

**Ambiência Mecânica: vibrações durante o transporte podem influenciar na qualidade interna de ovos férteis e no peso ao nascimento dos pintos de corte?**

Ana Carolina Donofre<sup>1</sup>, Iran José Oliveira da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas da Escola Superior “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP. Bolsista FAPESP. E-mail: acdonofre@usp.br

<sup>2</sup>Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP. E-mail: iranoliveira@usp.br

**Resumo:** Visando relatar fatores ainda pouco estudados no transporte dos produtos avícolas, o objetivo deste trabalho foi verificar se as vibrações mecânicas poderiam comprometer a qualidade interna de ovos fertilizados e, conseqüentemente, o peso ao nascimento dos pintos de corte. Para tal, realizou-se um experimento aleatorizado em blocos, com quatro repetições, considerando-se um esquema fatorial  $2 \times 2 + 1$ . Os fatores estudados foram as faixas de vibração inferior e superior (zero a  $5 \text{ m.s}^{-2}$  e zero a  $10 \text{ m.s}^{-2}$ ) e dois tempos de exposição às vibrações um mínimo e um máximo (60 e 180 min). As combinações dos fatores intensidade de vibração e tempo de exposição formaram os tratamentos T1 (faixa inferior; tempo mínimo), T2 (faixa inferior; tempo máximo), T3 (faixa superior; tempo mínimo) e T4 (faixa superior; tempo máximo). O controle caracterizou o material experimental não exposto às vibrações. As vibrações foram simuladas por um agitador mecânico e utilizaram-se 2400 ovos fertilizados, divididos entre os cinco tratamentos. Como respostas, avaliaram-se o diâmetro e a altura da gema e do albúmen, a unidade Haugh, o peso dos ovos e dos pintos ao nascimento. Como resultado principal, encontraram-se evidências de que os ovos expostos às vibrações apresentam um comprometimento da qualidade do albúmen, associado a faixa de vibração superior e ao maior tempo de exposição. Além disso, o peso ao nascimento dos pintos, considerando a média dos tratamentos da parte fatorial, foi estatisticamente menor em relação ao controle. Em conclusão, defende-se que a exposição dos ovos fertilizados às vibrações mecânicas possa trazer danos a esse material e os seus efeitos, possivelmente, são refletidos na qualidade das aves.

**Palavras-chave:** acelerômetro, eclodibilidade, unidade Haugh

---

Os autores deste trabalho são os únicos responsáveis por seu conteúdo e são os detentores dos direitos autorais e de reprodução. Este trabalho não reflete necessariamente o posicionamento oficial da Sociedade Brasileira de Biometeorologia (SBBiomet).

The authors of this paper are solely responsible for its content and are the owners of its copyright. This paper does not necessarily reflect the official position of the Brazilian Society of Biometeorology (SBBiomet).

---



## Introdução

O transporte de ovos férteis é um ponto chave na comunicação dos matrizeiros com os incubatórios. Porém, durante este processo os ovos são expostos a uma gama de fatores físicos, como o caso das vibrações mecânicas, que podem comprometer sua integridade e, conseqüentemente, o nascimento e a qualidade das futuras aves.

Pesquisas com vibrações mecânicas são desenvolvidas para determinação de limites de exposição que não ofereçam riscos a sistemas biológicos (Griffin, 1990). Segundo a normativa brasileira NHO (2013), as vibrações consistem em uma mistura de ondas determinadas por acelerações, frequências e direções nos eixos ortogonais x, y e z, que estão presentes em diferentes sistemas, como o caso do transporte. Em especial, acredita-se que os movimentos transmitidos pelo veículo, caracterizados por essas vibrações, sejam um potencial causador de danos e perdas na avicultura (Randall et al., 1992; Abeyesinghe et al., 2001). Todavia, no caso do transporte de ovos férteis, os efeitos desse agente ainda foram pouco abordados.

Das granjas aos incubatórios, os ovos são expostos a diferentes combinações de tempo e intensidades de vibração, de modo que o agitação dentro das bandejas provoca um aumento significativo de quebras e trincas nas cascas (Nazareno et al., 2013). Berardinelli et al. (2003a; 2003b) discutem também que os impactos sentidos no transporte são passíveis de alterar a integridade da gema e do albúmen, refletindo no “envelhecimento” e queda de qualidade interna de ovos comerciais, o que foi comprovado por alterações na unidade Haugh e na resistência da membrana vitelínica da gema.

Altuntaş e Şekeroğlu (2008) afirmam que os ovos são a todo tempo expostos a impactos e vibrações mecânicas, seja na manipulação ou no transporte. No caso das vibrações, alguns autores relatam que esse tipo de exposição pode também comprometer o desenvolvimento embrionário das aves, aumentando as taxas de anomalias e mortalidade (Torma e Kovácsné, 2012). Em uma pesquisa prévia, os resultados mostraram que a exposição dos ovos a vibrações mecânicas prejudica a eclosão e reduz a proporção (percentagem) de pintos de boa qualidade, de modo que, o nível de vibração mais alto em conjunto com maior duração de exposição resultou na pior eclodibilidade (Donofre et al., 2017).

Com o intuito de difundir mais pesquisas sobre os processos físicos que regem o transporte avícola, este trabalho teve por objetivo verificar se as vibrações mecânicas podem comprometer a qualidade interna de ovos férteis, bem como, o peso ao nascimento dos pintos de corte.

## Material e métodos

A pesquisa foi conduzida por meio de simulações das vibrações do transporte em um incubatório comercial em Mogi Mirim – SP. Para tal, foi adotado um delineamento aleatorizado em quatro blocos completos, os quais representaram as repetições de um experimento em esquema fatorial  $2 \times 2 + 1$ , determinado por duas intensidades de vibração (inferior e superior), dois tempos de exposição às vibrações (máximo e mínimo) e um tratamento controle. As intensidades de vibração compreenderam acelerações de zero a até  $5 \text{ m.s}^{-2}$  (faixa inferior), dentro dos limites estabelecidos por Griffin (1990) e Randall (1992) para sistemas biológicos (Figura 1A); e de zero a até  $10 \text{ m.s}^{-2}$  (faixa superior), valores próximos aos encontrados por Nazareno et al. (2013) em condições reais de transporte de ovos fertilizados (Figura 1B).

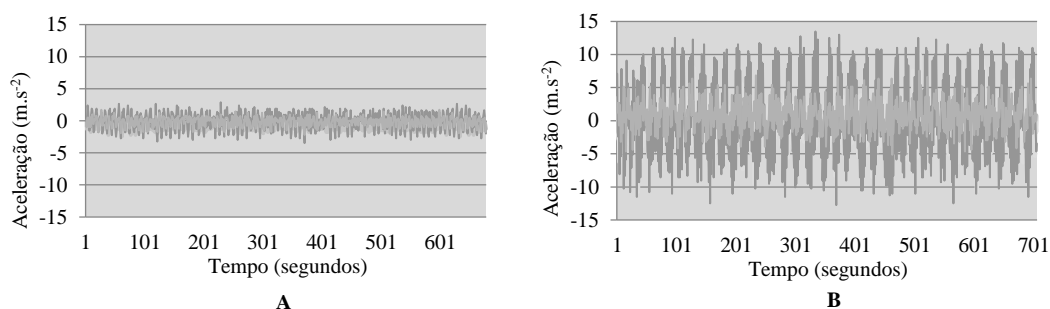


Figura 1. (A) Valores de aceleração instantânea que caracterizam a faixa inferior de vibração; (B) valores de aceleração instantânea que caracterizam a faixa superior de vibração.

Para simular as vibrações foi utilizado um agitador mecânico, similar aos aparelhos utilizados por Berardinelli et al. (2003b) e Torma e Kovácsné (2012). Na caracterização destes movimentos, como mostram as Figuras 1A e 1B, utilizaram-se os valores de aceleração instantânea ( $\text{m.s}^{-2}$ ), coletados por acelerômetros HOBO Pendant G UA-004-64<sup>®</sup>. Os acelerômetros foram fixados horizontalmente na parte interna de caixas plásticas de transporte de ovos, utilizadas durante a aplicação dos tratamentos, seguindo a metodologia adotada por Nazareno *et al.* (2013) em seu estudo de campo. Os tempos de exposição foram 60 (tempo mínimo) e 180 minutos (tempo máximo). Assim, as combinações dos fatores intensidade de vibração e tempo de exposição formaram os tratamentos T1 (faixa inferior; tempo mínimo), T2 (faixa

inferior; tempo máximo), T3 (faixa superior; tempo mínimo) e T4 (faixa superior; tempo máximo) e o controle caracterizou o material experimental não exposto às vibrações.

Foram utilizados 2400 ovos oriundos de um mesmo lote de matrizes Cobb-500, cuja idade variou de 32 a 35 semanas ao longo das quatro repetições, o que justificou a blocagem. Totalizaram-se 120 ovos por tratamento (T1, T2, T3, T4 e controle), arranjados em bandejas com capacidade para 30 unidades, fechando-se assim, quatro bandejas em cada tratamento. A ordem de execução de T1, T2, T3 e T4 foi determinada por sorteio, de modo que, um conjunto de bandejas referente a um tratamento (120 ovos) foi colocado em uma caixa de transporte por vez, junto a bandejas de preenchimento para completar a capacidade total da caixa (480 ovos). A caixa de ovos permanecia fixada sobre o agitador, programado para atuar na faixa de vibração em questão, durante o tempo de exposição determinado pelo tratamento.

Parte dos ovos foi amostrada para avaliação da qualidade interna (24 unidades), enquanto que o restante foi destinado à incubação (96 unidades). As respostas que determinaram a qualidade interna dos ovos foram tomadas nos tratamentos da parte fatorial após as simulações, intercalando-se com os ovos do controle. Os ovos foram pesados individualmente para obtenção do peso (PO; g) e, após, quebrados em uma superfície lisa e transparente. Foram avaliados o diâmetro da gema (DG; mm); diâmetro do albúmen (DA; mm); altura da gema (AG; mm); altura do albúmen (AA; mm); e unidade Haugh (UH).

Os ovos não quebrados foram destinados à incubação, em incubadoras de estágio múltiplo da CASP (CMG 125), com condições controladas de temperatura, umidade, ventilação e viragem automática de hora em hora. As bandejas foram transferidas para os nascedouros (CASP, G21e) após 445 horas de incubação, onde permaneceram até o período total de desenvolvimento (aproximadamente 504 horas). Após o nascimento, as aves vivas foram separadas e pesadas por tratamento, em uma balança semianalítica para a obtenção da resposta peso ao nascimento (PA; g).

As respostas foram estudadas por meio da análise de variância, considerando-se para cada uma delas, individualmente, o seguinte modelo:

$$y_{ik} = \mu + \delta_k + \tau_i + \epsilon_{ik} \text{ (Eq. 1),}$$

com  $i=1,2,\dots,5$  e  $k=1,2,\dots,4$ , em que:  $y_{ik}$  é o valor observado da resposta na  $k$ -ésima repetição (ou bloco) do  $i$ -ésimo tratamento,  $\mu$  é a média geral,  $\delta_k$  é o efeito do  $k$ -ésimo bloco,  $\tau_i$  é o efeito do  $i$ -ésimo tratamento e  $\epsilon_{ik}$  é o erro aleatório associado à  $k$ -ésima repetição do  $i$ -ésimo tratamento.

Os erros aleatórios foram assumidos não correlacionados e normalmente distribuídos, com média zero e variância constante e igual a  $\sigma^2 > 0$ . As pressuposições clássicas de normalidade e homocedasticidade para a análise de variância foram verificadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, ao nível de 5%. 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%. Enquanto que o teste de Tukey foi utilizado para as comparações múltiplas de médias relativas às variações da parte fatorial do experimento (intensidade e tempo), também ao nível de significância de 5%. As análises foram realizadas pelo programa estatístico R (R CORE TEAM, 2005).

### Resultados e Discussão

A análise de variância permitiu a modelagem de todas as respostas e para nenhuma delas foi verificada interação significativa entre os fatores intensidade de vibração e tempo de exposição (teste F;  $p < 0,05$ ). Tais fatores não apresentaram efeitos significativos para as medidas relacionadas à gema (DG e AG), para o peso dos ovos e peso dos pintos ao nascimento (teste F;  $p < 0,05$ ). Todavia, os mesmos influenciaram isoladamente as respostas tomadas no albúmen (DA, AA e UH), com uma alta significância ( $p < 0,001$ ) no contraste dos tratamentos da parte fatorial com o controle (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação de médias entre a parte fatorial e o controle, para as respostas diâmetro da gema (DG; mm), altura da gema (AG; mm), diâmetro do albúmen (DA; mm), altura do albúmen (AA; mm), unidade Haugh (UH; adimensional), peso do ovo (PO; g) e peso ao nascimento das aves (PA; g)

	DG	AG	DA	AA	UH	PO	PA
Fatorial*	39,25 a	19,78 a	79,80 a	6,73 a	80,15 a	63,90 a	43,40 a
Controle	38,76 a	20,07 a	73,50 b	7,81 b	86,98 b	64,46 a	44,21 b

\* Valores médios obtidos mediante os tratamentos da parte fatorial (T1, T2, T3 e T4)

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

O diâmetro do albúmen (DA; mm) foi significativamente maior e a altura (AA; mm) significativamente menor na média dos fatoriais (teste t;  $p < 0,05$ ). Reijrink et al. (2008) e Jin et al. (2010) explicam que a diminuição na altura e o aumento do diâmetro do albúmen estão relacionados diretamente

com a liquefação desse constituinte, o que reflete na queda da qualidade do ovo. Quando liquefeito, o albúmen se torna visivelmente mais espalhado e sem forma definida, diferentemente de um ovo fresco e de boa qualidade, cuja estrutura do albúmen denso mantém-se íntegra e de fácil visualização.

De todos os constituintes, o albúmen é o mais passivo de alterações devido a sua composição e estrutura (Estrada et al., 2010; Rocha et al., 2013). Neste experimento observou-se que a unidade Haugh (UH), determinada pela altura do albúmen em função do peso do ovo, também foi comprometida pela exposição às vibrações. De modo que, na parte fatorial, a média da UH foi significativamente menor (80,15) em relação ao controle (86,98), com uma redução de 7,85%. Resultados semelhantes a este foram encontrados por Berardinelli et al. (2003a), os quais se depararam com uma queda de 23% nos valores de UH de ovos comerciais expostos a acelerações de 5 m.s<sup>-2</sup> e frequências de 50 a 60 Hz. Nessa discussão, cabe ressaltar que a unidade Haugh é determinada em uma escala adimensional de zero a 100 e quanto maior o valor, melhor é a qualidade interna do ovo (Roberts, 2004; Estrada et al., 2010; King'ori, 2012).

Berardinelli et al. (2003a) explicam que a queda na qualidade de ovos em função da exposição às vibrações ainda não é clara, mas provavelmente esteja relacionada com a intensificação da perda do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e alterações no pH. A diminuição dos níveis internos de CO<sub>2</sub> ocasiona no aumento do PH do albúmen, acelerando a degradação das proteínas que caracterizam a porção densa desse constituinte, o que leva a liquefação do mesmo (Lapão et al., 1999; Reijrink et al., 2008; Jin et al., 2010, Rocha et al., 2013). Associados à liquefação do albúmen estão dois eventos: a perda de peso do ovo, causada pela evaporação da água dissociada das proteínas presentes na estrutura densa do albúmen e as alterações na gema, como o aumento devido à maior quantidade de água que atravessa a membrana vitelínica (Roberts, 2004; Estrada et al., 2010). Porém, apesar da redução da qualidade do albúmen em função das vibrações, acredita-se que a movimentação da água no sistema albúmen – gema, não tenha sido intensa ao ponto de alterar o diâmetro e a altura da gema, bem como o peso dos ovos.

Ainda, na comparação da média dos quatro fatoriais com o controle, observou-se que os pintos nascidos dos ovos vibrados se apresentam significativamente mais leves, com uma diferença de quase um grama (teste t, p<0,05). Sugere-se que este resultado possa ser decorrente das alterações no albúmen, análogas as ocorridas quando os ovos são armazenados por longos períodos e/ou a temperaturas inadequadas, cujos efeitos são capazes de comprometer a qualidade e o peso ao nascimento dos pintos de corte (Lapão et al., 1999; Reijrink et al., 2008).

A Tabela 2 apresenta a comparação de médias feita pelo de Tukey a 5% de significância, entre as duas intensidades de vibração (inferior e superior) e os dois tempos de exposição (mínimo e máximo).

Tabela 2. Comparação de médias, pelo teste de Tukey a 5% de significância, entre as intensidades de vibração e tempos de exposição para as respostas diâmetro da gema (DG; mm), altura da gema (AG; mm), diâmetro do albúmen (DA; mm), altura do albúmen (AA; mm), unidade Haugh (UH; adimensional), peso do ovo (PO; g) e peso ao nascimento das aves (PA; g)

Intensidade	DG	AG	DA	AA	UH	PO	PA
Inferior (0 a 5 m.s <sup>-2</sup> )	39,12 a	19,82 a	78,00 a	7,14 a	82,97 a	64,09 a	43,69 a
Superior (0 a 10 m.s <sup>-2</sup> )	39,37 a	19,75 a	81,60 b	6,32 b	77,32 b	63,89 a	43,82 a

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

Tempo	DG	AG	DA	AA	UH	PO	PA
Mínimo (60 min)	39,12 a	19,72 a	78,24 a	6,90 a	81,34 a	64,02 a	43,65 a
Máximo (180 min)	39,37 a	19,84 a	81,36 b	6,55 b	78,96 b	63,99 a	43,86 a

As respostas relacionadas à gema, ao peso dos ovos e peso dos pintos não diferiram estatisticamente entre as variações dos fatores estudados. Já em relação ao albúmen, verifica-se que a intensidade de vibração superior resultou em médias maiores e menores para o diâmetro e altura deste constituinte, respectivamente (Tukey; p<0,05). Semelhante ao efeito da intensidade, os ovos submetidos por um maior período de exposição às vibrações também apresentaram piores resultados para as respostas de diâmetro e altura do albúmen, como mostra a Tabela 2. Ainda, comparando-se as variações dos fatores para a resposta unidade Haugh (UH), foi observada uma redução de 6,80% na média dos ovos tratados com a intensidade de vibração superior e de 2,92% para os ovos expostos a 180 minutos de vibração, ambos os resultados significativos pelo teste de Tukey.

Os níveis de vibração obtidos em campo por Nazareno *et al.* (2013) ultrapassaram a faixa superior de 10 m.s<sup>-2</sup> testada nessa pesquisa. Tais autores se depararam com uma maior incidência de ovos quebrados (0,95%) e trincados (0,46%) e com os resultados das simulações, pode-se firmar que tal exposição pode também comprometer a qualidade dos constituintes internos dos ovos destinados a incubação. O que também ocorre em função do maior tempo em que os ovos são expostos às vibrações, comprovando os efeitos negativos desse agente inerente ao transporte.

### **Conclusões**

A exposição às vibrações mecânicas, em condições simuladas de transporte, foi capaz de comprometer a qualidade interna de ovos férteis, sobretudo, os parâmetros relacionados ao albúmen. Além disso, há evidências de uma redução no peso das aves ao nascimento. De modo que, os piores resultados estiveram associados à faixa de vibração mais intensa e a ao maior tempo de exposição

### **Referências**

- Abeyesinghe SM; Wathes CM; Nicol CJ; Randall JM (2001) The aversion of broiler chickens to concurrent vibrational and thermal stressors. *Appl Animal Behaviour Science*, 73(3), 199-215.
- Altuntaş E; Şekeroğlu A (2008) Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. *Journal of Food Engineering*, v. 85, p. 606-612, 2008.
- Berardinelli A; Donati V; Giunchi A et al (2003a) Effects of sinusoidal vibrations on quality indices of shell eggs. *Biosystems Engineering*, v. 86, n. 3, p. 347-353, 2003a.
- Berardinelli A; Donati V; Giunchi A et al (2003b) Effects of transport vibrations on quality indices of shell eggs. *Biosystems Engineering*, v. 86, n. 4, p. 495-502.
- Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma de higiene ocupacional NHO 09: avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro (2013) Brasília: FUNDACENTRO, p. 64.
- Donofre AC; Silva IJO; Nazareno AC; Ferreira IEP (2017) Mechanical vibrations in the transport of hatching eggs and the losses caused in the hatch and quality of broiler chicks. *Journal of Agricultural Engineering*, v. XLVII:593
- Estrada MM; Galeano LF; Herrera MR et al (2010) Effect of temperature and turning during storage on egg quality commercial. *Revista Colombiana de Ciências Pecuárias*, v. 23, n. 2, p. 183-190.
- Griffin MJ (1990) *Handbook of human vibration*. London: Academic Press, 1990. 350 p.
- Jin H; Lee KT; Lee WI; Han YK (2010) Effects of storage temperature and time on the quality of eggs from laying hens at peak production. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 24, p. 279-284.
- King'ori AM (2012) Egg quality defects: types, causes and occurrence: a review. *Journal of Animal Production Advances*, v. 2, n. 8, p. 350-357.
- Lapão C; Gama LT; Soares MC (1999) Effects of broiler breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability. *Poultry Science*, v. 78, p. 640-645.
- Nazareno AC; Silva IJO; Vieira AMC et al (2013) Níveis de vibração e choques em diferentes estradas durante o transporte de ovos férteis. *Rev Brasileira de Eng Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 8, p. 900-905.
- Randall JM (1992) Human subjective response to lorry vibration: implications for farm animal transport. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 52, p. 295-307.
- Reijrink IAM; Meijerhof R; Kemp B. et al (2008) The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation. *World's Poultry Science Journal*, v. 64, p. 581-598.
- Roberts JR (2004) Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *Journal of Poultry Science*, v. 41, p. 161-177.
- Rocha JSR; Baião NC; Barbosa VM et al (2013) 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*, v. 69, p. 79-89.
- Torma T; Kovácsné KG (2012) Effects of mechanical impacts on hatchability of broiler breeders. In: CONFERENCE MENDELNET, 2012, 19, Kamýcká. Proceedings...Zemědělská: MendelNet, p. 359-367.