os dois tempos de exposição (mínimo e máximo).

Tabela - Comparação de médias, pelo teste de Tukey a 5% de significância, das faixas de vibração e tempos de exposição para as respostas tomadas na avaliação da qualidade dos ovos fertilizados

		Variáveis respostas						
Faixa	DG	AG	DA	AA	IA	UH	PO	PP
Inferior	39,12 a	19,82 a	78,00 a	7,14 a	0,09 a	82,97 a	64,09 a	0,29 a
Superior	39,37 a	19,75 a	81,60 b	6,32 b	0,08 b	77,32 b	63,89 a	0,33 a

Tempo	DG	AG	DA	AA	IA	UH	PO	PP
Mínimo	39,12 a	19,72 a	78,24 a	6,90 a	0,09 a	81,34 a	64,02 a	0,21 a
Máximo	39,37 a	19,84 a	81,36 b	6,55 b	0,08 b	78,96 b	63,99 a	0,41 b

Letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas entre médias ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

Foram constatadas diferenças significativas em todas as medidas tomadas no albúmen (DA, AA, IA e UH), quando comparadas entre si as duas faixas de vibração. O mesmo ocorreu na comparação entre os dois tempos de exposição, em que também foi verificado efeito na perda de peso das bandejas.

O diâmetro do albúmen (DA; mm) dos ovos tratados com a faixa de vibração superior ($RSS\ 7,5\ m.s^{-2}$) foi significativamente maior quando comparado à faixa inferior ($RSS\ 2,5\ m.s^{-2}$), enquanto a altura do albúmen (AA; mm), também influenciada pela intensidade da vibração, foi significativamente menor nos ovos vibrados na faixa superior. Tais resultados apontam que a intensidade da faixa de vibração é determinante nas medidas de tamanho do albúmen utilizadas na determinação de sua qualidade.

Semelhantemente aos efeitos da faixa mais intensa, os ovos submetidos por um período maior de exposição às vibrações, no caso 180 minutos, apresentaram piores resultados para as respostas de diâmetro e altura, quando comparados aos ovos vibrados por apenas 60 minutos. No tempo máximo, o diâmetro do albúmen foi maior (81,36 mm) e a sua altura menor (6,55 mm), enquanto para o oposto desse fator os resultados foram de 78,24 mm e 6,90 mm, no DA e na AA, respectivamente.

Para o índice de albúmen (IA) e unidade Haugh (UH), verificou-se que, quando os ovos são tratados na faixa com a RSS de $7,5 \text{ m.s}^{-2}$, as médias dessas respostas são significativamente menores em relação à faixa de RSS inferior ($2,5 \text{ m.s}^{-2}$). Esse mesmo padrão para IA e UH foi observado na comparação dos dois tempos de exposição, de modo que os ovos expostos por um período maior apresentaram médias significativamente menores em relação ao tempo de exposição de 60 minutos.

Verificou-se que a média do índice de albúmen caiu de 0,09 para 0,08, tanto nos ovos tratados com a faixa de vibração superior como nos ovos tratados com um maior período de exposição. Especificamente no caso da unidade Haugh, ocorreu uma redução de 6,80% na média dos ovos tratados com a faixa de vibração mais intensa quando comparados à faixa de $2,5 \text{ m.s}^{-2}$, cujas médias obtidas foram 77,32 e 82,97, respectivamente. Para o tempo de exposição, essa redução foi de 2,92% nos ovos vibrados por 180 minutos em relação aos vibrados por 60 minutos, os quais obtiveram médias para a UH de 78,96 e de 81,34, respectivamente.

Nesta pesquisa, a alteração nas respostas do albúmen comprova que há uma queda na qualidade desse constituinte, tanto para a exposição dos ovos a uma faixa de vibração mais intensa, como para a exposição por um período mais longo.

O efeito da faixa de vibração sobre a qualidade dos ovos já foi testado nas pesquisas de Berardinelli et al. (2003b) e de Nazareno et al. (2013b). No primeiro estudo, realizado com ovos de consumo, verificou-se uma diminuição acentuada na unidade Haugh de até 44% de ovos expostos a frequências altas (50 a 55 Hz), enquanto que no trabalho de Nazareno et al. (2013b), desenvolvido em condições reais de transporte, foi possível concluir que a maior intensidade das vibrações, em função da qualidade das estradas, pode aumentar a incidência de ovos quebrados e trincados que chegam ao incubatório.

Como já comentado, verificou-se que o tempo de exposição foi tão prejudicial à qualidade dos ovos fertilizados como a intensidade da faixa de vibração. Além disso, esse fator também se mostrou significativamente influente na resposta perda de peso das bandejas durante as simulações (PP; g), pois, as bandejas vibradas por 180 minutos perderam aproximadamente 0,2 gramas a mais em relação às bandejas expostas às vibrações por um período menor.

São inexistentes os relatos de perda de peso dos ovos em função da exposição às vibrações. Muitos autores descrevem que o ovo perde água

naturalmente para o ambiente desde a sua postura, pela difusão através dos poros presentes na casca (PEEBLES et al., 2000; SCOTT; SILVERSIDES, 2000; ROCHA et al., 2013). A maior perda de água, segundo Scott e Silversides (2000), está intimamente relacionada com o declínio da qualidade do albúmen (liquefação), que foi o principal resultado desta pesquisa, sobretudo, quando os ovos foram expostos à faixa de vibração mais intensa por um maior período. Todavia, apesar da significância, essa perda é relativamente pequena em termos práticos.

3.4 Conclusões parciais

Com esta pesquisa foi possível concluir que:

1. as simulações produzidas pelo agitador mecânico foram representativas dos movimentos vibratórios encontrados em condições reais de transporte, todavia, exceto pela reprodução de movimentos de frenagens e curvas;
2. as vibrações mecânicas são capazes de alterar a qualidade interna dos ovos, sobretudo do albúmen, o que pode ser verificado pela maior liquefação deste constituinte. Porém, nas condições experimentais impostas, são pouco influentes na qualidade da gema e no peso dos ovos;
3. os piores resultados obtidos para as respostas que descreveram a qualidade do albúmen estiveram associados à exposição dos ovos à faixa de vibração mais intensa e a um maior tempo de exposição;
4. a liquefação do albúmen, devido à exposição dos ovos às vibrações, está relacionada ao fluxo de CO₂ e água entre o meio interno e externo. Acredita-se que isso seja provocado pelo o agitação dos constituintes do ovo e pela maior movimentação das moléculas desses, o que acelera as reações químicas internas, relacionadas principalmente com a degradação do albúmen;
5. sabe-se que a qualidade dos ovos fertilizados é dependente de fatores como a idade da matriz, o tempo e as condições de armazenamento. Com os

resultados obtidos nesta pesquisa, é possível concluir que a exposição dos ovos às vibrações mecânicas também é capaz de comprometer a qualidade deste produto, devendo, assim, considerar este agente como mais um fator na manipulação dos ovos e no planejamento das condições de transporte.

Referências

- ALLEONI, A.C.C.; ANTUNES, A.J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 681-685, 2001.
- BARACHO, M.S.; NÄÄS, I.A.; GIGLI, A.C.S. Impacto das variáveis ambientais em incubatório de estágio múltiplo de frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 563-577, 2010.
- BERARDINELLI, A.; DONATI, V.; GIUNCHI, A.; GUARNIERI, A.; RAGNI, L. Effects of sinusoidal vibrations on quality indices of shell eggs. **Biosystems Engineering**, London, v. 86, n. 3, p. 347-353, 2003a.
- _____. Effects of transport vibrations on quality indices of shell eggs. **Biosystems Engineering**, London, v. 86, n. 4, p. 495-502, 2003b.
- BOX, G.; COX, D. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Society**, London, v. 26, p. 211-252, 1964.
- BRAKE, J.; WALSH, T.J.; BENTON JUNIOR, C.E.; PETITTE, J.N.; MEIJERHOF, R. ; PENALVA, G. Egg handling and storage. **Poultry Science**, Savoy, v. 76, p. 144-151, 1997.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de higiene ocupacional NHO 09: avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro**. Brasília: FUNDACENTRO, p. 64, 2013.
- CARLISLE, A.J.; MITCHELL, M.A.; HUNTER, R.R.; DUGGAN, J.A.; RANDALL, J.M. Physiological responses of broiler chickens to the vibrations experienced during road transportation. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 39, n. 5, p. 48-49, 1998.
- COLTRO, L.; DANTAS, S.T.; JAIME, M.A.; VENÂNCIO, D.S. Avaliação do efeito do transporte no desempenho de embalagem tipo stand-up pouch para produtos líquidos. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 12, n. 2, p. 69-75, 2002.
- DECUYPERE, E.; TONA, K.; BRUGGEMAN, F. The day-old chick: a crucial hinge between breeders and broilers. **World's Poultry Science Journal**, Amsterdam, v. 57, p. 127-138, 2001.
- ESEN, F.; OZBEY, O.; GENÇ, F. The effect of age on egg production, hatchability and egg quality characteristics in pheasants (*Phasianus colchicus*). **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Faisalabad, v. 8, n.8, 1237-1241 p., 2010.

ESTRADA, M.M.; GALEANO, L.F.; HERRERA, M.R.; RESTREPO, L.F. Effect of temperature and turning during storage on egg quality commercial. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, Medellín, v. 23, n. 2, p. 183-190, 2010.

FRANCHINI, D. **Análise do nível de vibrações verticais no assento de um trator agrícola**. 2007. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GARCIA, D.B.; SILVA, I.J.O.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, F.M.C.; DIAS, C.T.S. Evaluation of the effect of vibration in simulated condition of transport of broiler chickens. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 8., Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: CIRG, p. 8, 2008.

GEBRESENBET, G.; Van de WATER, G.; GEERS, R. Vibration levels and frequencies on vehicle and animals during transport. **Biosystems Engineering**, London, v. 110, p. 10-19, 2011.

GOMES, D. **Efeitos da vibração na qualidade da uva 'niagara rosada'**. 2006. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

GRIFFIN, M.J. **Handbook of human vibration**. London: Academic Press, 1990. 350 p.

JIN, H. LEE, K.T.; LEE, W.I.; HAN, Y.K. Effects of storage temperature and time on the quality of eggs from laying hens at peak production. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, Gwanak-guv, v. 24, p. 279-284, 2010.

KAROUI, R.; KEMPS, B.; BAMELIS, F.; DE KETELAERE, B.; DECUYPERE, E. BAERDEMAEKER, J.G. Methods to evaluate egg freshness in research and industry: a review. **European Food Research Technology**, São Paulo, v. 22, p. 727-732, 2006.

KEENER, K.M.; MCAVOY, K.C.; FOEGEDING, J.B.; CURTIS, P.A.; ANDERSON, K. E.; OSBORNE, J.A. Effect of testing temperature on internal egg quality measurements. **Poultry Science**, Savoy, v. 8, p. 550-555, 2006.

KEMPS, B.J.; BAMELIS, F.R.; MERTENS, K.; DECUYPERE, E.M.; BAERDEMAEKER, J.G.; KETELAERE, B. The assessment of viscosity measurements on the albumen of consumption eggs as an indicator for freshness. **Poultry Science**, Savoy, v. 89, p. 2699-2703, 2010.

KING'ORI, A.M. Egg quality defects: types, causes and occurrence: a review. **Journal of Animal Production Advances**, Uromia, v. 2, n. 8, p. 350-357, 2012.

LAPÃO, C.; GAMA, L.T.; SOARES, M.C. Effects of broiler breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability. **Poultry Science**, Savoy, v. 78, p. 640-645, 1999.

- LAURENTI, L. **Efeito de esforços vibracionais na estrutura do tecido vegetal**. 2003. 199 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- LUENGO, R.F.A.; FURUYA, T.; SILVA, J.L.O. Embalagem ideal para o transporte do tomate santa clara. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 5, p. 517-520, 1997.
- NAZARENO, A.C. **Ambiência pré-porteira**: avaliação das condições bioclimáticas e das operações pré-eclosão na qualidade de pintos de corte. 2012. 208 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- NAZARENO, A.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C.; CAMARGO, J.R.; MEDEIROS, S.R.R. Caracterização do microclima dos diferentes layouts de caixas no transporte de ovos fertilizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 327-332, 2013a.
- NAZARENO, A.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, A.M.C.; VIEIRA, F.M.C.; MIRANDA, K.O.S. Níveis de vibração e choques em diferentes estradas durante o transporte de ovos férteis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 900-905, 2013b.
- PEEBLES, E.D.; GARDNER, C.W.; BRAKE, J.; BENTON, C.E.; BRUZUAL, J.J.; GERARD, P.D. Albumen height and yolk and embryo compositions in broiler hatching eggs during incubation. **Poultry Science**, Savoy, v. 79, p. 1373–1377, 2000.
- R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING. **R Development Core Team**: a language and environment for statistical computing. Vienna, 2005. Disponível em <<http://www.r-project.org/>>. Acesso em: 09 jan. 2013.
- RANATHUNGA, C.L.; JAYAWEERA, H.H.E.; SURAWEERA, S.K.K.; WATTAGE, S.C.; RUVINDA, K.K.D.L.; ARIYARATNE, T.R. Vibration effects in vehicular road transportation. **Proceedings of the Technical Sessions**, Sri Lanka v. 26, p. 9-16, 2010.
- RANDALL, J.M. Human subjective response to lorry vibration: implications for farm animal transport. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 52, p. 295-307, 1992.
- RANDALL, J.M., DUGGAN, J.A.; ALAMI, M.A.; WHITE, R.P. Frequency weightings for the aversion of broiler chickens to horizontal and vertical vibration. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 68, p. 387-397, 1997.
- REIJRINK, I.A.M.; MEIJERHOF, R.; KEMP, B.; Van BRAND, H. The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation. **World's Poultry Science Journal**, Amsterdam, v. 64, p. 581-598, 2008.

ROBERTS, J.R. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. **Journal of Poultry Science**, Abingdon, v. 41, p. 161-177, 2004.

ROCHA, J.S.R.; BAIÃO, N.C.; BARBOSA, V.M.; POMPEU, M.A.; FERNANDES, M.N.S.; LARA, L.J.C.; MATIAS, C.F.Q.; BATISTA, J.V.M.S.P. Negative effects of fertile egg storage on the egg and the embryo and suggested hatchery management to minimize such problems. **World's Poultry Science Journal**, Amsterdam, v. 69, p. 79-89, 2013.

SALAH, A.; KHABISI, M.M.; PAKDEL, A.; BAGHBANZADEH, A. Effects of cold stress during transportation on hatchability and chick quality of broiler breeder eggs. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, Ankara, v. 36, n. 2, p. 159-167, 2012.

SAMLI, H.E.; AGMA, A.; SENKOYLU, N. Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**, London, v. 14, p. 548-553, 2005.

SANTOS FILHO, P.F.; FERNANDES, H.C.; QUEIROZ, D.M.; SOUZA, A.P.; CAMILO, A.J. Avaliação dos níveis de vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dados. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 887-895, 2003.

SCOTT, T.A.; SILVERSIDES, F.G. The effect of storage and strain of hen on egg quality. **Poultry Science**, Savoy, v. 79, p. 1725-1729, 2000.

SEYDIM, A.C.; DAWSON, P.L. Packaging effects on shell egg breakage rates during simulated transportation. **Poultry Science**, Savoy, v. 78, p. 148-151, 1999.

SHANNON, S.G.; MORAN, A.W.; MASON, K.T. Effect of vibration frequency and amplitude on developing chicken embryos. **UAAARL Report**, Fort Rucker, v. 95, n. 1, 39 p., 1994.

TAGGART, L.C.; ALEM N.M.; FREAR, H.M. Effect of vibration frequency and acceleration magnitude of chicken embryos on viability and development - phase I. **USAARL**, Fort Rucker, v. 91, 23 p., 1990.

TANURE, C.B.G.S.; CAFÉ, M.B.; LEANDRO, N.S.M.; BAIÃO, N.C.; STRINGHINI, J.H. GOMES, N.A. Efeitos da idade da matriz leve e do período de armazenamento de ovos incubáveis no rendimento de incubação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 6, p. 1391-1396, 2009.

TONA, K.; BAMELIS, F.; COUCKE, W. Relationship between broiler breeder's age and egg weight loss and embryonic mortality during incubation in large-scale conditions. **Journal of Applied Poultry Research**, London, v. 10, p. 221-227, 2001.

TONA, K.; BRUGGEMANA, V.; ONAGBESANA, O.; BAMELISA, F.; GBEASSORB, M.; MERTENS, A.K.; DECUYPERE, E. Day-old chick quality: relationship to hatching egg quality, adequate incubation practice and prediction of broiler performance. **Avian and Poultry Biology Reviews**, London, v. 16, n. 2, p. 109-119, 2005.

TORMA, T.; KOVÁCSNÉ, K.G. Effects of mechanical impacts on hatchability of broiler breeders. In: CONFERENCE MENDELNET, 2012, 19, Kamýcká. **Proceedings...Zemědělská: MendelNet**, 2012. p. 359-367.

XAVIER, I.M.C.; CANÇADO, S.V.; FIGUEIREDO, T.C.; LARA, L.J.C.; LANA, A.M.Q.; SOUZA, M.R.; BAIÃO, N.C. Qualidade de ovos de consumo submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, p. 953-959, 2008.

WALBER, M.; TAMAGNA, A. Avaliação dos níveis de vibração existentes em passageiros de ônibus rodoviários intermunicipais, análise e modificação projetual. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 11, n. 15, p. 18-32, 2010.

WARRISS, P.D.; BROWN, S.N.; KNOWLES, T.G.; EDWARDS, J.E.; DUGGAN, J.A. Potential effect of vibration during transport on glycogen reserves in broiler chickens. **The Veterinary Journal**, London, v. 153, p. 215-219, 1997.

YASSIN, H.; VELTHUIS, A.G.J.; BOERJAN, M.; RIEL, J.; HUIRNE, R.B.M. Field study on broiler eggs hatchability. **Poultry Science**, Savoy, v. 87, p. 2408-2417, 2008.

ZHOU, R.; SU, S.; YAN, L.; LI, Y. Effect of transport vibration levels on mechanical damage and physiological responses of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia Nakai*, cv. *Huanghua*). **Postharvest Biology and Technology**, London, v. 46, p. 20-28, 2007.

4 PERDAS NO NASCIMENTO E NA QUALIDADE DE PINTOS DE CORTE EM FUNÇÃO DA EXPOSIÇÃO DE OVOS FERTILIZADOS A DIFERENTES CONDIÇÕES SIMULADAS DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS

Resumo

As vibrações mecânicas decorrentes do transporte são citadas como um potencial comprometedor da integridade e da fisiologia de sistemas biológicos. Para os ovos fertilizados, que são transportados das granjas matrizeiras aos incubatórios, ainda não se sabe ao certo quais são os possíveis efeitos desse agente no desenvolvimento embrionário das aves. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas no nascimento e na qualidade de pintos de corte em função da exposição de ovos fertilizados a diferentes condições simuladas de vibrações mecânicas. Um primeiro ensaio foi conduzido em um delineamento aleatorizado em blocos, arranjado em um fatorial $2 \times 2 + 1$, com um tratamento adicional. Os fatores estudados foram determinados por duas faixas de vibração (RSS de 2,5 e 7,5 m.s^{-2}), associadas a dois tempos de exposição (60 e 180 minutos). Em função dos resultados obtidos, foi realizado outro ensaio sobre as mesmas condições, porém, com dois tratamentos, um vibrado extremo (RSS 7,5 m.s^{-2} ; 300 minutos) e um controle. Como respostas, avaliaram-se os resultados do nascimento, determinados pelas taxas de eclodibilidade e mortalidade e pela caracterização da mortalidade; a qualidade dos pintos de corte, obtida pelo peso absoluto das aves e pela quantidade de pintos de primeira linha; e o total de perdas do incubatório. As análises do primeiro ensaio foram realizadas por meio de um modelo de regressão binomial com função de ligação logito e a significância dos efeitos obtida pelo teste de Wald. No segundo ensaio, os resultados foram comparados pela análise de tabelas de contingência com auxílio do teste Qui-quadrado. Os dois ensaios apontaram que a exposição dos ovos fertilizados às vibrações mecânicas pode aumentar as perdas no nascimento e diminuir a quantidade de pintos de primeira linha. O tratamento formado pela faixa de vibração mais intensa (RSS 7,5 m.s^{-2}) aplicada em maiores intervalos de tempo (180 e 300 minutos) foi diferente do controle em quase todas as respostas, com exceção da ocorrência de anomalias embrionárias que não foi explicada por nenhum fator experimental. Pelo teste de Wald a 5% de significância, verificou-se que a chance de eclosão de um ovo vibrado no tratamento mais forte é de apenas 47% da chance de eclosão de um ovo do controle. Nesse mesmo tratamento, observou-se que a mortalidade dos embriões na fase intermediária foi significativamente maior. Na avaliação da qualidade das aves foi observada uma redução na quantidade de pintos de primeira linha em todos os tratamentos expostos à faixa de vibração superior, bem como uma redução no peso absoluto, quando comparada a média dos vibrados com o controle pelo teste t. Por fim, a porcentagem de perda de um ovo fertilizado chegou a 14,16% no tratamento RSS 7,5 m.s^{-2} ; 180 minutos, contra 5,70% do controle. Em termos econômicos, esses valores são de grandes dimensões e levantam a necessidade de se adotarem estratégias principalmente para amenizar os impactos da intensidade da vibração.

Palavras-chave: Aceleração resultante; Eclodibilidade; Mortalidade embrionária; Peso ao nascimento

Abstract

Mechanical vibrations resulted from transportation are mentioned to be a high hazardous issue of integrity and physiology found in biological systems. Fertile eggs that are transported from broiler farm to incubators are susceptible to harmful results, and it is still unknown all the possible effects in embryo development. Thus, the goal of this study was to evaluate the loss during birth and in the quality of broiler chicks, after fertile eggs were exposed to simulated mechanical vibrations in different conditions. The first assay was performed in a random modeling in blocks arranged in a factorial $2 \times 2 + 1$ with an additional treatment. The analyzed factors were determined by two vibration levels (RSS - 2.5 m.s^{-2} and 7.5 m.s^{-2}), associated with two periods of exposition time (60 and 180 minutes). Given to the obtained results, another assay submitted to the same conditions was done, therefore, in the latter two treatments were used, one extreme vibrated (RSS - 7.5 m.s^{-2} ; 300 minutes) and one control. For the results, the answers from birth were analyzed using the hatching and mortality tax and mortality characterization. The quality of broiler chicks obtained by the absolute weight and by the amount of first line chicks; and the total loss in the incubator found in the summation of previous answers, was also considered. Analyzes from the first assay were done using a modeling of logistical regression and the effects of significance obtained by the Wald test. In the second assay, the results were compared to the analysis of contingency tables with Chi-square test. The absolute-weight answer was assessed by the analysis of variance. Both assays showed that fertile eggs exposed to mechanical vibrations can increase birth loss and decrease the amount of first line chicks. The treatment submitted to intense vibration level (RSS - 7.5 m.s^{-2}) applied to bigger time intervals (180 and 300 minutes) was different from the control in almost answers, except for the occurrence of embryo anomalies, which was not explained by any experimental factor. Using the Wald test at significance of 5%, it was verified that the chance of having a hatched egg vibrated in the strongest treatment was only 47% if compared to the control group. In this treatment, it was observed that the embryo mortality in the intermediate phase was significantly higher. In terms of bird quality, it was verified a reduction in the amount of first line chicks in all treatments exposed to superior level vibration. In addition, through T test, it was possible to observe a reduction in the absolute weight when comparing the average of vibrated eggs with the control group. In conclusion, the percentage of loss of a fertile egg reached 14.16% in the treatment RSS - 7.5 m.s^{-2} ; 180 minutes, in opposition to 5.70% found in the control group. In terms of economy, these values represent an enormous dimension and point to the need to adopt strategies, mainly, to minimize the impacts on vibration intensity.

Keywords: Resultant acceleration; Hatchability; Embryonic mortality; Hatching weight

4.1 Introdução

Todos os processos que envolvem as etapas do pré-porteira têm seu peso, seja este positivo ou negativo, no nascimento e na qualidade dos pintos de corte. Assim, o estudo dos fatores que influenciam nessa etapa da avicultura torna-se

determinante na lucratividade dos incubatórios, visto que essas empresas ganham com a produção de aves de boa qualidade (ULMER-FRANCO et al., 2010).

Dos vários fatores já estudados no manejo dos ovos destinados à incubação (temperatura e umidade, tempo de armazenamento, idade e nutrição das matrizes, etc.), acredita-se que as vibrações mecânicas decorrentes do transporte dos ovos dos matrizeiros aos incubatórios, sejam um potencial causador de perdas para o sistema produtivo avícola. Todavia, ainda são escassas as pesquisas que abordaram e comprovaram com clareza os reais efeitos desse agente.

Segundo a ISO 2631 (1997), as vibrações estão relacionadas como uma complexa distribuição de movimentos e forças dentro dos corpos, que são responsáveis por originarem deformações e situações de instabilidade. De modo que, a maior ou a menor intensidade desses movimentos no transporte de cargas depende das condições das estradas e do caminhão, bem como do desempenho do motorista durante a condução do veículo (TURUNEN-RISE et al., 2003; VURSAVUS; ÖZGÜVEN, 2004; SOTELO; FRANÇA, 2006; GEBRESENBET et al., 2011).

Para os ovos fertilizados, os poucos trabalhos realizados relatam que a exposição às vibrações mecânicas pode comprometer o desenvolvimento do embrião e, conseqüentemente, as respostas do nascimento e a qualidade dos pintos de corte (TAGGART et al., 1990; SHANNON et al., 1994; TORMA; KOVÁCSNÉ, 2012; NAZARENO et al., 2013).

As pesquisas de Taggart et al. (1990) e Shannon et al. (1994), apesar de não estarem diretamente relacionadas com o transporte, apontam vários indícios de que vibrar ovos durante a incubação é prejudicial para o desenvolvimento embrionário das aves. Sendo que as principais respostas destes autores foram à redução na eclodibilidade e o aumento na incidência de anomalias embrionárias, como a duplicação de membros e ausência de olhos e bicos.

Torma e Kovácsné (2012), por meio de simulações com um agitador mecânico, encontraram uma redução de aproximadamente 15% na eclodibilidade do tratamento exposto às vibrações mais intensas quando comparado ao controle. Segundo os mesmos, esses resultados foram explicados pelo aumento da mortalidade inicial dos embriões. Sendo que essa maior mortalidade pode estar relacionada com o agitação do albúmen e com o deslocamento da gema, provocado pelas vibrações (TAGGART et al., 1990; NAZARENO et al., 2013).

Ranathunga et al. (2010) explicam que o transporte se torna inviável se os danos às cargas devido às vibrações forem muito altos. No caso da avicultura de corte, Nazareno et al. (2013) provaram que as vibrações decorrentes do transporte aumentam a incidência de quebras e trincas em ovos fertilizados. Esses autores concluíram que essas perdas chegam a milhões de reais, considerando apenas o descarte de 1,05% ovos, em viagens cujos níveis de vibração são mais intensos (aceleração resultante superior a 10 m.s^{-2}).

Supõe-se que a exposição dos ovos fertilizados às vibrações, além de promover uma maior incidência de quebras e trincas, também possa comprometer o desenvolvimento embrionário das aves, aumentando ainda mais o prejuízo dos incubatórios, os quais compram e incubam ovos sem saber se a sua qualidade interna está comprometida por algum agente físico. Perante a isso, o objetivo desse trabalho foi estimar as perdas no nascimento e na qualidade dos pintos de corte, em função da exposição de ovos fertilizados a diferentes condições simuladas de vibrações mecânicas do transporte.

4.2 Material e métodos

Ovos fertilizados foram expostos a simulações de vibrações mecânicas do transporte, utilizando um agitador capaz de reproduzir os movimentos de interesse. Foram realizados dois ensaios, com diferentes condições simuladas de faixas de vibração e tempos de exposição. Após a aplicação dos tratamentos, os ovos foram incubados com o intuito de avaliar o efeito das vibrações sobre o nascimento e qualidade dos pintos recém-eclodidos.

O experimento foi realizado em um incubatório comercial do Grupo Flamboiã Alimentos, localizado no município de Mogi Mirim. O primeiro ensaio ocorreu nos meses de julho e agosto de 2013, enquanto o segundo, em novembro e dezembro do mesmo ano, após a obtenção dos resultados do primeiro.

4.2.1 Tratamentos e delineamento experimental

Nos dois ensaios, os tratamentos consistiram na associação de faixas de vibrações a diferentes tempos de exposições às vibrações, sempre com um tratamento em que os efeitos deste agente não foram aplicados (controle).

Como faixas de vibração foram adotadas duas intensidades, uma inferior e uma superior. Essas faixas são representadas na Tabela 8 pelos valores da raiz quadrática média (RMS; $m.s^{-2}$) dos eixos x, y e z e pela aceleração resultante (RSS; $m.s^{-2}$), descritos por Bovenzi (2005), Ranathunga et al. (2010) e pela Norma de Higiene Ocupacional (BRASIL, 2013), como importantes parâmetros para determinação das vibrações mecânicas.

Tabela - Caracterização das faixas de vibração aplicadas como tratamentos nos dois ensaios

Aceleração ($m.s^{-2}$)	Faixa inferior	Faixa superior
RMS x	0,95	2,80
RMS y	2,20	6,50
RMS z	0,68	2,50
RSS (total)	2,50	7,50

A faixa inferior caracterizou vibrações mais suaves, dentro dos limites de exposição de $2,5 m.s^{-2}$ citados em trabalhos realizados com humanos e animais (GRIFFIN, 1990; RANDALL, 1992; GEBRESENBET et al., 2011). A outra faixa foi determinada por acelerações mais intensas e obtidas com a máxima atuação do agitador, na tentativa de simular condições reais encontradas em estradas brasileiras, cujos valores de RSS ultrapassam $10 m.s^{-2}$ (NAZARENO et al. 2013).

Os tempos de exposição testados no primeiro ensaio foram um mínimo de 60 minutos e um máximo de 180 minutos, ou seja, tempos estimados para viagens relativamente curtas (50 a 200 km). No segundo ensaio, os ovos foram vibrados por 300 minutos, para simular uma condição de transporte mais longa.

No primeiro ensaio, foi adotado um delineamento aleatorizado em blocos, sendo ao todo quatro blocos completos constituindo quatro repetições. As duas faixas de vibração foram associadas aos tempos de 60 e 180 minutos de exposição, formando um fatorial $2 \times 2 + 1$, representados pelos tratamentos T1, T2, T3 e T4 e por um tratamento adicional (controle) Os tratamentos foram aplicados a grupos de 4 bandejas, com 120 ovos cada uma, os quais foram considerados as parcelas para este ensaio (Figura12).

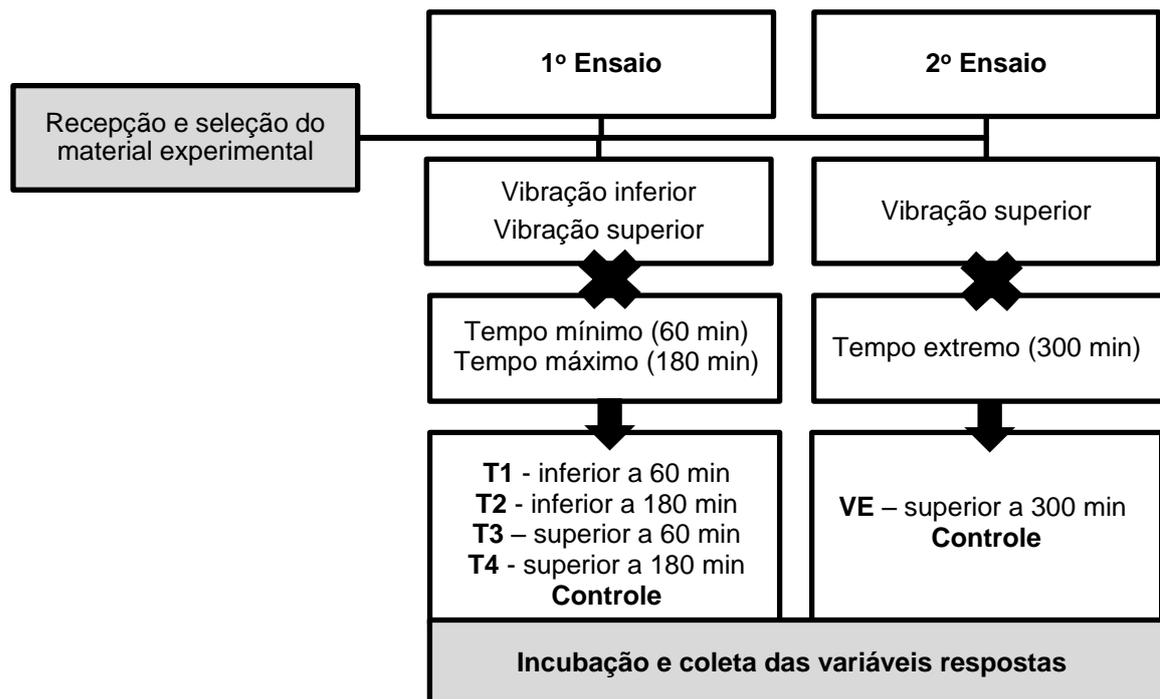


Figura – Procedimentos experimentais e descrição dos tratamentos dos ensaios

O segundo ensaio teve dois tratamentos testados, o de vibração e o controle, assim como o apresentado na Figura 12. O tratamento de vibração foi determinado por uma faixa superior ($RSS = 7,50 \text{ m.s}^{-2}$) aplicada em um tempo extremo de exposição (300 minutos), enquanto o tratamento controle, como no primeiro ensaio, representou o grupo de ovos não exposto às vibrações.

Neste último ensaio, cada ovo das bandejas foi admitido como uma unidade experimental, e possíveis correlações existentes entre ovos de uma mesma bandeja foram negligenciadas em benefício do número de graus de liberdade nos resíduos. Apenas um conjunto de bandejas foi submetido à vibração, enquanto os ovos de outro conjunto serviram como controle. Então, os resultados foram analisados como provenientes de um experimento inteiramente aleatorizado com 96 repetições para cada um dos dois tratamentos. Apesar de tal técnica não ser ortodoxa, ela geralmente é utilizada em experimentos com vibração, devido à limitação no número de agitadores disponíveis (RANDALL et al., 1997; BERARDINELLI et al., 2003)

4.2.2 Material experimental e aplicação dos tratamentos

Em ambos os ensaios foram utilizados ovos fertilizados, já selecionados, de lotes de matrizes Cobb-500, em pico de produção (32 a 35 semanas de idade no primeiro ensaio; 31 semanas no segundo ensaio). Os ovos vieram de um matrizeiro de Amparo em São Paulo, localizado a 50 km do incubatório de Mogi Mirim. A recepção e a aplicação dos tratamentos (simulações) foram realizadas na sala de ovos do incubatório, com condições ambientais controladas por aparelhos de ar condicionado, visando manter a temperatura abaixo do zero fisiológico (20° C) (DECUYPERE et al., 2001; ROCHA et al., 2013).

Os procedimentos foram os mesmos nos dois ensaios, diferindo apenas dos tratamentos e da quantidade de ovos utilizada. Para as simulações dos movimentos vibratórios do transporte, foi utilizado um agitador mecânico constituído de um motor de rotação excêntrica (1250 RPM). O agitador foi adaptado de uma máquina massagedora comercial para que reproduzisse as duas faixas de interesse da pesquisa.

No primeiro ensaio, as simulações consistiram na aplicação dos tratamentos da parte fatorial, T1, T2, T3 ou T4, em uma ordem de execução determinada por sorteio dentro de cada bloco, cuja duração foi de um dia. Em cada bloco foram utilizadas 16 bandejas plásticas de 30 x 30 cm, com capacidade para 30 ovos, formadas por ovos já selecionados e oriundos de um mesmo carregamento. Quando prontas, as bandejas foram agrupadas em conjuntos de quatro, que representaram as parcelas para as quais foram designados os tratamentos de vibração do primeiro ensaio. Cada parcela foi composta por 120 ovos fertilizados. Ao final, foram contabilizados 480 ovos por tratamento e, conseqüentemente, 1920 ovos vibrados na totalidade do experimento.

Uma parcela por vez foi exposta às vibrações, dentro da faixa e do tempo de exposição determinado pelo respectivo tratamento da parte fatorial. Para tal, a pilha de quatro bandejas referentes a cada parcela foi colocada em uma caixa de transporte de ovos convencional (63 x 32,4 x 30 cm), apoiada sobre a plataforma do agitador mecânico. Nessa caixa já havia uma pilha de suporte, também formada por quatro bandejas e utilizada apenas para preencher a capacidade total da caixa de oito bandejas, como o observado na Figura 13.

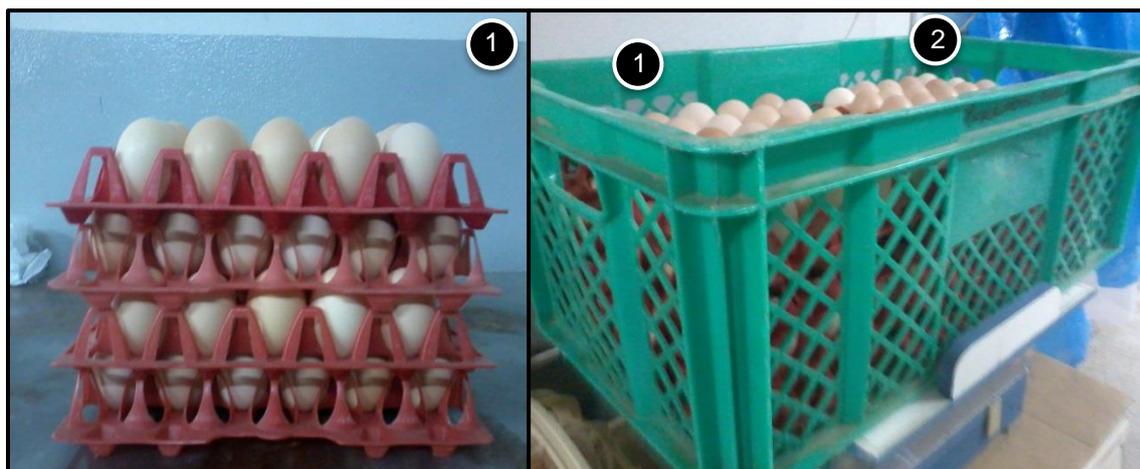


Figura – Esquematização das simulações: (1) pilha de bandejas da parcela; (2) pilha de suporte

Com a caixa pronta, o agitador era acionado para trabalhar na faixa de vibração do tratamento em questão (inferior ou superior), durante o tempo de exposição determinado pelo mesmo (60 ou 180 minutos).

No segundo ensaio foram utilizados 120 ovos no tratamento vibrado, ou seja, uma pilha com quatro bandejas. A simulação foi conduzida na faixa de vibração de RSS de $7,5 \text{ m.s}^{-2}$, por 300 minutos de exposição, sendo utilizada também a pilha de suporte para preencher a caixa de ovos com oito bandejas.

Os ovos dos tratamentos controle dos dois ensaios não foram submetidos a nenhum procedimento, sendo apenas armazenados para a incubação. Esses foram transferidos diretamente para as bandejas de incubação que têm capacidade para 96 unidades. No primeiro ensaio foram formadas quatro bandejas de controle, uma para cada bloco, totalizando 384 ovos, enquanto no segundo ensaio foi formada uma bandeja de controle com um total de 96 ovos.

4.2.3 Incubação

Ao término das simulações, os ovos vibrados foram transferidos para as bandejas de incubação, formando sempre uma bandeja com 96 ovos por tratamento. Porém, como 120 ovos foram vibrados, com o intuito de trabalhar com as bandejas e com as caixas de transporte completas, 24 ovos tiveram que ser descartados na formação das bandejas de incubação. O descarte foi feito igualmente entre as bandejas das parcelas, com a remoção de seis ovos de cada uma, sendo sempre retirados dois ovos do centro e um ovo de cada vértice.

Em cada bloco do primeiro ensaio, formaram-se cinco bandejas de incubação referentes aos tratamentos fatoriais T1, T2, T3 e T4 e ao controle, enquanto no segundo ensaio formaram-se duas bandejas, uma do tratamento de vibração e uma do controle. A quantificação dos ovos e das bandejas de incubação dos dois ensaios pode ser verificada com mais detalhes na Tabela 9.

Tabela - Quantificação dos ovos dos dois ensaios

	Ovos vibrados	Ovos do controle	Total de ovos incubados	Total de bandejas de incubação
1º Ensaio	1920, sendo 120 por tratamento (T1, T2, T3 e T4) em cada bloco*	384, sendo 96 por bloco	1920, sendo 96 por tratamento (fatorial e controle) em cada bloco*	Cinco bandejas por bloco*
2º Ensaio	120	96	192	Duas bandejas

* considerando quatro blocos completos

Na formação das bandejas de incubação, os ovos foram colocados nos alvéolos sempre com a maior extremidade para cima (região da câmara de ar), segundo as recomendações de Adda (2003) (Figura 14a).



(a)



(b)

Figura - Preparo dos tratamentos para incubação: (a) bandeja de um tratamento formada por 96 ovos; (b) tratamentos dispostos no carrinho, já prontos para a incubação

Quando prontas, as bandejas foram identificadas por tratamento e dispostas nos carrinhos de incubação, até que todas as parcelas fossem expostas aos tratamentos de vibração e pudessem ser transferidos juntamente para as

incubadoras (Figura 14b). As bandejas de cada bloco do primeiro ensaio e as bandejas do segundo ensaio foram incubadas juntas e na mesma máquina.

No caso do primeiro ensaio, as incubações ocorreram na madrugada do dia posterior às simulações. Conseqüentemente, os ovos ficaram armazenados por apenas um dia, assim como o realizado nas simulações no experimento de Torma e Kovácsné (2012). No segundo ensaio, em virtude da logística do incubatório, os ovos tiveram que permanecer armazenados por três dias até a incubação. Na Tabela 10 é possível verificar as datas de recepção dos ovos, das simulações, incubação, transferência e nascimento das aves, dos dois ensaios.

Tabela - Datas da recepção dos ovos, simulações, incubação, transferência e nascimento das aves para os dois ensaios

	Bloco	Procedimentos				
		Recepção	Simulação	Incubação	Transferência	Nascimento
1º Ensaio	1	01/07	03/07	04/07	23/07	25/07
	2	09/07	11/07	12/07	31/07	02/08
	3	15/07	17/07	18/07	06/08	08/08
	4	22/07	24/07	25/07	13/08	15/08
2º Ensaio	--	21/11	22/11	25/11	14/12	16/12

A incubação ocorreu dentro da rotina da empresa, em incubadoras de estágio múltiplo da CASP (modelo CMG 125), com condições controladas de temperatura (37,5 a 37,8 °C), umidade (40 a 60%), ventilação e viragem automática de hora em hora, como o recomendado na literatura (DECUYPERE et al., 2001; GONZALES; CESARIO, 2003; DECUYPERE; BRUGGEMAN, 2007). As bandejas dentro de cada bloco do primeiro ensaio e as bandejas do segundo ensaio foram colocadas em um mesmo quadrante da máquina (frente, meio ou fundo; direita ou esquerda), sempre o mais próximo possível umas das outras, conforme o padrão de preenchimento das máquinas da empresa.

Nos dois ensaios, os ovos permaneceram na incubadora por aproximadamente 18,5 dias (445 horas), quando foram transferidos para as caixas de eclosão, identificadas por tratamento. As caixas de eclosão foram dispostas

sempre uma em cima da outra, em uma única ordem (T1, T2, T3, T4 e controle, no primeiro ensaio; vibrado e controle, no segundo ensaio) e transferidas para um único nascedouro da CASP, modelo G21e, onde os ovos permaneceram até que se completasse o período total de desenvolvimento de 21 dias (504 horas). Assim como nas incubadoras, as condições ambientais dos nascedouros também foram controladas pela empresa e seguindo as recomendações já conhecidas.

Ao término do tempo total de incubação (504 horas), os tratamentos de cada bloco do primeiro ensaio e os tratamentos do segundo ensaio foram retirados de uma única vez dos nascedouros e destinados à sala de vacinação do incubatório, para o início da avaliação das respostas de interesse.

4.2.4 Variáveis respostas

As variáveis respostas avaliadas nos dois ensaios foram as mesmas, sendo essas baseadas em um conjunto de medidas utilizadas para avaliar os resultados do nascimento (taxas de eclodibilidade e mortalidade e a caracterização do tipo de mortalidade), a qualidade dos pintos de corte (peso absoluto e classificação das aves) e o total de perdas do incubatório.

4.2.4.1 Taxas de eclodibilidade e mortalidade

Nos dois ensaios, os pintos e os ovos não eclodidos foram contabilizados, por tratamento, e transferidos das caixas dos nascedouros para outras caixas, separando-os dos resíduos da incubação e dos pintos mortos na bandeja, ou seja, das aves que nasceram, mas morreram antes da coleta das variáveis. Na Figura 15 é possível visualizar a sequência de procedimentos adotados para a coleta das respostas de interesse.

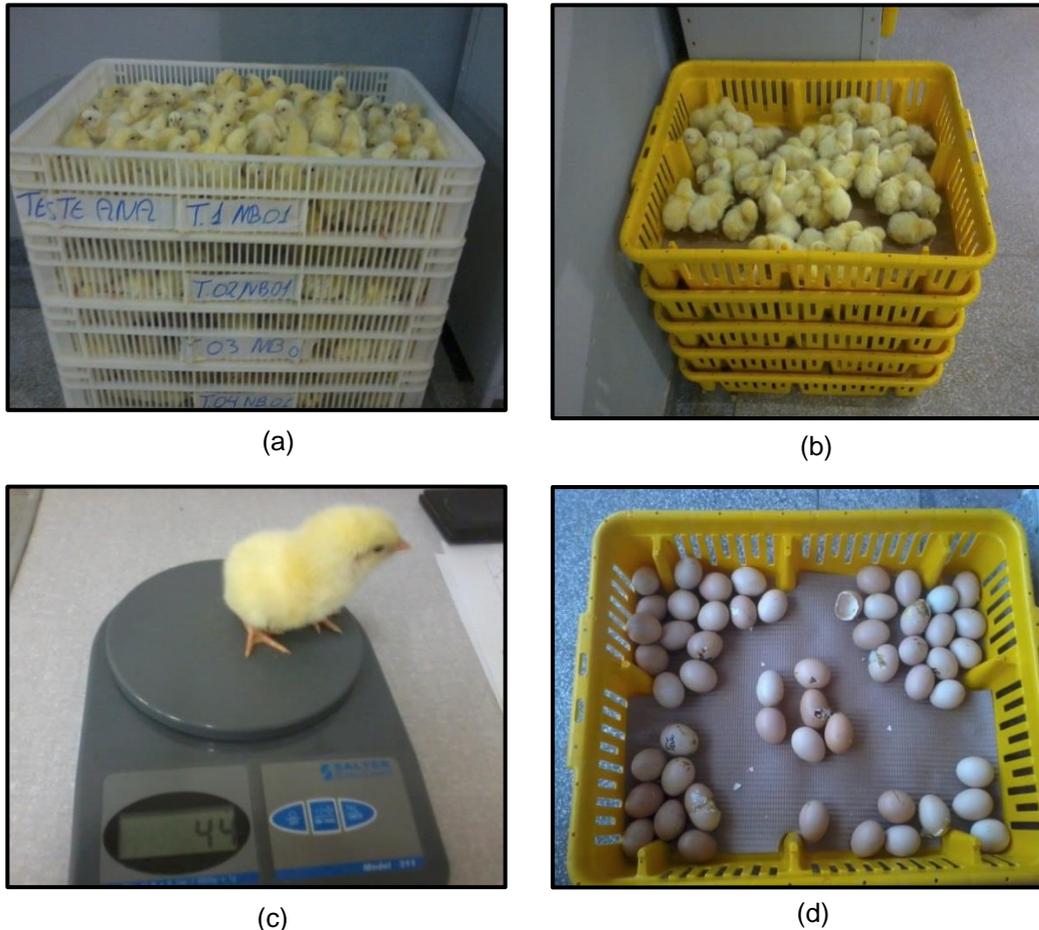


Figura - Sequência de procedimentos: (a) retirada dos tratamentos dos nascedouros; (b) separação das aves por tratamento; (c) pesagem e avaliação da qualidade dos pintos; (d) ovos não eclodidos já separados para a quebra

Os ovos não eclodidos foram destinados à quebra, a fim de se identificarem os ovos inférteis, para que pudessem ser obtidas as taxas de eclodibilidade e mortalidade. A quebra dos ovos procedeu-se pelo pólo maior, ou seja, pela região da câmara de ar, depositando cuidadosamente o conteúdo em uma superfície, seguindo as recomendações de Adda (2003) e Gonzales (2005). Foram considerados ovos inférteis (claros) aqueles que não apresentaram sinais evidentes de desenvolvimento. Este estado foi identificado por um pequeno ponto denso de cor branca, sem bordas circulares, correspondente ao disco germinativo não fecundado, na ausência de manchas de sangue ou do próprio embrião (GONZALES, 2005; TULLET, 2009).

Os ovos inférteis foram subtraídos do total de ovos que não eclodiram e do total de ovos incubados e descartados das análises, partindo-se do princípio de que a infertilidade não é influenciada pelos tratamentos avaliados (SHANNON et al., 1994). O total de ovos fertilizados incubados foi utilizado no cálculo da taxa de

eclodibilidade, apresentada na eq. 4 e descrita por Tona et al. (2001), Tullet (2009) e Esen et al. (2010).

$$\text{Eclodibilidade} = \frac{\text{Número de aves nascidas vivas}}{\text{Total de ovos fertilizados incubados}} \times 100 \quad . \quad (4)$$

Para a determinação da taxa de mortalidade, utilizou-se o número de ovos fertilizados que não eclodiram pelo total de ovos fertilizados incubados, dada esta relação pela eq. 5 (TULLET, 2009),

$$\text{Mortalidade} = \frac{\text{Ovos fertilizados não eclodidos}}{\text{Total de ovos fertilizados incubados}} \times 100 \quad . \quad (5)$$

4.2.4.2 Caracterização da mortalidade embrionária

Os ovos fertilizados não eclodidos também foram identificados quanto ao tipo de mortalidade, em função da fase em que ocorreu a interrupção do desenvolvimento embrionário.

Considerou-se mortalidade precoce os embriões mortos que aparentaram estar entre o primeiro e o quinto dia de desenvolvimento; intermediária do sexto ao 17º dia; e tardia do 18º ao 21º dia. Os ovos bicados (vivos e mortos), ou seja, as aves completamente formadas que perfuraram a casca, mas não conseguiram sair, entraram na classificação da mortalidade tardia (TULLET, 2009). Na Figura 16 é possível visualizar os diferentes padrões utilizados para a classificação do tipo de mortalidade embrionária por fase.

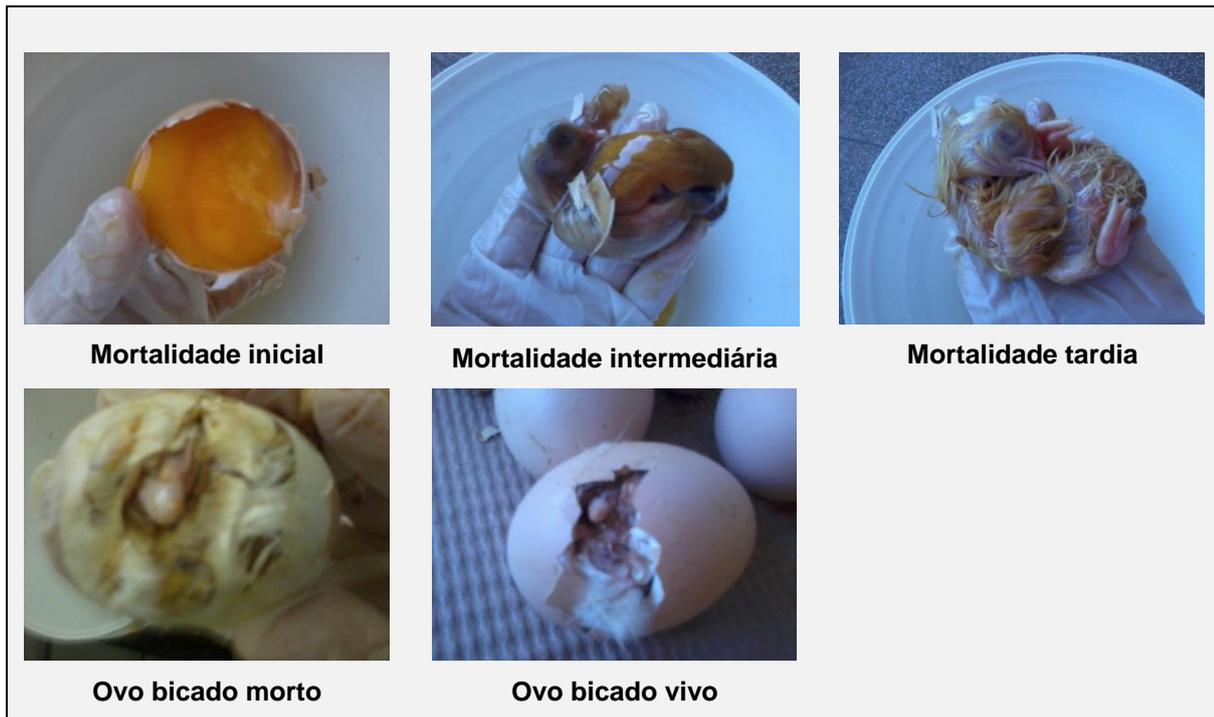


Figura - Diferentes tipos de mortalidade embrionária por fase

Para caracterização da mortalidade, registrou-se também a ocorrência de anomalias embrionárias, contabilizadas como: (1) total de anomalias por tratamento; (2) total de aves anômalas, considerando os casos de anomalias múltiplas em uma única ave; (3) e total de anomalias por categoria.

As anomalias foram registradas apenas nos embriões em desenvolvimento mais avançado, ou seja, naqueles diagnosticados em mortalidade intermediária e tardia. As incidências observadas foram duplicação de face, cérebro exposto, deformação nos olhos, duplicação de membros, deformação no bico e cavidade abdominal aberta, assim como se pode observar na Figura 17.



Figura - Diferentes anomalias observadas na quebra dos resíduos

Os ovos contaminados, assim como os inférteis, não foram considerados nas respostas desta pesquisa, partindo-se do princípio de que essa ocorrência também não seria influenciada pelos tratamentos aplicados. Esse mesmo procedimento foi adotado por Shannon et al. (1994). Para garantir com maior precisão a classificação das diferentes ocorrências, foi utilizado o Guia do Manejo da Incubação da Cobb (COBB, 2008).

4.2.4.3 Avaliação da qualidade dos pintos de corte

As aves nascidas vivas foram pesadas individualmente, para a obtenção do peso absoluto no nascimento (PA; g) por tratamento. Simultaneamente à pesagem, foi feita a avaliação visual com a separação das aves em dois grupos, sendo esses, o de aves de primeira linha e o de aves de segunda linha. Para essa classificação, foram adotados os critérios descritos por Boleli (2003), Tona et al. (2003, 2004) e Reijrink et al. (2010), listados na Figura 18 e ilustrados na Figura 19.

Aves de primeira linha	Aves de segunda linha
Ausência de qualquer defeito físico	Presença de defeito físico (anomalias), como duplicação de membros, cérebro exposto, vísceras expostas
Ave limpa, seca, sem resíduos da incubação em seu corpo ou lesões de pele	Ave suja, molhada, com resíduos da incubação ou lesões de pele
Bico íntegro e bem formado	Ausência de bico, bico quebrado, sangrando
Olhos brilhantes e atentos	Ausência de olhos ou olhos com deformações
Conformação normal dos membros	Membros duplicados ou comprometidos, tortos, abertos, ou com maior número de dedos
Umbigo completamente fechado, ausência do saco vitelínico e de membranas residuais	Umbigo aberto, enegrecido, presença do saco vitelínico e membranas residuais
Pinto de tamanho normal e atento ao ambiente	Pinto refugo, muito pequeno ou fraco

Figura - Critérios adotados para classificação das aves como de primeira e segunda linha



Figura - Diferentes ocorrências que classificaram os pintos como de segunda linha

Na classificação dos pintos como de segunda linha, registrou-se também o total de problemas, contabilizado como: (1) total de problemas por tratamento; (2) total de aves com algum problema, considerando os casos de ocorrências múltiplas em uma única ave; (3) e total de problemas por categoria.

Ao término da tomada das respostas, os pintos de primeira linha entraram na linha de produção e as aves de segunda linha foram descartadas, em um procedimento normal do incubatório.

4.2.4.4 Total de perdas do incubatório

Por fim, obteve-se o total de perdas do incubatório, em função dos possíveis efeitos da exposição dos ovos às vibrações. Para tal, somou-se o número de ovos fertilizados não eclodidos, o número de pintos mortos na bandeja e o número de aves de segunda linha de cada tratamento.

4.2.5 Análise estatística

A resposta peso absoluto das aves (PA; g) foi analisada por meio de um modelo de análise de variância, expresso por

$$y_{ik} = \mu + \delta_k + \tau_i + \epsilon_{ik} , \quad (6)$$

em que, y_{ik} é o valor observado da resposta no i -ésimo tratamento dentro do k -ésimo bloco, μ é a média geral, δ_k é o efeito do k -ésimo bloco, τ_i é o efeito do i -ésimo tratamento e ϵ_{ik} é o erro aleatório associado à respectiva observação. É importante notar que os efeitos de tratamentos relativos à parte fatorial do experimento são desdobrados nos efeitos principais dos fatores faixa e nível de vibração e na sua interação.

No modelo, os erros aleatórios foram assumidos como independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância constante e igual a $\sigma^2 > 0$. As pressuposições clássicas para a análise de variância foram verificadas com o auxílio dos testes de Shapiro-Wilk (para a normalidade) e de Bartlett (para a homogeneidade de variâncias) ao nível de 5%. A independência das observações foi garantida pelo esquema de aleatorização, e a significância dos efeitos dos

tratamentos foi verificada com o auxílio do teste F da análise de variância ao nível de 5%. A média obtida para os quatro tratamentos da parte fatorial foi comparada ao controle por meio do teste t, ao nível de significância de 5%. O teste de Tukey foi utilizado nas comparações múltiplas de médias relativas à parte fatorial do experimento, também ao nível de significância de 5%.

No primeiro ensaio, as respostas taxa de eclodibilidade, mortalidade por fases (precoce, intermediária e tardia), proporção de pintos de primeira linha e total de perdas foram analisadas por meio de um modelo linear generalizado, utilizando-se a distribuição binomial e com função de ligação logito, cujo preditor linear é expresso por

$$\log_e \left(\frac{\pi_{ik}}{1-\pi_{ik}} \right) = \mu + \delta_k + \tau_i , \quad (7)$$

em que π_{ik} é a proporção de ovos fertilizados na bandeja correspondente ao i-ésimo tratamento do k-ésimo bloco que apresenta o evento de interesse, tal como ter eclodido, caracterizar mortalidade inicial ou gerar uma ave de primeira linha. A razão

$$\frac{\pi_{ik}}{1-\pi_{ik}} \quad (8)$$

que é equivalente ao número de casos dividido pelo número de não-casos do evento de interesse, tendo em vista os ovos fertilizados, é dita chance de ocorrência do respectivo evento. Por exemplo, se em uma bandeja com 96 ovos incubados temos que 91 eram férteis, mas apenas um deles não eclodiu, diremos, com base nesses resultados, que a chance de um ovo fértil não eclodir é de 1/90, ou seja, equivalente a 0,0111. Na regressão binomial com função de ligação logito, avaliaram-se os efeitos dos fatores experimentais sobre o logaritmo natural das chances. No modelo, o parâmetro μ determina uma média geral deste logaritmo, enquanto os parâmetros δ_k e τ_i indicam os efeitos do k-ésimo bloco e do i-ésimo tratamento, respectivamente.

Em muitas ocasiões é interessante apresentar os resultados da regressão binomial por meio das razões de chance, isto é, a divisão entre a chance de ocorrência de um evento em um grupo tratado pela observada em um grupo de

referência. Dessa maneira, podemos avaliar quanto um tratamento é capaz de afetar a chance de ocorrência do evento em estudo.

Tal como o modelo de análise de variância, o modelo linear generalizado utilizado nesta etapa depende de algumas suposições estatísticas, as quais foram averiguadas a partir de diferentes métodos: análise da deviance residual pelo teste Qui-quadrado ao nível de 5% de significância, gráficos dos componentes de desvio e envelopes simulados com 95% de confiança para os mesmos.

A significância dos coeficientes dos modelos ajustados (Eq. 7) foi obtida por meio do teste de Wald, ao nível de 5% de significância. Dessa maneira, foi possível comparar os tratamentos da parte fatorial com o controle, bem como avaliar os efeitos principais dos fatores experimentais e sua interação sobre o logaritmo das chances. Também foram construídos intervalos com 95% de confiança para as razões de chance estimadas pelos ajustes.

No segundo ensaio, o peso das aves vivas foi analisado por meio do teste t para comparar médias de populações independentes, ao nível de significância de 5%. Para as demais respostas, foi utilizado o teste Qui-quadrado para a análise de tabelas de contingência, com $\alpha=0,05$.

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados pelo programa estatístico R (R CORE TEAM, 2005).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Taxas de eclodibilidade e mortalidade

A Tabela 11 traz a análise descritiva do primeiro ensaio, composta pelas médias e pelos desvios-padrão amostrais das taxas de eclodibilidade e mortalidade (%), bem como das medidas utilizadas para obtenção das mesmas, ou seja, o número de aves nascidas vivas, de ovos não eclodidos e de ovos fertilizados não eclodidos.

Tabela - Médias e desvios-padrão obtidos para o número de aves nascidas vivas, ovos não eclodidos, ovos fertilizados não eclodidos e taxas de eclodibilidade (%) e mortalidade dos tratamentos do primeiro ensaio

Tratamentos	Variáveis respostas				
	Aves vivas	Ovos não eclodidos	Ovos fertilizados não eclodidos	Eclodibilidade (%)	Mortalidade (%)
T1	89,50 ± 2,51	6,25 ± 2,21	6,00 ± 2,16	93,73 ± 2,25	6,27 ± 2,25
T2	88,75 ± 2,50	6,75 ± 2,21	5,25 ± 0,95	94,43 ± 1,08	5,26 ± 1,08
T3	87,75 ± 4,71	8,25 ± 4,71	7,50 ± 4,43	92,12 ± 4,67	7,88 ± 4,67
T4	84,25 ± 2,75	11,75 ± 2,75	10,50 ± 2,64	88,92 ± 2,78	11,08 ± 2,78
Controle	89,50 ± 1,29	6,50 ± 1,29	5,25 ± 1,70	94,47 ± 1,76	5,53 ± 1,76

Na totalidade dos ovos incubados, aproximadamente, 1,2% eram inférteis. Esses ovos foram descartados das análises, partindo-se do princípio de que a fertilidade não pode ser influenciada pelos tratamentos de vibração (SHANNON et al., 1994; TORMA e KOVÁCSNÉ, 2012). Dessa forma, para as respostas estudadas adotou-se como parâmetro o número de ovos fertilizados não eclodidos.

A média geral observada para a taxa de eclodibilidade neste ensaio foi de 92,73%. Aparentemente, essa eclodibilidade é menor que o esperado, visto que, para matrizes em pico de produção, deve-se atingir um mínimo de 93,5% de nascimentos, principalmente se os ovos forem armazenados sob condições adequadas e por um curto período de tempo, como no caso das condições experimentais desta pesquisa (TONA et al., 2004; COBB, 2008).

Pela análise descritiva foi verificado que as eclodibilidades médias obtidas nos fatoriais T1, T2, T3 e controle são próximas e estão dentro do esperado para a faixa de idade das matrizes em questão.

Há evidências de que os ovos expostos ao tratamento T4, caracterizado pelas piores condições de vibração do primeiro ensaio (RSS 7,5 m.s⁻²; 180 minutos), tenham sido mais afetados, visto que a média da taxa de eclodibilidade foi menor que 90%. Ainda quando comparada a eclodibilidade de T4 com o manual da linhagem (COBB, 2008), verifica-se que essa resposta é equivalente ao esperado para matrizes com mais de 51 semanas de idade (88,6%), o que não foi o caso das aves utilizadas neste ensaio, cuja idade variou de 32 a 35 semanas. Esse resultado

sugere que as vibrações possam depreciar os resultados da incubação, da mesma forma com o que ocorre com os ovos produzidos por matrizes mais velhas, já no final do ciclo produtivo.

As taxas de mortalidade e eclodibilidade são complementares, ou seja, uma maior eclodibilidade significa uma menor mortalidade e vice-versa. Conseqüentemente, a taxa de mortalidade apresenta-se maior em T4, já discutido como o tratamento em que os ovos foram mais afetados pelas vibrações (Figura 20).

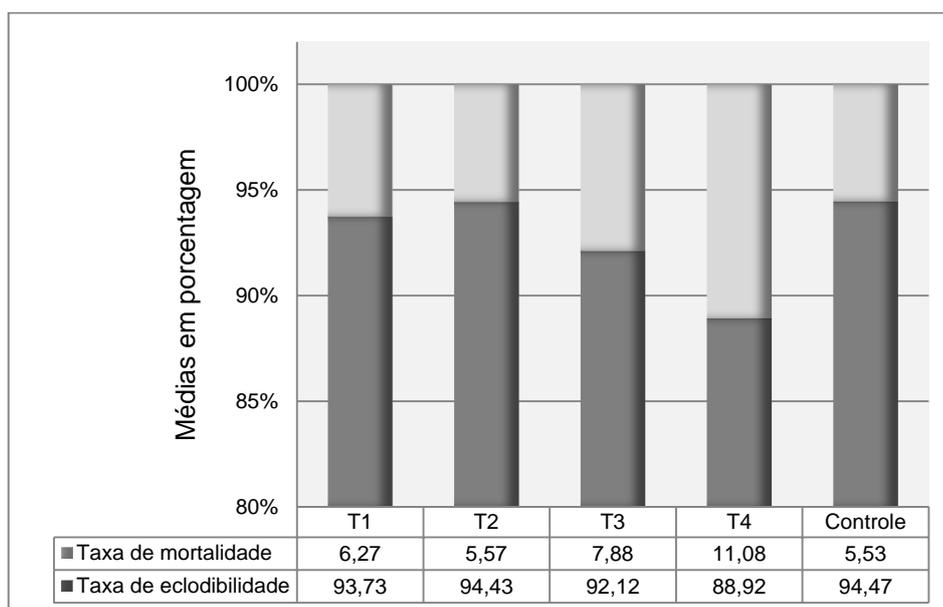


Figura - Taxas de eclodibilidade e mortalidade dos tratamentos do primeiro ensaio

Em contrapartida, a média da taxa de mortalidade em T1 e T2, ambos expostos à faixa menos intensa ($2,5 \text{ m.s}^{-2}$), se apresenta próxima à obtida para o controle (5,53%) e, ainda, menor que a dos dois tratamentos compostos pela faixa de $7,5 \text{ m.s}^{-2}$, ou seja, T3 e T4.

Torma e Kovácsné (2012) encontraram que, para a exposição de ovos fertilizados a uma vibração mais intensa (30 Hz), a eclodibilidade é menor (64,89%), quando comparada a um tratamento de vibração inferior a 20 Hz (76,80%) e ao controle, o qual deteve a melhor resposta (80,74%). Acredita-se que os resultados obtidos neste trabalho sejam semelhantes aos encontrados por esses autores. Os tratamentos T3 e T4, nos quais os ovos foram submetidos à faixa de vibração de $7,5 \text{ m.s}^{-2}$, resultaram em médias de eclodibilidade menores, sendo essas 92,12 e 88,92%, respectivamente. Para T1 e T2, ambos formados pela faixa de vibração

inferior ($RSS\ 2,5\ m.s^{-2}$), a média dessa resposta parece ser mais próxima à do controle, que aparentemente apresenta a melhor eclodibilidade (94,47%).

Outro resultado parecido com o encontrado nesta pesquisa é o de Potter e Bassett (2001), os quais não verificaram diferenças significativas na taxa de eclodibilidade de ovos de Emu que foram expostos a vibrações com acelerações RSS de $1,91\ m.s^{-2}$ e $2,80\ m.s^{-2}$, quando comparados aos ovos controle. As acelerações avaliadas por estes autores são próximas à adotada na faixa de $RSS\ 2,5\ m.s^{-2}$, aplicada nos tratamentos T1 e T2. Nesse ensaio, supõe-se que esses tratamentos também não sejam diferentes do controle, visto que as médias das taxas de eclodibilidade e mortalidade se apresentam semelhantes às dos ovos não vibrados.

Analisando os dados por meio de um modelo linear generalizado, observou-se que a probabilidade de uma ave eclodir neste ensaio foi de 92,73%. Essa probabilidade está ligada a uma chance de eclosão de 12,75, ou seja, a cada 12,75 ovos fertilizados, um não eclode. Para essa chance de eclosão, o intervalo com 95% de confiança é de 10,76 a 15,23.

Os valores da razão de chance (RC) da resposta eclodibilidade referentes a cada tratamento são apresentados na Tabela 12, juntamente com os seus respectivos intervalos de confiança (IC).

Tabela - Razões de chance de eclosão e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para o tratamento controle (intercepto) e para os tratamentos da parte fatorial

Tratamento	Razão de chance	Intervalo com 95% de confiança
Controle (intercepto)	17,30	[10,40; 30,37]
T1	0,87	[0,47; 1,59]
T2	0,99	[0,52; 1,85]
T3	0,68	[0,37; 1,21]
T4*	0,47	[0,26; 0,80]

* Efeitos significativos pelo teste de Wald ao nível de 5% de significância
Observação: valores referentes aos blocos foram excluídos

Foi verificado que a chance de eclosão de um ovo do controle é de 17,30, o que significa que, para cada 17,30 ovos fertilizados eclodidos, um não eclode. Essa

chance nada mais é do que a média de 94,47% da taxa de eclodibilidade, já discutida na análise descritiva. O tratamento controle foi adotado como intercepto das análises, ou seja, o valor da chance de eclosão do mesmo foi utilizado para a obtenção das estatísticas dos tratamentos fatoriais, obtendo-se assim a razão de chance da eclodibilidade de cada um desses.

Pelo teste de Wald a 5% de significância, o log da razão de chance do controle difere apenas no tratamento T4, em que foi aplicada a faixa de vibração superior ($RSS\ 7,5\ m.s^{-2}$) por um maior tempo de exposição (180 minutos). Nesse tratamento, a chance de eclosão de um ovo é praticamente a metade da chance de eclosão de um ovo do controle ($RC = 0,47$). Tal relação foi obtida em função das 359 aves que nasceram no controle e dos 21 ovos fertilizados que não eclodiram no mesmo, contra as 338 aves nascidas em T4 e os 42 ovos fertilizados não eclodidos. Pode-se assim afirmar que a probabilidade de eclosão dos ovos fertilizados é menor no tratamento de vibração mais intenso que, conseqüentemente, apresenta uma maior mortalidade, confirmando as suposições levantadas na análise descritiva.

O modelo logístico de Shannon et al. (1994) detectou que a chance de não eclosão de um ovo exposto a vibração é de 27,8% para uma aceleração de $1\ m.s^{-2}$ no eixo y, sendo que essa chance foi para 46,4% quando a aceleração aumentou em $0,5\ m.s^{-2}$. Vale colocar que a metodologia de Shannon et al. (1994) é diferente da adotada nessa pesquisa pelo fato de os ovos terem sido vibrados durante a incubação. Apesar dessa diferença, os resultados obtidos por esses autores complementam os resultados encontrados, de modo que as maiores acelerações podem comprometer significativamente os resultados da incubação.

A chance de eclosão de um ovo, considerando-se a média geral dos cinco tratamentos, é de 15,10. Esse valor foi utilizado como intercepto na obtenção das razões de chance associadas aos fatores experimentais, apresentadas na Tabela 13, com os seus respectivos intervalos de confiança.

Tabela - Razões de chance de eclosão e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para a média geral (intercepto) e para o desdobramento dos efeitos de tratamentos

Fatores	Razão de chance	Intervalo de confiança (95%)
Média geral (intercepto)	15,10	[9,25; 25,88]
Fatorial x controle	1,14	[0,62; 2,11]
Tempo	1,13	[0,61; 2,09]
Vibração	0,78	[0,44; 1,36]
Tempo x vibração	0,60	[0,27; 1,31]

Observação: valores referentes aos blocos foram excluídos

Nenhum dos coeficientes relacionados ao desdobramento dos efeitos dos tratamentos foi significativo pelo teste de Wald a 5% de significância. Portanto, pode-se afirmar que a eclodibilidade do grupo vibrado não difere da observada no controle, bem como não houve efeitos significativos dos fatores experimentais estudados e da interação entre os mesmos sobre tal resposta. Todavia, apesar de não serem comprovados efeitos isolados da faixa de vibração e do tempo de exposição, a associação desses fatores se mostrou prejudicial ao embrião, o que foi comprovado pela menor chance de eclosão dos ovos em T4, que teve a aplicação das variações mais intensas dos fatores faixa de vibração e tempo de exposição.

A fim de confirmar os resultados obtidos, optou-se em realizar um segundo ensaio, expondo os ovos fertilizados novamente a faixa de vibração mais intensa, RSS de $7,5 \text{ m.s}^{-2}$, por um tempo maior, no caso 300 minutos. Na Tabela 14 estão às respostas de nascimento obtidas para os dois tratamentos do segundo ensaio (vibrado e controle).

Tabela - Médias obtidas para o número de aves nascidas vivas, ovos não eclodidos, ovos fertilizados não eclodidos e taxas de eclodibilidade (%) e mortalidade obtidos para o tratamento vibrado e para o controle, no segundo ensaio

Tratamentos	Variáveis respostas				
	Aves vivas	Ovos não eclodidos	Ovos fertilizados não eclodidos	Eclodibilidade (%)	Mortalidade (%)
Vibrado	78	17	13	85,87%	13,98%
Controle	86	9	6	93,55%	6,45%

Analisando descritivamente os dados, é possível observar uma redução de quase 8% na eclodibilidade e, conseqüentemente, um aumento na mortalidade no tratamento vibrado (RSS $7,5 \text{ m.s}^{-2}$, 300 minutos) em relação ao controle. Esse resultado pode ser comparado a um dos ensaios de Torma e Kovácsné (2012), que obtiveram uma taxa de eclodibilidade aproximadamente 6% menor em ovos vibrados comparados aos não vibrados. Segundo esses mesmos autores, o efeito negativo das vibrações sobre a eclodibilidade já é conhecido na prática, tanto que os incubatórios são alertados sobre a importância das boas condições do transporte.

O grupo vibrado apresentou mais que o dobro de ovos fertilizados não eclodidos que o controle (13 ovos no vibrado contra seis no controle), todavia, o teste Qui-quadrado indicou que não há associação entre a taxa de eclodibilidade e o tratamento de vibração ao nível de 5% ($p= 0,14$). Esse resultado contradiz o esperado, mas acredita-se que a resposta mais plausível para esta questão seja o uso do teste Qui-quadrado, que apresenta um poder fraco para amostras pequenas.

Shannon et al. (1994) provaram que, à medida que a magnitude da exposição às vibrações aumenta, a eclodibilidade dos ovos fertilizados diminui. Fazendo uma comparação entre a média dos controles dos dois ensaios com os tratamentos de RSS de $7,5 \text{ m.s}^{-2}$ expostos a 60, 180 e 300 minutos, é possível observar uma redução de aproximadamente 2% na média da taxa de eclodibilidade, em função do aumento do tempo de exposição (Figura 21).

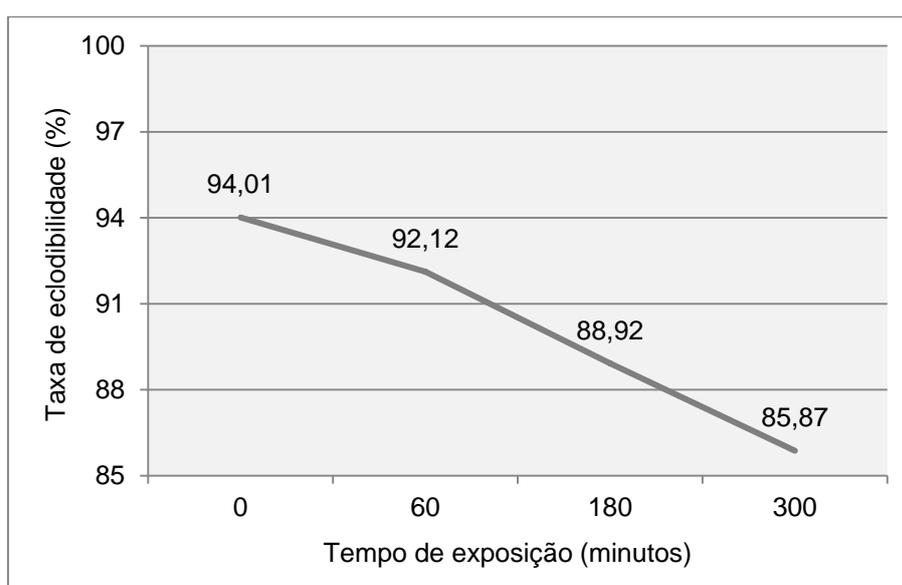


Figura - Taxa de eclodibilidade em função do tempo de exposição a RSS de $7,5 \text{ m.s}^{-2}$

Em resumo, defende-se a hipótese de que o comprometimento da taxa de eclodibilidade seja decorrente de alterações nos constituintes internos dos ovos, sobretudo no albúmen, sendo os efeitos das vibrações análogos ao tempo de armazenamento antes da incubação, discutido por Brake et al. (1997).

Sabe-se que o tempo de armazenamento pode ter efeitos nulos, benéficos ou prejudiciais na eclodibilidade dos ovos fertilizados, o que está relacionado principalmente com o grau de liquefação do albúmen. O armazenamento por longos períodos faz com que o albúmen se degrade excessivamente, sendo essa degradação prejudicial ao desenvolvimento do embrião. Segundo Reijrink et al. (2008) e Rocha et al. (2013) a maior liquefação do albúmen aumenta a perda de água e de gases para o ambiente. Conseqüentemente, o aporte de oxigênio para o embrião é menor, reduzindo o metabolismo celular o que acarreta no atraso e na redução do desenvolvimento embrionário.

É possível associar os resultados dos tratamentos de vibração mais intensos a essas mesmas causas. Têm-se o conhecimento que a exposição dos ovos fertilizados às vibrações mecânicas aumenta a liquefação do albúmen, o que foi comprovado por Berardinelli et al. (2003) em sua pesquisa com ovos comerciais. Dado esse fato e em decorrência dos piores resultados encontrados nos tratamentos de vibração mais intensos, principalmente em T4 do primeiro ensaio, supõe-se que haja uma possível degradação do albúmen em função da exposição dos ovos fertilizados às vibrações, o que estaria relacionado com as respostas de eclodibilidade e mortalidade desse trabalho.

4.3.2 Caracterização da mortalidade embrionária

4.3.2.1 Mortalidade embrionária por fase

O declínio na taxa de eclodibilidade é explicado pela mortalidade embrionária que ocorre em diferentes proporções nas fases precoce, intermediária e tardia (TONA et al., 2001). Com o intuito de compreender o que alterou as taxas de eclodibilidade e mortalidade, são apresentadas na Figura 22 as médias obtidas para a mortalidade embrionária nas fases precoce, intermediária e tardia, nos tratamentos da parte fatorial e no controle do primeiro ensaio.

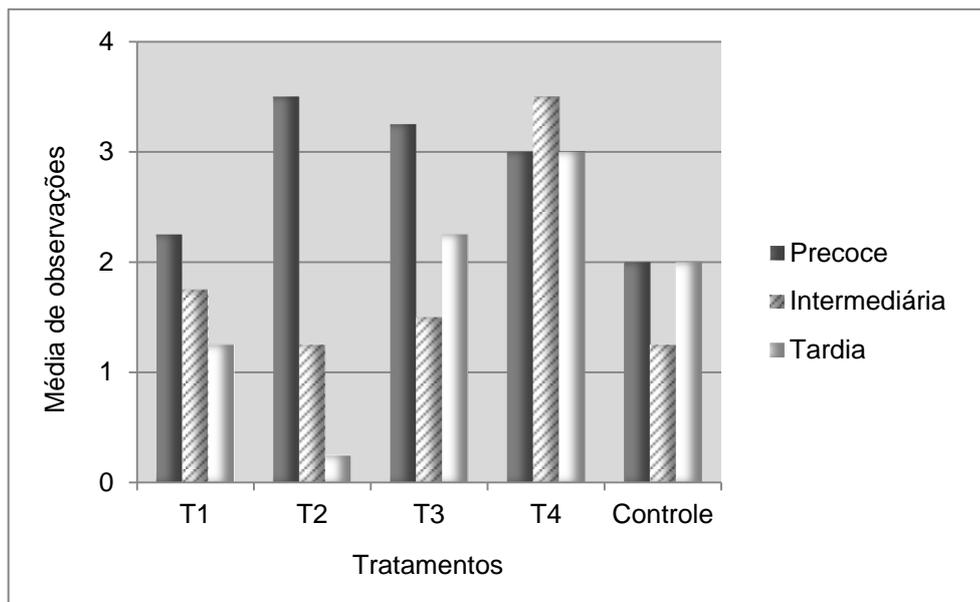


Figura - Médias obtidas para a mortalidade embrionária por fase no primeiro ensaio

No geral, a mortalidade precoce (1 a 5 dias) parece ser responsável pelo maior número de ovos não eclodidos nos tratamentos avaliados. Essa resposta já era esperada, visto que nos primeiros dias de desenvolvimento ocorrem grandes mudanças no ovo fertilizado, o que torna mais susceptível a interrupção do crescimento do embrião (ROSA; AVILA, 2000; ADDA, 2003; TULLET, 2009).

Segundo Rosa e Avila (2000) e Tullet (2009), na fase intermediária do desenvolvimento (6 a 17 dias) ocorre uma estabilização na mortalidade, com um novo aumento na fase final (18 a 21 dias). Neste ensaio, as médias de mortalidade intermediária e tardia variam entre os tratamentos, sendo que em alguns deles o padrão descrito anteriormente não é observado como no caso de T4, em que aparentemente há uma maior incidência de mortalidade na fase intermediária, quando o esperado seria uma estabilização.

Avaliando descritivamente os tratamentos, acredita-se que as médias obtidas em T1 (RSS 2,5 m.s⁻²; 60 minutos) sejam as que mais se aproximam do controle. Possivelmente, o mesmo ocorreria para T2 e T3 se não fosse a maior incidência de mortalidade na fase inicial em T3 e a menor incidência de mortalidade tardia em T2. No tratamento T4 (RSS 7,5 m.s⁻²; 180 minutos), para o qual foi comprovada uma redução significativa na eclodibilidade, supostamente há um maior número de observações para os três tipos de mortalidade.

Foi verificado que a probabilidade de uma ave ter seu desenvolvimento interrompido na fase inicial é de 2,95%, o que corresponde a uma chance de 0,030

com um intervalo de 95% de confiança indo de 0,023 a 0,039. Esse resultado pode ser interpretado como se a cada três incidências de mortalidade precoce, 100 aves eclodem ou são contabilizadas nas outras categorias de mortalidade, ou seja, intermediária ou tardia.

Dado o modelo binomial ajustado, nenhum dos tratamentos ou efeitos dos fatores experimentais foi capaz de explicar a chance de ocorrência de mortalidade precoce. Diferentemente, Torma e Kovácsné (2012) verificaram que a menor eclodibilidade do tratamento de vibração mais intenso (30 Hz; 10 minutos) foi decorrente da maior incidência significativa de mortalidade no início do desenvolvimento. No estudo desses autores, os ovos vibrados a uma maior frequência apresentaram 19,52% ocorrências na mortalidade inicial, enquanto na menor frequência (20 Hz) 11,15% e no controle, apenas 9,66%.

Em relação à mortalidade intermediária, foi obtida uma probabilidade de ocorrência de 1,95%, referente a uma razão de chance de aproximadamente 0,020 em um intervalo com 95% de confiança, indo de 0,014 a 0,027. Interpretando, a cada dois embriões que morrem no período intermediário, 100 aves eclodem ou são contabilizados em outra categoria. Os valores da razão de chance dessa resposta, por tratamento, são apresentados na Tabela 15 com seus respectivos intervalos de confiança.

Tabela - Razões de chance para ocorrência da mortalidade intermediária e os respectivos intervalos de confiança obtidos para o tratamento controle (intercepto) e tratamentos da parte fatorial

Tratamento	Razão de chance	Intervalo de confiança (95%)
Controle (intercepto)	0,01	[0,00; 0,03]
T1	1,39	[0,44; 4,47]
T2	1,00	[0,27; 3,64]
T3	1,19	[0,35; 4,18]
T4*	2,86	[1,08; 8,94]

* Efeito significativo pelo teste de Wald a 5% significância
Observação: valores referentes aos blocos foram excluídos

Observou-se que a chance de uma morte acontecer no período intermediário do desenvolvimento é de 0,01 no controle, sendo este valor utilizado como intercepto para a obtenção das razões chance da parte fatorial.

De todos os tratamentos avaliados, apenas T4 foi significativamente diferente do controle pelo teste de Wald a 5% de significância. Para esse tratamento, a chance do embrião morrer na fase intermediária é 2,86 vezes maior que no controle. Esse resultado esclarece o tipo de mortalidade responsável pela redução na taxa de eclodibilidade de T4 e é contraditório ao encontrado em outros trabalhos que explicam que a maior incidência de mortalidade de ovos expostos às vibrações ocorre na fase precoce (TAGGART et al., 1990; TORMA; KOVÁCSNÉ, 2012). Para Tullet (2009), a interrupção do desenvolvimento na fase intermediária está diretamente relacionada a uma maior temperatura do embrião durante a incubação. Porém, nenhum outro relato que explicasse essa relação com a exposição às vibrações mecânicas foi obtido até o momento, evidenciando a necessidade de mais pesquisas que comprovem essa resposta e expliquem tal relação.

Em relação à mortalidade tardia, obteve-se uma probabilidade de ocorrência de 1,95%, assim como na mortalidade intermediária. Esse resultado está relacionado a uma razão de chance de aproximadamente 0,020 com um intervalo com 95% de confiança, indo de 0,014 a 0,027. Na Tabela 16 são apresentadas as razões de chance do controle (intercepto) e dos tratamentos da parte fatorial.

Tabela - Razões de chance para ocorrência da mortalidade tardia e os respectivos intervalos de confiança obtidos para o tratamento controle (intercepto) e tratamentos da parte fatorial

Tratamento	Razão de chance	Intervalo de confiança (95%)
Controle (intercepto)	0,02	[0,00; 0,05]
T1	0,62	[0,18; 1,67]
T2*	0,12	[0,01; 0,68]
T3	1,12	[0,42; 3,03]
T4	1,78	[0,75; 4,52]

* Efeito significativo pelo teste de Wald a 5% significância
Observação: valores referentes aos blocos foram excluídos

Como resposta, somente o tratamento T2, composto pela faixa de vibração RSS $2,5 \text{ m.s}^{-2}$, aplicada por 180 minutos, diferiu significativamente do controle pelo teste de Wald ao nível de 5%. Foi verificado que a chance de ocorrência de mortalidade no final do desenvolvimento desse tratamento é 88% menor da que é verificada no controle. Não se sabe dizer ao certo o que promoveu tal resposta, sendo que a média de ocorrências nesse tratamento foi inferior até mesmo às taxas normais esperadas.

Apesar das diferenças significativas obtidas em T4 para a mortalidade intermediária e em T2 para a mortalidade tardia, o desdobramento dos efeitos dos tratamentos mostrou que nenhum fator experimental é capaz de explicar a classificação da mortalidade por fase, seja essa precoce, intermediária ou tardia. Ainda, é importante frisar que, no geral, a principal ocorrência observada no primeiro ensaio foi à mortalidade precoce (2,95%), em detrimento a intermediária e a tardia, cuja probabilidade de ocorrência foi à mesma (1,95%).

Para complementar esses resultados, na Figura 23 é apresentado o total de observações obtido para os três tipos de mortalidade no segundo ensaio.

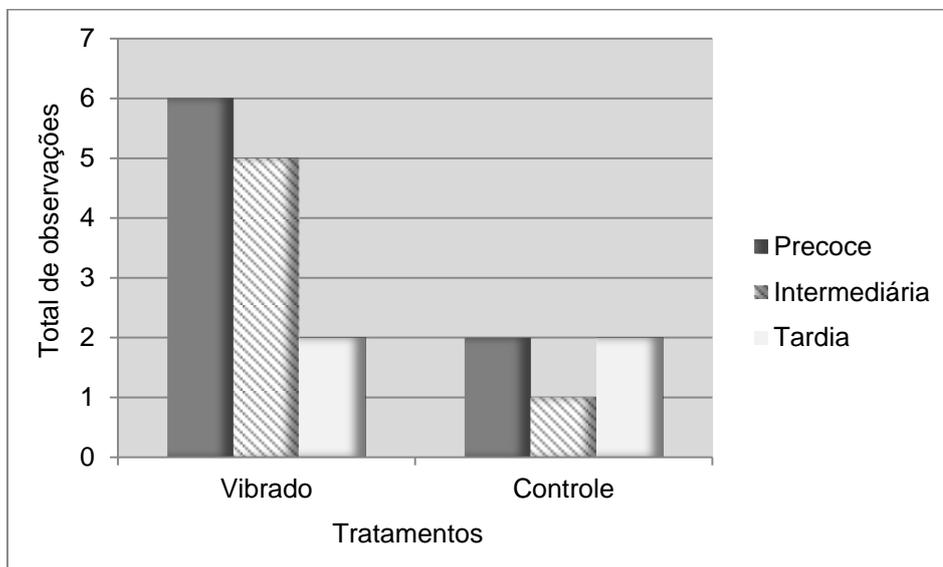


Figura - Total de observações obtido para a mortalidade embrionária por fase (precoce, intermediária e tardia) nos tratamentos vibrado e controle do segundo ensaio

Foi verificado que o controle do segundo ensaio apresenta um padrão para as mortalidades precoce, intermediária e tardia, muito semelhante ao controle do primeiro ensaio. Em relação ao tratamento vibrado, acredita-se que a menor eclodibilidade seja explicada principalmente pela maior incidência de mortes nas

fases precoce e intermediária, sendo que, aparentemente, a mortalidade tardia ocorre com menos frequência. Esse resultado complementa o primeiro ensaio, no qual foi verificado um aumento significativo na mortalidade na fase intermediária do tratamento T4, além de maiores médias na mortalidade precoce de todos os tratamentos da parte fatorial.

Assim, para os diferentes tipos de classificação, pode-se concluir que a exposição dos ovos às vibrações é mais prejudicial nas duas primeiras fases do desenvolvimento embrionário, sendo essas fases as mais dependentes da manutenção da qualidade dos ovos, a qual se acredita ser o fator mais prejudicado pela exposição dos ovos às vibrações (GONZALES, 2005; TULLET, 2009).

4.3.2.2 Incidência de anomalias embrionárias

O total de anomalias observadas nos embriões, cujo desenvolvimento foi interrompido nos períodos intermediário e/ou tardio (incluindo bicados vivos e mortos), é apresentado por tratamento e por ensaio na Tabela 17.

Tabela – Totalidade de anomalias embrionárias observadas nos tratamentos dos dois ensaios

Observações	Primeiro ensaio					Segundo ensaio		³ Total
	T1	T2	T3	T4	C	Vibrado	Controle	
Cérebro exposto	1	0	0	2	2	0	0	5
Ausência olhos	0	0	0	0	0	1	0	1
Face duplicada	0	0	0	2	1	0	0	3
Membros duplicados	0	0	1	1	0	0	0	2
Deformação bico	1	0	0	0	2	1	0	4
Abdômen aberto	0	1	2	0	1	0	0	4
¹ Total	2	1	3	5	6	2	0	19
² Total	1	1	3	4	6	2	0	17

¹ Total de anomalias por tratamento

² Total de aves anômalas por tratamento, considerando casos de anomalias múltiplas

³ Total de cada tipo de anomalia observada

Na totalidade dos embriões mortos, apenas 17 apresentaram algum tipo de anomalia, sendo em poucos casos anomalias múltiplas, ou seja, mais de uma anomalia em uma mesma ave. De todas as ocorrências, tem-se que a ausência de olhos foi a menos detectada, com apenas uma observação nos dois ensaios, seguida da duplicação de membros que teve duas observações. As demais

anomalias, aparentemente, ocorreram em uma maior proporção, como o caso do cérebro exposto, da deformação de bico e do abdômen aberto. Apesar da exposição aos diferentes tratamentos de vibração, acredita-se que a ocorrência de anomalias assumiu valores dentro do esperado nos dois ensaios. Segundo Tullet (2009) e Salahi et al. (2012), essas ocorrências são normais e não devem ultrapassar taxas de 0,5% da totalidade de ovos fertilizados.

Aparentemente, o tratamento T4 apresentou um maior número de ocorrências, todavia, esse resultado foi muito próximo ao encontrado no controle, o que dificulta a interpretação. Do mesmo modo, apesar do tratamento vibrado do segundo ensaio ter mais ocorrências de anomalias que o controle, essa proporção foi muito pequena para se chegar a alguma conclusão.

No primeiro ensaio, estudou-se a chance de um embrião apresentar algum tipo de anomalia embrionária por meio do modelo binomial. Obteve-se que a probabilidade de um embrião ser anômalo, considerando todos os tratamentos, é de 0,85%. Essa probabilidade está relacionada a uma razão de chance de 0,0085, com um intervalo de 95% de confiança, indo de 0,005 a 0,013. Tal resultado indica que há menos de um embrião morto anômalo para cada 100 embriões normais. Pelo teste de Wald a 5% de significância, não houve diferença entre os tratamentos testados. Também não foram detectados efeitos significativos dos fatores experimentais faixa de vibração e tempo de exposição sobre esta resposta.

Shannon et al. (1994) observaram que a maioria das ocorrências de embriões anômalos foi registrada nos ovos expostos a vibrações superiores a 20 Hz e acelerações de 3 m.s^{-2} . Como síndromes mais comuns, os mesmos encontraram aves com bicos cruzados, olhos não desenvolvidos e problemas nas estruturas ósseas, que causam a falta de crânio e, conseqüentemente, a exposição do cérebro. Apesar das ocorrências observadas nessa pesquisa serem semelhantes às de Shannon et al. (1994) não é possível afirmar que a exposição dos ovos a diferentes condições simuladas de vibrações tenha algum efeito sobre a incidência de anomalias embrionárias. Conseqüentemente, resta entender quais foram os fatores que desencadearam a interrupção do desenvolvimento das aves, principalmente nas fases precoce e intermediária.

4.3.3 Qualidade do pinto de corte

4.3.3.1 Peso absoluto no nascimento

Na Figura 24 são apresentadas as médias e o desvio-padrão do peso absoluto no nascimento (PA; g), obtidas para os tratamentos testados no primeiro ensaio (parte fatorial e controle) e no segundo ensaio (vibrado e controle).

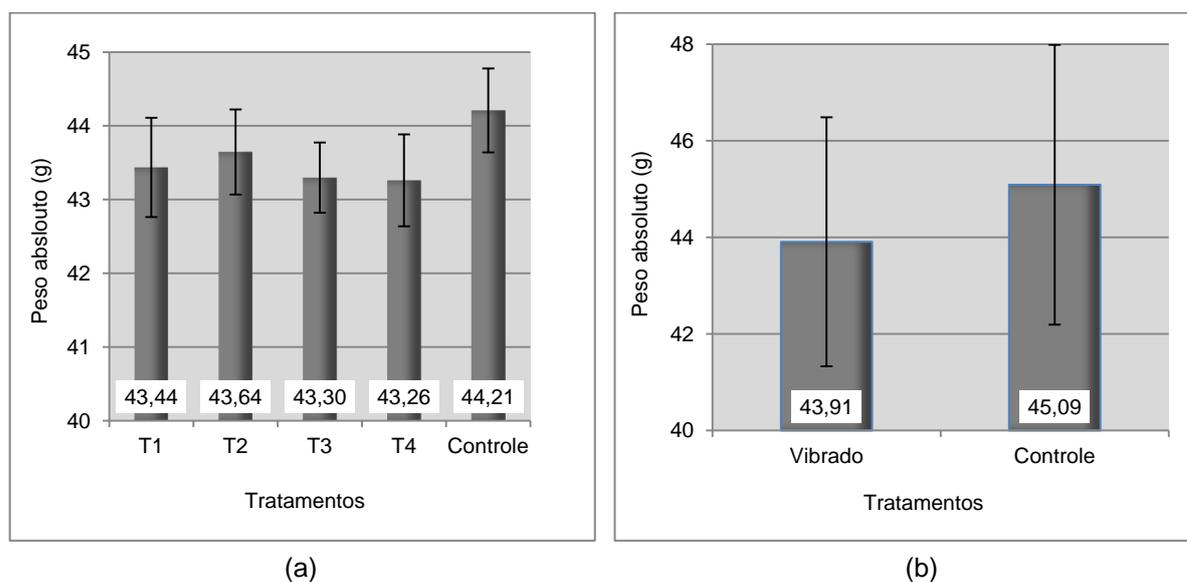


Figura - Valores médios e desvios-padrão para a resposta peso absoluto no nascimento (g): (a) primeiro ensaio; (b) segundo ensaio

Os dados do primeiro ensaio evidenciam que há pouca variação na média do peso absoluto das aves dos tratamentos fatoriais, cujos valores ficaram em torno de 43 gramas. Supostamente, apenas os pintos nascidos dos ovos não expostos às vibrações (controle) foram um pouco mais pesados (44,21 g). Acredita-se que esse mesmo padrão de resposta tenha ocorrido no segundo ensaio, visto que a média observada no tratamento vibrado de 43,91 gramas parece ser menor que a do controle de 45,09 g, como pode ser observado na Figura 24b. Vale ressaltar que, em ambos os ensaios, a média do peso absoluto das aves esteve dentro do esperado para a linhagem e idade das matrizes em questão.

Pela análise de variância, foi possível verificar que os fatores tempo de exposição e faixa de vibração não apresentaram efeitos significativos sobre o peso das aves, bem como, não houve interação entre os mesmos ($p < 0,05$) (Tabela 18).

Tabela - Resumo da análise de variância do primeiro ensaio: valores p calculados para cada causa de variação

Fonte de variação	Valores p
Bloco	<0,001
Tempo	0,406
Vibração	0,608
Tempo x vibração	0,237
Fatorial x controle*	0,0231

* Valores significativos pela análise de variância adotando $\alpha = 0,05$

Apesar da não significância dos efeitos dos fatores faixa de vibração e tempo de exposição, a média do peso absoluto dos pintos da parte fatorial, ou seja, da média dos tratamentos T1, T2, T3 e T4, diferiu significativamente do controle, sendo que as aves nascidas dos ovos tratados com as vibrações mecânicas apresentaram-se mais leves. A média do peso absoluto obtida para as aves da parte fatorial foi de 43,40 g, enquanto para o controle esse valor foi de 44,21 g, o que resultou em uma diferença de aproximadamente 0,8 gramas.

Em resumo, a exposição dos ovos às vibrações é um fator influente no peso absoluto das aves no nascimento. Na literatura, praticamente não foram encontradas informações que correlacionassem o peso do pinto recém-eclodido com a exposição dos ovos fertilizados às vibrações mecânicas. Shannon et al. (1994) comentam que em sua pesquisa não foi verificado nenhum efeito da vibração sobre essas respostas. Entretanto, tais autores não apresentam as médias e as estatísticas calculadas para esse fim, tão menos a discutem.

Segundo Brake et al. (1997) e Tona et al. (2001), o peso dos pintos no nascimento está diretamente relacionado com a perda de peso dos ovos durante a incubação, associada a uma maior evaporação de água. Dos vários motivos que podem aumentar a evaporação da água durante a incubação, acredita-se que o agitação dos constituintes internos do ovo, devido à exposição às vibrações, seja o principal responsável. Já foi provado que esse agitação é capaz de degradar proteínas, como a albumina, e liberar a água que fica presa às mesmas, deixando o albúmen mais liquefeito (BERARDINELLI et al., 2003).

O ovo é mais propenso a perder água durante a incubação se esse elemento estiver livre em seu interior, o que influencia na desidratação e no peso do embrião (BRAKE et al., 1997; ROCHA et al., 2013). Acredita-se que o processo de liquefação do albúmen, desencadeado pelo agitação dos constituintes internos do ovo exposto à vibração, seja análogo a fatores como as condições de armazenamento (duração e a temperatura), para as quais já se sabem os efeitos negativos, capazes de comprometer a qualidade dos pintos de corte, como o seu peso no nascimento (TONA et al., 2004; DECUYPERE; BRUGGEMAN, 2007; REIJRINK et al., 2008).

No segundo ensaio, a média dos pesos das aves no grupo controle foi de 45,1 g, enquanto no grupo vibrado o seu valor foi de 43,9 g. Esta diferença não foi considerada significativa pelo teste t ao nível de 5%. No entanto, se consideramos o nível de 10% de significância, os valores médios dos grupos controle e vibrado diferem entre si (valor $p = 0,085$). Os resultados sobre esta resposta ainda são dúbios e mais estudos são necessários. Além disso, cabe ressaltar que os tratamentos do segundo ensaio foram armazenados por três dias até a incubação e, até o momento, não se sabe se esse armazenamento teria algum efeito sobre as respostas avaliadas, em função da estabilização do meio interno do ovo fertilizado (TORMA; KOVÁCSNÉ, 2012).

4.3.3.2 Proporção de pintos de primeira linha

A quantidade de pintos de primeira linha é complementar à quantidade de pintos de segunda linha e totaliza o número de aves nascidas vivas por tratamento, como pode ser observado na Figura 25, para o primeiro ensaio.

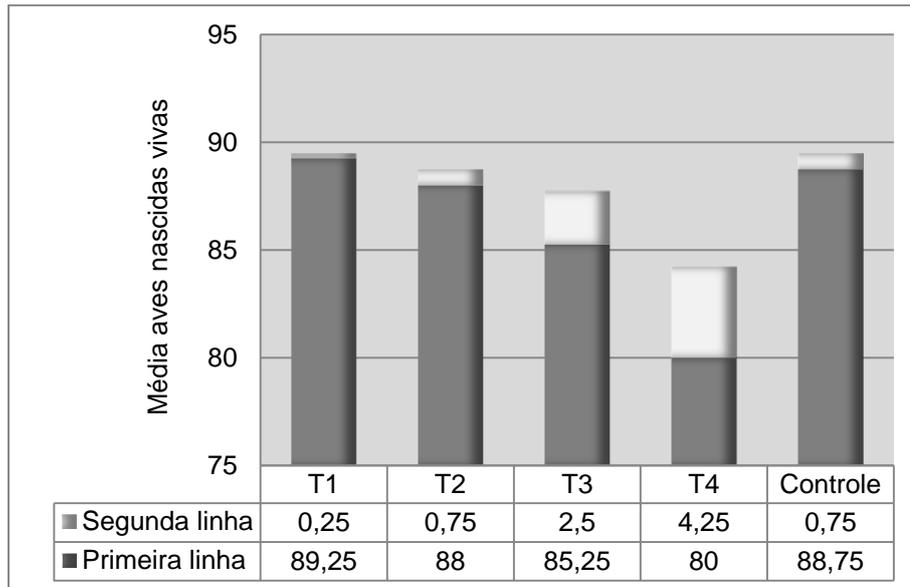


Figura - Médias obtidas de pintos de primeira e segunda linha no total de aves nascidas vivas dos tratamentos do primeiro ensaio

A qualidade do pinto recém-nascido é um fator importante no crescimento da ave e reflete diretamente nas perdas do incubatório (ULMER-FRANCO et al., 2010). Nesta pesquisa foram considerados como de primeira linha os pintos que não apresentaram nenhum problema visível capaz de prejudicar o seu desenvolvimento, fato que os levaria ao descarte em uma situação real de campo.

Analisando descritivamente os dados, é possível verificar que os tratamentos T3 e T4, ambos formados pela faixa de vibração RSS $7,5 \text{ m.s}^{-2}$, aparentam uma menor média de aves de primeira linha, enquanto nos tratamentos da parte fatorial T1 e T2 e no controle, essa média é maior e mais próxima entre os mesmos.

É importante frisar que o número de aves nascidas vivas foi menor no tratamento T4 (RSS $7,5 \text{ m.s}^{-2}$; 180 minutos), o que foi comprovado pela redução significativa na taxa de eclodibilidade, já discutida anteriormente. Na classificação das aves nesse tratamento possivelmente há uma grande incidência de descartes, o que pode ser verificado na média de quase nove pintos de primeira linha a menos em relação ao controle. Esse resultado, se significativo e somado ao número de ovos fertilizados que não eclodiram, irá refletir em um grande prejuízo para o incubatório.

Analisando o primeiro ensaio pelo modelo linear generalizado, verificou-se que a probabilidade de um ovo fertilizado originar uma ave de primeira linha é aproximadamente 91%, dada uma razão de chance de 10,03 com um intervalo de

95% de confiança indo de 8,60 a 11,77. Na prática, esse resultado significa que, para cada 10 aves de primeira linha, uma seria descartada. Tona et al. (2004) comentam que, em média, 92% dos pintos eclodidos devem ser de primeira linha, uma estimativa muito próxima à média geral observada neste ensaio.

Em relação ao controle, obteve-se que a cada 17 pintos nascidos vivos, um seria de segunda linha. Esse tratamento foi adotado como intercepto para obtenção das razões de chance dos tratamentos da parte fatorial, que são apresentadas com seus respectivos intervalos de confiança na Tabela 19.

Tabela - Razões de chance para a classificação de um pinto como de primeira linha e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para o tratamento controle (intercepto) e tratamentos fatoriais

Tratamento	Razão de chance	Intervalo de confiança (95%)
Controle (intercepto)	16,96	[10,43; 28,88]
T1	0,96	[0,54; 1,73]
T2	0,99	[0,53; 1,79]
T3*	0,57	[0,33; 0,97]
T4*	0,36	[0,22; 0,59]

* Efeitos significativos pelo teste de Wald ao nível de 5% de significância
Observação: valores referentes aos blocos foram excluídos

Como resultado, foi verificado que a chance de um pinto ser classificado como de primeira nos tratamentos T3 e T4 difere significativamente do controle pelo teste de Wald a 5% de significância. Sendo que em T3 essa chance é 43% menor e em T4, 64% menor, quando consideradas as razões de chance de 0,57 e 0,36, respectivamente. Esses resultados afirmam a hipótese levantada na análise descritiva, de que, quando os ovos fertilizados são expostos às vibrações mais intensas ($RSS 7,5 \text{ m.s}^{-2}$) a qualidade dos pintos de corte é comprometida. Ainda, mais uma vez foi provado que a exposição dos ovos às condições do tratamento T4 são extremamente prejudiciais.

Em contrapartida, ambos os tratamentos vibrados na faixa de $2,5 \text{ m.s}^{-2}$ não diferiram do controle pelo teste de Wald a 5% de significância. Independente do tempo de exposição, a chance de se obter uma ave de primeira linha em T1 e T2 é a mesma do controle. Na prática, se ovos fertilizados fossem transportados das

granjas aos incubatórios, em condições como essas, seria o mesmo que esse transporte não ocorresse.

A qualidade do pinto de corte está relacionada com as características dos ovos e com as condições pré e durante incubação que podem afetar a fisiologia do embrião, como as trocas de CO₂ e O₂, a produção de calor e o seu próprio metabolismo (FASENKO et al., 2002; TONA et al., 2005). Dessa forma, assim como o discutido para as respostas do nascimento (taxa de eclodibilidade e mortalidade) e para o peso absoluto das aves, acredita-se que a exposição dos ovos às vibrações esteja relacionada com as alterações na qualidade do albúmen, que, se depreciada pode comprometer o desenvolvimento da ave, semelhantemente o que ocorre com os ovos armazenados por longos períodos e/ou sob condições inadequadas.

No desdobramento dos tratamentos e efeitos, verificou-se que a faixa de vibração foi lateralmente significativa, ao nível de 5% pelo teste de Wald (Tabela 20).

Tabela - Razões de chance para a classificação de um pinto como de primeira linha e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para a média geral (intercepto) e para o desdobramento dos tratamentos

Fatores	Razão de chance	Intervalo de confiança (95%)
Média geral (intercepto)	16,34	[10,10; 27,64]
Fatorial x controle	1,03	[0,57; 1,86]
Tempo	1,03	[0,57; 1,84]
Vibração*	0,60	[0,34; 0,99]
Tempo x vibração	0,62	[0,29; 1,27]

* Efeitos significativos pelo teste de Wald ao nível de 5% de significância
Observação: valores referentes aos blocos foram excluídos

Como resultado, a chance de nascer uma ave de primeira linha em ovos vibrados na faixa superior é de apenas 40% dos ovos vibrados na faixa de 2,5 m.s⁻². Para essa resposta cabe a mesma conclusão colocada para os tratamentos T3 e T4, em que a qualidade dos pintos de um dia é comprometida se as vibrações atingirem uma RSS de 7,5 m.s⁻² no transporte dos ovos fertilizados. É importante ressaltar que essa faixa foi adotada em função da caracterização feita por Nazareno et al. (2013) em condições reais, ou seja, essa intensidade de vibração ocorre na prática e pode

comprometer os resultados da incubação. Esses resultados e fatos apontam com clareza a necessidade de melhorias para o transporte de ovos fertilizados.

No segundo ensaio, apenas três aves foram classificadas como de segunda linha, sendo duas do controle e uma do tratamento vibrado. Em virtude dessas poucas observações, esses dados não foram analisados nessa resposta.

Os problemas que levaram à classificação dos pintos em segunda linha são apresentados na Tabela 21, com o objetivo de compreender qual a ocorrência que mais influenciou nessa classificação.

Tabela - Contabilização dos problemas detectados e utilizados na classificação das aves em segunda linha

Classificação	Primeiro ensaio				Segundo ensaio			³ Total
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	C	Vibrado	Controle	
Cérebro exposto	0	0	0	1	0	0	0	1
Vísceras expostas	0	0	0	0	0	0	0	0
Duplicação de membros	0	0	0	0	0	0	0	0
Membros comprometidos	0	1	1	2	0	0	0	4
Duplicação de face	0	0	0	0	0	0	0	0
Problemas no bico	0	0	1	0	0	0	0	1
Problemas nos olhos	0	0	0	0	0	0	0	0
Problemas no abdômen	0	0	2	2	0	0	1	5
Resíduos da incubação	0	0	2	2	0	0	0	4
Débil	0	0	0	0	1	0	0	1
Refugo	1	2	3	5	3	1	2	17
¹ Total	1	3	9	12	4	1	3	33
² Total	1	3	8	12	3	1	3	31

¹ Total de problemas por tratamento

² Total de aves com problemas por tratamento, considerando casos de múltiplas ocorrências

³ Total de cada tipo de problema observado

Tona et al. (2004) comentam que os piores parâmetros de qualidade dos pintos de um dia estão correlacionados com as condições da área de umbigo e com o nível de atividade da ave que define se essa é ou não refuga. Neste trabalho, os dados revelam que o nascimento de pintos refugos foi a ocorrência mais observada, seguida dos problemas no abdômen e das aves com resíduos da incubação e problemas nos membros. É importante colocar que as poucas observações de cérebro e vísceras expostas estão relacionadas com a menor sobrevivência dos

embriões, sendo a refugagem e os problemas na região do umbigo realmente os mais comuns (TONA et al., 2003; TULLET, 2009).

Já era esperado que T3 e T4 apresentassem um maior número médio de aves com problemas em função da quantidade de pintos de primeira linha que foi significativamente menor nesses tratamentos. As ocorrências mais observadas foram as já descritas anteriormente, sendo que em T3 também foi registrada uma ave com o bico comprometido e em T4 uma ave com o cérebro exposto.

Foi verificada uma probabilidade de 1,37% de uma ave apresentar um problema, esse valor foi obtido para uma razão de chance de 0,014 com intervalo de 95% de confiança, de 0,092 a 0,0200. Comparando os tratamentos da parte fatorial com o controle, pode ser verificado na Tabela 22 que somente T4 foi diferente do controle pelo teste de Wald a 5% de significância.

Tabela - Razões de chance para o nascimento de uma ave com algum problema e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para o tratamento controle (intercepto) e tratamentos fatoriais

Tratamento	Razão de chance	Intervalo de confiança (95%)
Controle (intercepto)	0,00	[0,00; 0,01]
T1	0,33	[0,02; 2,58]
T2	1,00	[0,18; 5,46]
T3	2,34	[0,65; 10,95]
T4*	4,11	[1,29; 18,16]

* Efeitos significativos pelo teste de Wald ao nível de 5% de significância
Observação: valores referentes aos blocos foram excluídos

É possível constatar que a chance de uma ave nascer com um problema chega a ser quatro vezes maior em T4 que no controle (RC = 4,11). Semelhantemente, a porcentagem de problemas nas aves nascidas de ovos vibrados também foi diferente nos tratamentos avaliados por Torma e Kovácsné (2012). Esses autores verificaram uma taxa de 0,55% de problemas no controle, enquanto para o tratamento de vibração mais forte de 1,85%, praticamente três vezes maior.

No desdobramento foi verificado que o efeito da faixa de vibração foi diferente pelo teste de Wald a 5% de significância (Tabela 23).

Tabela - Razões de chance para o nascimento de uma ave com algum problema e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para a média geral (intercepto) e para o desdobramento dos tratamentos

Fatores	Razão de chance	Intervalo de confiança (95%)
Média geral (intercepto)	0,00	[0,00; 0,01]
Fatorial x controle	3,04	[0,39; 61,67]
Tempo	3,05	[0,39; 61,95]
Vibração*	7,12	[1,25; 133,61]
Tempo x vibração	0,57	[0,02; 5,60]

* Efeitos significativos pelo teste de Wald ao nível de 5% de significância
Observação: valores referentes aos blocos foram excluídos

Pelos resultados apresentados, é possível afirmar que a chance de uma ave ter algum problema, se o ovo for vibrado mais intensamente, é praticamente sete vezes maior do que se a exposição ocorrer em vibrações mais suaves. Tais evidências significativas complementam a menor quantidade de aves de primeira linha nascidas dos ovos vibrados a uma RSS de $7,5 \text{ m.s}^{-2}$. Dessa forma, pode-se concluir que dos fatores estudados, a faixa em que as vibrações ocorrem foi o principal determinante na qualidade das aves.

4.3.4 Total de perdas do incubatório

A média do total de perdas, obtido pelo somatório de ovos fertilizados não eclodidos, pintos mortos na bandeja e pintos de segunda linha, pode ser observada nas Figuras 26a e 26b para os tratamentos do primeiro e do segundo ensaio, respectivamente.

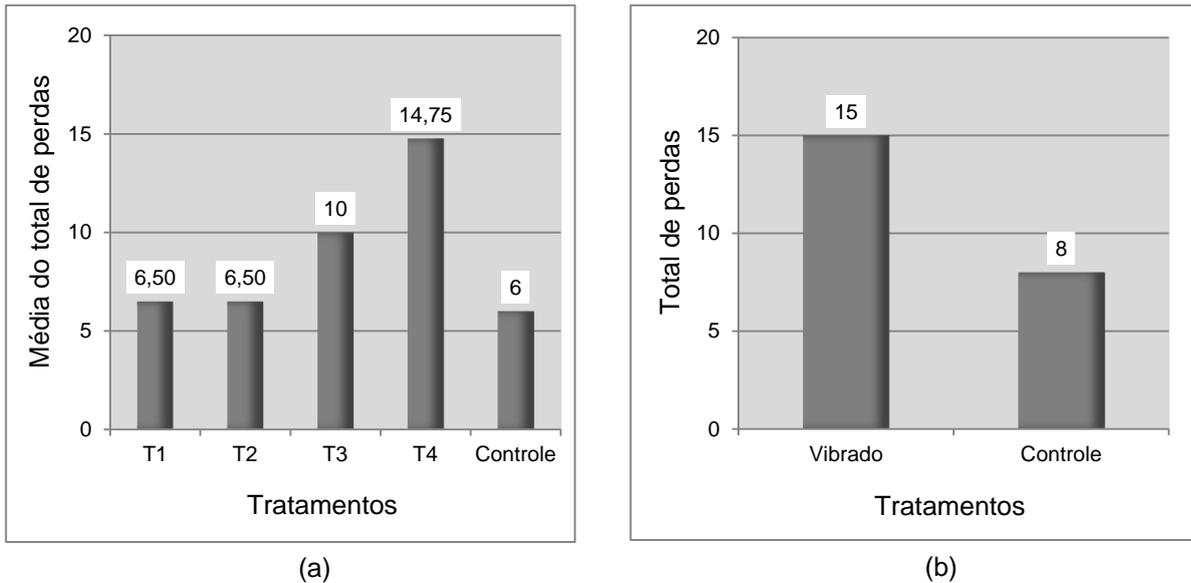


Figura - Total de perdas do incubatório em função da exposição dos ovos fertilizados às vibrações mecânicas: (a) média obtida para os tratamentos do fatorial e do controle do primeiro ensaio; (b) total de perdas observado no tratamento vibrado e no controle do segundo ensaio

No primeiro ensaio, a média de perdas do tratamento T4 certamente é maior que a dos demais, o que já pode ser afirmado desde o princípio, em virtude da redução significativa na taxa de eclodibilidade e no nascimento de pintos de primeira, comprovados pelo teste de Wald a 5% de significância. Ao final, também é observado que, quando somados todos os fatores que refletem no total de perdas, os tratamentos fatoriais T1 e T2 detêm uma média de perdas muito próxima à do controle, sendo essa em torno de seis.

O total de perdas do tratamento T4, o mais intenso do primeiro ensaio ($RSS\ 7,5\ m.s^{-2}$; 180 minutos), é semelhante ao tratamento vibrado no segundo ensaio, o que possivelmente comprova o efeito da faixa de vibração superior, intensificada nos tempos de exposição de 180 e 300 minutos. Do ponto vista descritivo, é interessante apontar que o tratamento T3, vibrado na faixa de $7,5\ m.s^{-2}$, assume valores médios intermediários entre aqueles que apresentam os melhores resultados (T1, T2 e controle) e o T4 com as médias mais desfavoráveis para quase todas as respostas.

Um ovo é perdido quando não eclode, quando a ave é de segunda linha, ou morre após o nascimento. Nesta pesquisa, foi obtido que o principal fator de perdas dos ovos fertilizados esteve relacionado com a não eclosão, seguido dos pintos classificados como de segunda linha, enquanto a incidência de pintos mortos na bandeja foi muito pequena, com apenas duas observações em cada ensaio.

No primeiro ensaio, foi verificado que a probabilidade de um ovo fertilizado ser perdido é de 9%, associada a uma razão de chance de 0,10 com um intervalo de 95% de confiança indo de 0,085 a 0,116. Com essa e com as outras probabilidades de ocorrências (fases de mortalidade e classificação das aves), é possível avaliar a proporção de todos os eventos ocorridos para a totalidade de ovos fertilizados incubados em todo o ensaio (Figura 27).

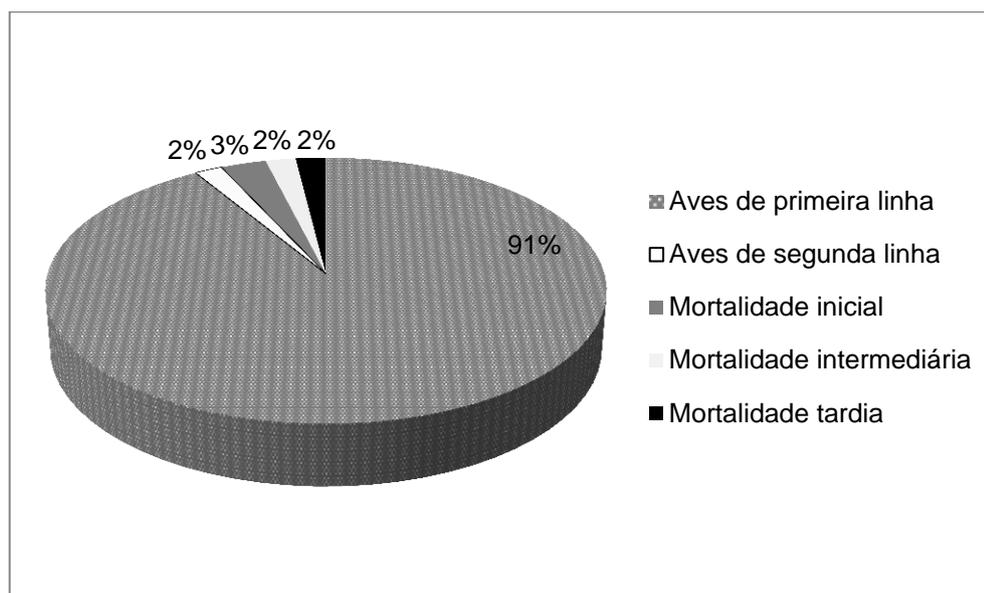


Figura - Probabilidades de ocorrência dos eventos que contribuíram para o total de perdas do primeiro ensaio

As proporções de perdas, bem como as demais ocorrências avaliadas estão dentro do recomendado para condições normais e para matrizes em pico de produção, como as utilizadas nessa pesquisa (COBB, 2008; TULLET, 2009). Todavia, analisando os resultados obtidos para os ovos expostos às vibrações, observou-se que muitas respostas foram afetadas principalmente pela faixa de vibração, com um reflexo direto na resposta total de perdas. Sendo que tais resultados são comprovados pelo modelo binomial na Tabela 24.

Tabela - Razões de chance para o total de perdas do incubatório e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para o tratamento controle (intercepto) e tratamentos fatoriais

Tratamento	Razão de chance	Intervalo de confiança (95%)
Controle (intercepto)	0,06	[0,03; 0,10]
T1	1,04	[0,58; 1,86]
T2	1,01	[0,56; 1,82]
T3*	1,74	[1,03; 2,99]
T4*	2,75	[1,69; 4,60]

* Efeitos significativos pelo teste de Wald ao nível de 5% de significância
Observação: valores referentes aos blocos foram excluídos

No controle observou-se uma perda de seis ovos fertilizados para cada 100 ovos eclodidos que originaram uma ave de primeira linha. Esse total de perdas representa uma porcentagem estimada de 5,7% (~ análise descritiva).

Pelo teste de Wald, a 5% de significância, foi verificado que a chance de perda nos tratamentos T3 e T4, ambos vibrados a uma RSS de $7,5 \text{ m.s}^{-2}$, é maior que a chance de perda do controle. Em T3, a chance de se perder um ovo fertilizado chega ser 1,74 vezes maior que no controle, o que representa uma porcentagem de perda de 9,45%. No tratamento T4, essa mesma razão de chance é quase três vezes maior que a do controle, o que equivale a 14,16%. Estimando esses resultados para um único caminhão, que transporta em torno de 600 caixas de ovos por viagem (144.000 ovos), é possível determinar em valores econômicos quais seriam as perdas decorrentes da exposição dos ovos fertilizados aos tratamentos que diferiram significativamente do controle (Tabela 25).

Tabela - Perdas econômicas do incubatório em função das perdas de ovos por trincas e quebras adicionadas das perdas dos tratamentos de vibração mais intensa

Condições	Proporção da perda*	Ovos perdidos	Valor em reais**
Controle	6%	8.640	R\$ 6.912,00
T3	10%	14.400	R\$ 11.520,00
T4	15%	21.600	R\$ 17.280,00

* Valores arredondados

**Considerando o custo do ovo fértil estimado em 0,80 centavos

Os resultados obtidos para os tratamentos vibrados na faixa de $7,5 \text{ m.s}^{-2}$ refletem claramente o prejuízo para a indústria avícola, o qual é de até R\$ 10.000,00 a mais no tratamento T4 em relação ao tratamento em que os ovos não foram expostos às vibrações (controle). Para essas estimativas devem-se ainda considerar as perdas por outros fatores, também intrínsecos ao manejo pré-incubação e a incubação propriamente dita, que se adicionam e intensificam ainda mais as perdas decorrentes da exposição dos ovos às vibrações mecânicas.

No desdobramento dos efeitos, foi obtido que o nível de vibração tem uma influência lateralmente significativa pelo teste de Wald a 5%, de modo que a razão de chance de ocorrer alguma perda na faixa superior é 68% maior que na faixa de $2,5 \text{ m.s}^{-2}$ (RC = 1,88) (Tabela 26).

Tabela - Razões de chance para o total de perdas do incubatório e seus respectivos intervalos de confiança obtidos para a média geral (intercepto) e para o desdobramento dos tratamentos

Fatores	Razão de chance	Intervalo de confiança (95%)
Média geral (intercepto)	0,06	[0,04; 0,10]
Fatorial x controle	0,96	[0,54; 1,73]
Tempo	0,97	[0,54; 1,74]
Vibração*	1,68	[1,00; 2,86]
Tempo x vibração	1,62	[0,78; 3,35]

* Efeitos significativos pelo teste de Wald ao nível de 5% de significância
Observação: valores referentes aos blocos foram excluídos

Na análise do segundo ensaio foi verificado que apesar de o grupo vibrado deter quase o dobro de perdas quando comparado ao controle, o teste Qui-quadrado ao nível de 5% de significância não indicou associação entre as perdas e o tratamento de vibração (15 perdas no vibrado x 8 perdas no controle) (valor $p = 0,17$). Todavia, acredita-se que estes resultados estejam relacionados com o teste e número de repetições empregado nesse ensaio, visto que as observações encontradas são muito semelhantes das médias obtidas no primeiro ensaio, cuja significância de efeitos foi obtida para o tratamento de vibração mais intenso.

Em resumo da resposta total de perdas, pode-se dizer que a faixa de vibração foi o principal fator influente, de modo que, quando aplicada em maiores intensidades, os prejuízos são mais chamativos e atingem grandes proporções econômicas, seja pela menor eclosão dos ovos ou pela maior ocorrência de pintos de segunda linha. Os resultados deste trabalho, juntamente com os obtidos por Nazareno et al. (2013), apontam a necessidade de se estudar ainda mais os efeitos das vibrações decorrentes do transporte sobre as respostas de nascimento e qualidade das aves. Assim, recomendações práticas poderão ser difundidas com maior certeza visando à adoção de estratégias voltadas principalmente para a redução da intensidade das vibrações mecânicas no transporte de ovos fertilizados.

4.3.5 Conclusões parciais

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que:

1. a exposição dos ovos fertilizados às vibrações mecânicas influencia negativamente o nascimento das aves, o que foi comprovado pela menor eclodibilidade nos tratamentos determinados pela faixa de vibração mais intensa, aplicada por períodos mais longos;
2. as alterações na taxa de eclodibilidade foram decorrentes de todas as categorias de mortalidade, principalmente nas fases precoce e intermediária, que são as mais influenciadas pela qualidade dos ovos. Todavia, quando comparados ao controle, a significância de efeitos foi comprovada apenas para a mortalidade intermediária no tratamento de vibração mais intenso;
3. a ocorrência de anomalias embrionárias não foi afetada pela exposição dos ovos fertilizados às vibrações mecânicas. Possivelmente, existem outros fatores associados a esse agente que são responsáveis pela interrupção do desenvolvimento embrionário;
4. a exposição dos ovos fertilizados às vibrações afetou o peso absoluto das aves no nascimento. Porém, mais pesquisas devem ser realizadas para

elucidar qual é o mecanismo envolvido na perda de peso relacionado com a exposição dos ovos às vibrações mecânicas;

5. a exposição dos ovos à faixa de vibração mais intensa diminuiu significativamente a quantidade de pintos de primeira linha. Consequentemente, a quantidade de aves com problemas também foi maior para o tratamento composto por essa faixa, sendo que, de todas as ocorrências, a refugagem, os problemas na região do umbigo e a presença de resíduos da incubação foram os mais observados;
6. mesmo com a exposição às vibrações por um maior tempo, a maioria das respostas do segundo ensaio foi semelhante às obtidas para o tratamento mais intenso do primeiro ensaio. Tal fato, juntamente com a significância de efeitos observada somente na faixa de vibração, complementa que esse fator é mais influente que o tempo de exposição nas respostas de nascimento e qualidade das aves;
7. o total de perdas foi afetado pela exposição dos ovos fertilizados às vibrações mecânicas, principalmente, sob o efeito da faixa de vibração superior. Quando estimadas em termos econômicos, os prejuízos decorrentes da exposição dos ovos às vibrações mecânicas podem atingir grandes dimensões para os incubatórios comerciais;
8. é importante mencionar que os intervalos de confiança das razões de chance foram muito amplos. Dessa forma, sugere-se que, em experimentos futuros, sejam utilizadas mais repetições por tratamento, com a finalidade de obter intervalos de confiança mais precisos e reafirmar os resultados obtidos até o momento;
9. além do estudo de diferentes faixas de vibração e tempos de exposição, outros fatores devem ser incluídos nas próximas pesquisas, como a idade das matrizes, os diferentes tempos e condições de armazenamento, a fim de fechar essa linha de pesquisa com a interação entre todos os fatores capazes de comprometer as perdas no pré-porteira;

10. perante as condições abordadas nessa pesquisa, viu-se que a manutenção e a adoção de sistemas de amortecimento no veículo fazem-se fundamentais no pré-porteira da avicultura de corte. Além disso, aponta-se a necessidade de se empregarem novas estratégias como o desenvolvimento de caixas e bandejas de ovos com materiais que amenizem as vibrações que chegam a essas cargas.

Referências

- ADDA, T.B.L. Embriodiagnóstico. In: MACARI, M., GONZALELS, E. **Manejo da incubação**. 2. ed. Jaboticabal: FACTA, 2003. p. 499-514.
- BERARDINELLI, A.; DONATI, V.; GIUNCHI, A.; GUARNIERI, A.; RAGNI, L. Effects of sinusoidal vibrations on quality indices of shell eggs. **Biosystems Engineering**, London, v. 86, n. 3, p. 347-353, 2003.
- BOLELI, I.C. Estresse, mortalidade e malformações embrionárias. In: MACARI, M., GONZALELS, E. **Manejo da incubação**. 2. ed. Jaboticabal: FACTA, 2003. p. 395-434.
- BOVENZI, M. Health effects of mechanical vibration. **Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia**, Paiva, v. 27, n. 1, p. 58-64, 2005.
- BRAKE, J.; WALSH, T.J.; BENTON JUNIOR, C.E.; PETITTE, J.N.; MEIJERHOF, R.; PENALVA, G. Egg handling and storage. **Poultry Science**, Savoy, v. 76, p. 144-151, 1997.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de higiene ocupacional NHO 09: avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro**. Brasília: FUNDACENTRO, 64 p., 2013.
- COBB - VANTRESS. **Guia de manejo da incubação**. Arkansas: COBB-VANTRESS, 2008. 46 p.
- DECUYPERE, E.; BRUGGEMAN, V. The endocrine interface of environmental and egg factors affecting chick quality. **Poultry Science**, Savoy, v. 86, p. 1037-1042, 2007.
- DECUYPERE, E.; TONA, K.; BRUGGEMAN, F. The day-old chick: a crucial hinge between breeders and broilers. **World's Poultry Science Journal**, Amsterdam, v. 57, p. 127-138, 2001.
- ESEN, F.; OZBEY, O.; GENÇ, F. The effect of age on egg production, hatchability and egg quality characteristics in pheasants (*Phasianus colchicus*). **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Faisalabad, v. 8, n.8, 1237-1241 p., 2010.

FASENKO, G.M.; ROBINSON, F.E.; HARDIN, R.T. Variability in pre-incubation embryonic development in domestic fowl. Effects of duration of egg storage period. **Poultry Science**, Savoy, v. 71, p. 2129-2132, 1992.

GARCIA, D.B.; SILVA, I.J.O.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, F.M.C.; DIAS, C.T.S. Evaluation of the effect of vibration in simulated condition of transport of broiler chickens. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 8., Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: CIRG, 6 p., 2008.

GEBRESENBET, G.; Van de WATER, G.; GEERS, R. Vibration levels and frequencies on vehicle and animals during transport. **Biosystems Engineering**, London, v. 110, p. 10-19, 2011.

GONZALES, E. Análise de problemas de eclodibilidade e fertilidade de plantéis avícolas por métodos de embriodiagnóstico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 15., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Zootec, 30 p., 2005.

GONZALES, E.; CESARIO, M.D. Desenvolvimento embrionário. In: MACARI, M., GONZALES, E. **Manejo da incubação**. 2. ed. Jaboticabal: FACTA, 2003. p. 395-434.

GRIFFIN, M.J. **Handbook of human vibration**. London: Academic Press, 1990. 350 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2631-1**: mechanical vibration and shock – evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: general requirements. Geneva, 31 p., 1997.

NAZARENO, A.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, A.M.C.; VIEIRA, F. M. C.; MIRANDA, K. O. S. Níveis de vibração e choques em diferentes estradas durante o transporte de ovos férteis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 900-905, 2013.

POTTER, M.A.; BASSETT, S.M. Effects of transportation-induced jarring on ratite embryo development and hatching success. **Conservation Advisory Science Notes**, Wellington, n. 341, 12 p., 2001.

R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING. **R Development Core Team**: a language and environment for statistical computing. Vienna, 2005. Disponível em <<http://www.r-project.org/>>. Acesso em: 09 jan. 2013.

RANDALL, J.M., DUGGAN, J.A.; ALAMI, M.A.; WHITE, R.P. Frequency weightings for the aversion of broiler chickens to horizontal and vertical vibration. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 68, p. 387-397, 1997.

RANATHUNGA, C.L.; JAYAWEERA, H.H.E.; SURAWEERA, S.K.K.; WATTAGE, S.C.; RUVINDA, K.K.D.L.; ARIYARATNE, T.R. Vibration effects in vehicular road transportation. **Proceedings of the Technical Sessions**, Sri Lanka v. 26, p. 9-16, 2010.

RANDALL, J.M. Human subjective response to lorry vibration: implications for farm animal transport. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 52, p. 295-307, 1992.

REIJRINK, I.A.M.; MEIJERHOF, R.; KEMP, B.; Van BRAND, H. The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation, **World's Poultry Science Journal**, Amsterdam, v. 64, p. 581-598, 2008.

ROCHA, J.S.R.; BAIÃO, N.C.; BARBOSA, V.M.; POMPEU, M.A.; FERNANDES, M.N.S.; LARA, L.J.C.; MATIAS, C.F.Q. ; BATISTA , J.V.M.S.P. Negative effects of fertile egg storage on the egg and the embryo and suggested hatchery management to minimize such problems. **World's Poultry Science Journal**, Amsterdam, v. 69, p. 79-89, 2013.

ROSA, P.S.; AVILA, V.S. **Variáveis relacionadas ao rendimento da incubação de ovos em matrizes de frangos de corte**. Brasília: EMBRAPA, 2002. 3 p. (Comunicado Técnico, 246).

SALAH, A.; KHABISI, M.M.; PAKDEL, A.; BAGHBANZADEH, A. Effects of cold stress during transportation on hatchability and chick quality of broiler breeder eggs. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, Ancara, v. 36, n. 2, p. 159-167, 2012.

SHANNON, S.G.; MORAN, A.W.; MASON, K.T. Effect of vibration frequency and amplitude on developing chicken embryos. **UAAARL Report**, Fort Rucker, v. 95, n. 1, 39 p., 1994.

SOTELO, J.J.; FRANÇA, L.N.F. **Introdução às vibrações mecânicas**. São Paulo: Edgar Blucher, 2006. 168 p.

TAGGART, L.C.; ALEM N.M.; FREAR, H.M. Effect of vibration frequency and acceleration magnitude of chicken embryos on viability and development - phase I. **USAARL**, Fort Rucker, v. 91, 23 p., 1990.

TONA, K.; BAMELIS, F.; COUCKE, W. Relationship between broiler breeder's age and egg weight loss and embryonic mortality during incubation in large-scale conditions. **Journal of Applied Poultry Research**, London, v. 10, p. 221-227, 2001.

TONA, K.; ONAGBESAN, O.; KETELAERE, B.; DECUYPERE, E.; BRUGGEMAN, V. 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. **Journal Applied Poultry Research**, London, v. 13, p. 10-18, 2004.

TONA, K.; BRUGGEMANA, V.; ONAGBESANA, O.; BAMELISA, F.; GBEASSORB, M.; MERTENS, A.K.; DECUYPERE, E. Day-old chick quality: relationship to hatching egg quality, adequate incubation practice and prediction of broiler performance. **Avian and Poultry Biology Reviews**, London, v.16, n. 2, p. 109-119, 2005.

TONA, K.; BAMBELIS, F.; KETELAERE, B.; BRUGGERMAN, V.; MORAES, V.M.B.; BUYSE, J.; ONAGBESAN, O.; DECUYPERE, E. Effects of egg storage time on

spread of hatch, chick quality and chick juvenile growth. **Poultry Science**, Savoy, v. 82, p. 736-741, 2003.

TORMA, T.; KOVÁCSNÉ, K.G. Effects of mechanical impacts on hatchability of broiler breeders. In: CONFERENCE MENDELNET, 2012, 19, Kamýcká. **Proceedings...Zemědělská: MendelNet**, 2012. p. 359-367.

TULLET, S. **Investigating hatchery practice**. Midlothian: Ross Technology, 2009. 48 p.

TURUNEN-RISE, I.H.; BREKKE, A., HARVIK, L.; MADSHUS, C.; KLÆBOE, C. Vibration in dwellings from road and rail traffic - part I: a new Norwegian measurement standard and classification system. **Applied Acoustics**, London, v. 64, p. 71-87, 2003.

ULMER-FRANCO, A.M.; FASENKO, G.M.; O'DEA CHRISTOPHER, E.E. Hatching egg characteristics, chick quality, and broiler performance at 2 breeder flock ages and from 3 egg weights. **Poultry Science**, Savoy, v. 89, p. 735-742, 2010.

VURSAVUS, K.; OZGUVEM, F.Z.G. Determining the effects of vibration parameters and packaging method on mechanical damage in golden delicious apples. **Turkish Journal of Agriculture & Forestry**, Ankara, v. 28, p. 311-320, 2004.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho comprovou que as vibrações mecânicas decorrentes do transporte são capazes de degradar a qualidade interna dos ovos fertilizados e, conseqüentemente, comprometer o nascimento e a qualidade dos pintos de corte. Sem dúvida, tais resultados revelam um grande prejuízo para a indústria avícola, causado por um fator ainda pouco abordado, tanto na prática como na ciência.

O transporte de ovos fertilizados é inevitável aos atuais sistemas de integração. Não há como não transportar esse material, sendo grande a variedade de fatores e combinações, que se associados às vibrações mecânicas, podem intensificar ainda mais as perdas do pré-porteira. Em virtude desses fatos, aponta-se a necessidade de direcionar mais pesquisas para esse processo, preferencialmente correlacionando todos os agentes ligados ao pré-porteira, como a idade das matrizes e as condições de transporte, armazenamento e incubação dos ovos fertilizados, que juntamente com a exposição às vibrações mecânicas são capazes de comprometer o nascimento e os resultados da incubação.