

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Câmpus de Botucatu

**MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CASCA DOS OVOS DE POEDEIRAS
COMERCIAIS**

ANDRESSA TAKAHARA MONTENEGRO

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre

BOTUCATU – SP

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Câmpus de Botucatu

**MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CASCA DOS OVOS DE POEDEIRAS
COMERCIAIS**

ANDRESSA TAKAHARA MONTENEGRO
Zootecnista

ORIENTADOR: Prof. Dr. Edivaldo Antônio Garcia

CO-ORIENTADORA: Dra. Andréa de Britto Molino

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre

BOTUCATU – SP

Outubro – 2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M777m Montenegro, Andressa Takahara, 1988-
Métodos de avaliação da qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais / Andressa Takahara Montenegro. - Botucatu: [s.n.], 2018
vi, 40 f.: fots. color., ils. color., tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2018
Orientador: Edivaldo Antônio Garcia
Coorientadora: Andréa de Britto Molino
Inclui bibliografia

1. Casca de ovos - Qualidade. 2. Poedeiras comerciais. I. Garcia, Edivaldo Antônio. II. Molino, Andréa de Britto. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

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

DEDICATÓRIA

Sobretudo aos meus pais,

Suely Keiko Takahara Montenegro e Alexandre Amorim Montenegro *pelos ensinamentos e amor incondicional. Com certeza sem o exemplo e a presença de vocês eu não chegaria tão longe nessa caminhada, devo à vocês todas as minhas conquistas.*

AGRADECIMENTOS

Ao *Professor Dr. Edivaldo Antônio Garcia*, do Departamento de Produção Animal da FMVZ/UNESP – Câmpus de Botucatu, por aceitar mais uma vez me orientar. Sou grata pelos conhecimentos e companheirismo em mais uma etapa da minha vida pessoal e profissional.

À *Dra. Andréa de Britto Molino*, que está muito além de ser apenas co-orientadora deste trabalho, mas sim uma amiga pra vida.

Ao querido *Guilherme de Paula Barbieri* por me motivar a buscar novos conhecimentos, ser persistente independente das dificuldades ou dos meus medos, e por estar sempre ao meu lado em todos os momentos.

À minha irmã *Adriane Takahara Montenegro*, que mesmo pelas diferenças, sempre será minha eterna companheira.

Ao *Programa de Pós-Graduação em Zootecnia* da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP/ Botucatu, pela oportunidade e suporte para a obtenção do título de mestre.

Aos membros da equipe de trabalho: *Jéssica Moraes Cruvinel, Caio Cesar dos Ouros, Kauan de Souza Alves, Gilson de Campos e Walter Jorge Júnior*. Agradeço pelo companheirismo e pela amizade construída.

Ao *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq* pela concessão da bolsa de estudos no primeiro ano do curso.

À *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)* pela concessão da bolsa de estudos de Mestrado processo número 2017/00527-0.

Aos professores e funcionários do *Departamento de Produção Animal* e do *Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal* da FMVZ/UNESP/Botucatu pelos ensinamentos.

Aos funcionários da Seção Técnica do PPGZ da FMVZ/UNESP/Botucatu/SP, *Ellen Cassemiro Guilhen e Cláudia Cristina Moreci*, pelos serviços prestados, atenção e dedicação.

Aos *Funcionários da Supervisão de Fazendas de Ensino, Pesquisa e Produção* da FMVZ/UNESP/Botucatu e da Fábrica de Rações pelos serviços prestados.

Aos queridos professores *Ricardo de Oliveira Orsi, Raphael Lucio Andreatti Filho e Ricardo de Albuquerque* pelas sugestões e contribuição no desenvolvimento final da dissertação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)* - Código de Financiamento 001.

Muito obrigada a todos!

BIOGRAFIA

ANDRESSA TAKAHARA MONTENEGRO, nasceu em Cuiabá, Mato Grosso, Brasil, no dia 28 de outubro de 1988. Em fevereiro de 2008, iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, campus de Botucatu-SP, graduando-se em dezembro de 2012. No ano seguinte iniciou o curso de extensão universitária na modalidade de especialização, MBA em Agronegócios pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, concluindo-o em 2015. Iniciou o mestrado acadêmico em agosto de 2016 através do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, campus de Botucatu-SP, na área de Produção Animal com ênfase em avicultura de postura. Em 08 de outubro de 2018 realizou a Defesa de sua Dissertação.

SUMÁRIO

	PÁGINA
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Formação do ovo	3
2.2. Composição estrutural do ovo	5
2.3. Fatores que influenciam a qualidade da casca do ovo	9
2.4. Medidas de qualidade da casca do ovo.....	11
2.5. Estudos com diferentes medidas de avaliação da qualidade da casca.....	15
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
CAPÍTULO 2 - MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CASCA DOS OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS	22
RESUMO	22
ABSTRACT	23
INTRODUÇÃO.....	24
MATERIAL E MÉTODOS	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
CONCLUSÃO	36
AGRADECIMENTOS.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
CAPÍTULO 3 - IMPLICAÇÕES	40

ÍNDICE DE TABELAS**PÁGINA****CAPÍTULO 2**

Tabela 1	Medidas de qualidade de casca de ovos brancos quebrados na posição horizontal e vertical.....	29
Tabela 2	Medidas de qualidade de casca de ovos vermelhos quebrados na posição horizontal e vertical.....	31
Tabela 3	Coeficiente de correlação entre medidas de qualidade de casca de ovos brancos posicionados horizontalmente e verticalmente	33
Tabela 4	Coeficiente de correlação entre medidas de qualidade de casca de ovos vermelhos posicionados horizontalmente e verticalmente.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
CAPÍTULO 1	
Figura 1 Ilustração do aparelho reprodutivo de uma galinha poedeira.....	5
Figura 2 Estrutura anatômica do ovo.....	6
Figura 3 Composição estrutural da casca dos ovos: (A) ilustração das camadas, (B) imagem em microscopia eletrônica.....	9
Figura 4 Determinação da gravidade específica.....	12
CAPÍTULO 2	
Figura 1 Texturômetro TA. XT Plus do Laboratório de Análises de Ovos da FMVZ.....	27
Figura 2 Sondas de 2, 10 e 75 mm.....	27
Figura 3 Posicionamento dos ovos: (A) horizontal, (B) vertical.....	28

CAPÍTULO 1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

A produção e o consumo de ovos no Brasil crescem a cada ano. Entre os anos de 2010 e 2017 houve aumento de 28% na produção e 23% no consumo *per capita*, o que representa aproximadamente 192 ovos/habitante/ano. No ano de 2017, a produção de ovos foi superior a 39,9 bilhões de unidades, sendo 99,74% destinado ao mercado interno e 0,26% para exportação (ABPA, 2018).

Um ponto importante a ser abordado é a perda de ovos devido à má qualidade da casca, fator que interfere diretamente na qualidade interna do ovo e consequentemente na sua durabilidade desde a oviposição até o consumo. Mertens et al. (2006) avaliaram a incidência de ovos quebrados em diferentes sistemas de produção e encontraram alta porcentagem de ovos quebrados logo após a postura tanto em sistemas de produção de ovos convencionais (gaiolas) como em sistemas de produção em gaiolas “enriquecidas”, onde a taxa de ovos quebrados encontrada foi de 6,73% e 10,72%, respectivamente.

Outras pesquisas realizadas sobre o assunto mostram ainda que as perdas anuais devido à má qualidade da casca chegam a 6,7% no Reino Unido (ANDERSON; CARTER, 1976), 6,4% nos Estados Unidos (ROLAND, 1977) e 8% na Alemanha (FOLKERTS, 1976). No Brasil, estima-se que estas perdas cheguem a 7,4% (CAMPOS et al., 1981). Considerando esta perda na produção brasileira de 2017, calcula-se que 2,9 bilhões de ovos não tenham chegado ao consumidor. Estes valores podem ser ainda maiores atualmente, uma vez que não existem dados recentes na literatura sobre o assunto.

Pode-se afirmar que a casca do ovo é uma estrutura de suma importância, pois é uma embalagem perfeita para um alimento valioso. Precisa ser sólida e de boa qualidade, protegendo-o contra choques mecânicos, contaminação por bactérias e outros patógenos, além de evitar a perda excessiva de água.

Ovos que apresentam má qualidade de casca não podem ser comercializados, ou possuem menor valor de mercado, acarretando menor lucro, visto que estes ovos têm sua qualidade e durabilidade comprometidos. Para reduzir este problema, é essencial que se

realize periodicamente avaliação da qualidade da casca para identificar lotes problemáticos e adotar medidas corretivas.

Para avaliação de qualidade de casca, os métodos mais comumente empregados podem ser divididos em diretos e indiretos, onde, nos métodos diretos ocorre a quebra dos ovos e nos indiretos não. Dentre os métodos diretos pode-se destacar: resistência da casca à quebra, porcentagem de casca, espessura da casca, peso de casca por superfície de área, e, no método indireto, a gravidade específica.

A manutenção e monitoria da qualidade da casca do ovo é um fator primordial para garantir a qualidade do conteúdo interno. Entre os métodos de avaliação da qualidade da casca, considera-se a resistência da casca à quebra a medida mais confiável (BAIN, 2005). No entanto, essa avaliação é realizada por meio de equipamento de custo elevado e, apesar de possuírem acurácia elevada, adquirir um aparelho sofisticado muitas vezes não é prioridade do produtor.

Desse modo, novas pesquisas se fazem necessárias para encontrar o método que alie eficiência, praticidade e menor custo. Portanto, é necessário buscar aquele que apresenta maior correlação positiva com a resistência da casca à quebra, dentre as demais medidas de qualidade externa dos ovos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Formação do ovo

O ovo é formado basicamente pela gema, albúmen (clara) e casca. Durante o desenvolvimento embrionário da ave, observa-se a presença de dois ovários e dois ovidutos, um de cada lado da cavidade abdominal. Contudo, apenas o ovário e oviduto do lado esquerdo se desenvolvem. No trato reprodutivo das fêmeas, a gema é originada no ovário, sendo o oviduto o responsável pela formação das demais partes do ovo (REECE, 2008; MACARI et al., 2013).

O ovário de uma ave adulta é uma massa esponjosa que contém folículos de diferentes tamanhos e diferentes estágios de desenvolvimento, dando origem à gema. Quando o folículo amadurece, ele é liberado no oviduto por um processo denominado ovulação. Com a maturação do folículo, ocorre o rompimento do estigma do folículo maduro e assim seu desprendimento do ovário. O conteúdo da gema é envolvido pela membrana vitelina (membrana da gema) também formada no ovário (CARBÓ, 1987).

O oviduto é um canal pelo qual a gema passa após sair do ovário. É composto por: infundíbulo, magno, istmo, útero e vagina. Nas diversas porções do oviduto são secretadas as partes restantes do ovo. Normalmente possui diâmetro curto porém, com a aproximação da primeira ovulação, ele se expande em tamanho e espessura (MACARI; MAIORKA, 2017).

O infundíbulo é a parte superior do oviduto, com formato em funil e tamanho aproximado de 9 cm. Sua função é alcançar e englobar a gema para fazê-la entrar no oviduto. Após a ovulação, a gema entra na bolsa do ovário na cavidade abdominal, onde é recolhida para o infundíbulo. Permanece nesta parte durante pouco tempo (aproximadamente 15 minutos), sendo forçada adiante por meio de múltiplas contrações (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013).

O magno é a parte do oviduto que secreta parte do albúmen. Seu comprimento é de aproximadamente 33 cm, permanecendo o ovo nesta cavidade durante 3 horas para seu desenvolvimento (MACARI; MENDES, 2005).

O istmo é uma parte relativamente curta, com cerca de 10 cm de comprimento, onde o ovo permanece aproximadamente 1 hora e 15 minutos. É o local em que ocorre o desenvolvimento das membranas interna e externa da casca. A calcificação da casca começa na parte posterior do istmo, quando aparecem pequenos grânulos de cálcio na parte externa das membranas da casca. Estes são os sítios de iniciação dos depósitos de cálcio (RUTZ et al., 2005).

O útero é a principal glândula de formação da casca, tendo um comprimento aproximado, numa galinha poedeira, de 10 a 12 cm. O ovo em desenvolvimento permanece no útero muito mais tempo que em qualquer outra parte do oviduto (entre 18 a 20 horas). No momento em que o ovo penetra no útero, depositam-se às membranas da casca, água e sais

minerais, que penetram para o interior do ovo graças ao processo de osmose, provocando a separação da conexão das membranas da casca e a liquidação de parte do albúmen delgado, o que dará origem a camada externa delgada branca (MACARI et al., 2013).

A vagina é a parte final do oviduto, com comprimento aproximado de 12 cm em uma ave em produção, na qual ocorre a deposição da cutícula sobre a casca para cobrir seus poros. Naturalmente, o ovo permanece na vagina apenas por alguns minutos, podendo permanecer por várias horas, se necessário. Após o depósito da cutícula o ovo estará pronto para a postura (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013).

Na Figura 1, é possível observar um desenho esquemático das estruturas que compõem o aparelho reprodutivo da galinha.

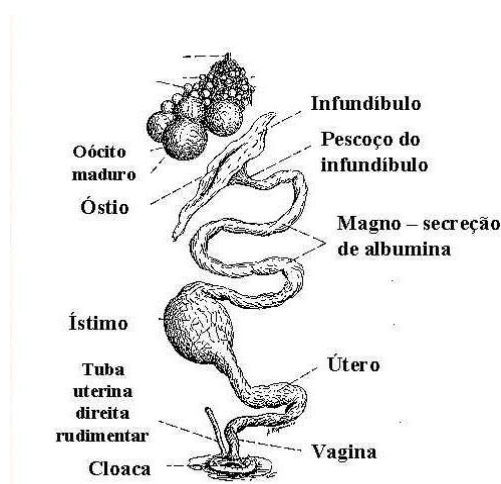


Figura 1 Ilustração do aparelho reprodutivo de uma galinha poedeira. Fonte: Adaptado de Macari e Mendes (2013).

Acredita-se que a formação do ovo pela galinha dure em torno de 1,5 a 2 semanas. A gema é formada durante dez ou doze dias imediatamente antes da postura do ovo (STADELMAN; COTTERILL, 1986).

2.2. Composição estrutural do ovo

O ovo é constituído por várias partes anatômicas. Sua estrutura divide-se basicamente em gema, albúmen, membranas e casca (Figura 2).

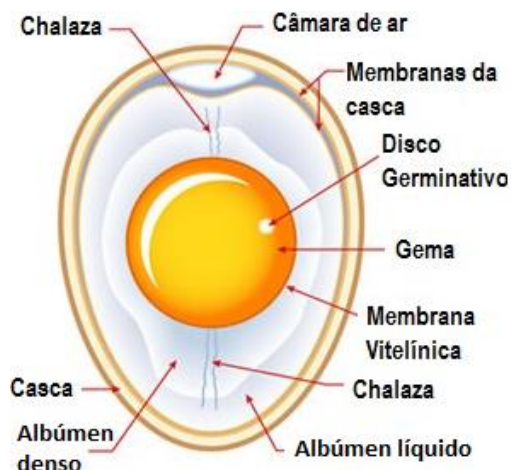


Figura 2 Estrutura anatômica do ovo. Fonte: Adaptado de Carbó (1987).

Gema

A gema contém a célula reprodutiva e fonte de alimento para o sustento parcial do embrião. Na gema, podemos distinguir os seguintes componentes: disco germinativo, látebra, vitelo ou camada concêntrica clara e escura, e a membrana vitelina.

A coloração da gema se dá pela deposição de xantofila, pigmento carotenóide derivado da alimentação das aves, durante a formação do ovo (STADELMAN; COTTERILL, 1986; MACARI; MAIORKA, 2017).

Albúmen

O albúmen é formado em poucas horas, representando aproximadamente 60% do peso total do ovo. O canal secretor de albúmen produz apenas um tipo de albúmen, formando a camada interna, fina. Porém, durante a rotação do ovo no decorrer de seu processo de formação, adiciona-se água ao albúmen, o que ocasiona aumento no número de suas camadas (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013).

À princípio o albúmen parece ser homogêneo; porém, existem diferenças quanto à sua consistência e viscosidade. Desta forma, pode-se dividi-lo em quatro camadas: chalazífera, fluida interna, densa média e fluída externa (MACARI et al., 2013).

A importância relativa das diferentes camadas do albúmen é muito variável. Uma proteína, a ovomucina, é a responsável pela viscosidade da clara. São as camadas de albúmen denso as mais ricas nesta proteína. A fluidificação do albúmen se procede pela entrada de água antes da formação da casca e pelo desdobramento da ovomucina, uma vez finalizado o processo (RUTZ et al., 2005).

O albúmen chalazífero é produzido quando a gema entra no magno. As chalazas se apresentam como cordões esbranquiçados que se estendem pelos pólos opostos da gema, penetrando no albúmen. Torcidas em direções opostas, as chalazas tendem a manter a gema centralizada após a postura do ovo. Sua formação se dá em parte pela rotação da clara ao redor da gema durante a permanência do ovo no útero (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013).

Casca

Aproximadamente 96% de sua composição é de carbonato de cálcio, na forma de calcita, sendo o restante de fosfato de cálcio, carbonato de magnésio e substâncias orgânicas. Apresentam 40% de cálcio e outros minerais em menor proporção, como o magnésio, fósforo, selênio, ferro, manganês, zinco, entre outros (PARSONS, 1982; ROVENSKÝ, 2003).

A casca do ovo, além de contribuir para o seguro desenvolvimento do embrião, oferecendo proteção mecânica e barreira à penetração de microrganismos, permite a difusão dos gases respiratórios e contribui para a conservação do teor de água do ovo (SOLOMON, 1991).

É uma estrutura perfeitamente ordenada, com espessura muito variável, compreendida em um intervalo entre 0,28 e 0,42 mm. É dividida de acordo com sua composição química e estrutural, resultado da deposição sequencial de fração orgânica e mineral que ocorre nos segmentos istmo e útero da galinha (NEVES, 1998).

Segundo Carbó (1987), a casca dos ovos pode ser dividida nas seguintes camadas:

a) Membranas da casca ou membranas testáceas (interna e externa): são membranas compostas por uma rede de fibras proteicas que envolvem o albúmen. As membranas apresentam-se ligadas em toda a porção do ovo, exceto na região da câmara de

ar, que após a postura será preenchida por ar que entra através dos poros da casca. As membranas são semipermeáveis e permitem a troca de gases e água enquanto retêm as proteínas do albúmen, agindo também como filtro contra a penetração de patógenos. Tem papel importante na mineralização da casca, já que o crescimento dos cristais inicia-se caudalmente a esta região. Algumas pesquisas citam que essas membranas podem possuir certa influência sobre a resistência da casca dos ovos (BOARD, 1980; KRAMPITZ; GRAZER, 1988).

b) Camada mamilar ou camada de protuberâncias mamilares: constitui uma camada calcificada localizada após a membrana externa. Contém também matéria orgânica, formando núcleos no centro das protuberâncias. Nestes núcleos, é iniciado o crescimento radial em forma de camadas superpostas de cristais de calcita. Tem importância na resistência da casca, a qual é menor nos ovos cujas protuberâncias têm forma irregular e se encontram distribuídas de maneira irregular. Perfaz cerca de 20-35% da espessura total da casca (BAIN, 2005).

c) Camada esponjosa: constitui de 60 a 95% da casca. Encontra-se colocada sobre a camada de protuberâncias mamilares, não sendo nítida a separação entre ambas. A camada esponjosa está materialmente formada por milhares de poros, que possuem papel importante na respiração do embrião. Sua influência na qualidade da casca é atualmente desconhecida. Essa camada possui um recobrimento externo extremamente fino (2-7 μm), que está em contato com a cutícula (HUNTON, 2005).

d) Poros: são canículos não ramificados, que se iniciam nas protuberâncias mamilares adjacentes e terminam praticamente na superfície da casca, formando estruturas semelhantes a funis cobertos por um grosso tampão de cutícula. Sua função é possibilitar o intercâmbio gasoso com o exterior. Estão distribuídos de maneira desigual, concentrando-se ao redor do pólo mais largo do ovo (PARSONS, 1982; NASCIMENTO; SALLE, 2003).

e) Cutícula: fina camada de glicoproteína insolúvel em água que recobre a casca do ovo após a sua formação no oviduto. Sua espessura varia entre 10 a 30 μm , sendo depositada sobre a casca na região da cloaca. Essa membrana envolve totalmente a superfície externa

da casca do ovo sem impedir as trocas gasosas. A cutícula é constituída por duas camadas, uma adjacente à casca, que possui aparência esponjosa e outra, mais externa, de aparência mais compacta. Apesar de recobrir totalmente a face externa da casca, ela não obstrui todos os poros da mesma (cerca de 1% deles permanecem abertos). A cutícula, quando íntegra, constitui-se em uma barreira efetiva contra bactérias, fungos e vírus (ELGUERA, 1999).

Na Figura 3, é possível observar uma ilustração (A) e uma imagem em microscopia eletrônica (B) da estrutura da casca dos ovos.

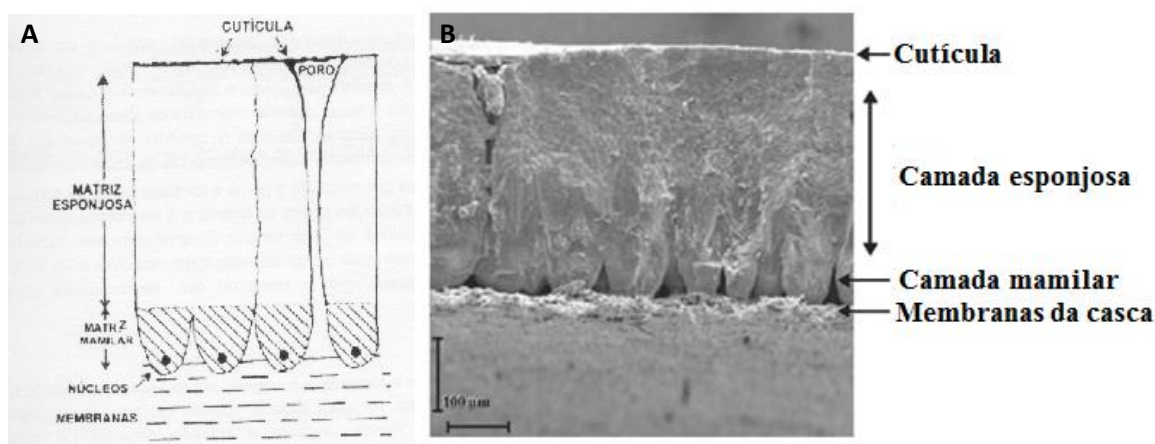


Figura 3 Composição estrutural da casca dos ovos: (A) ilustração das camadas, (B) imagem em microscopia eletrônica. Fonte: Carbó (1987), Hunton (2005).

2.3. Fatores que influenciam a qualidade da casca do ovo

A manutenção da qualidade da casca é primordial para garantir que um alimento íntegro chegue aos consumidores. Ovos com má qualidade de casca não resistem ao sistema industrial, gerando prejuízo aos produtores e desperdício de alimento. Cerca de 6 a 8% dos ovos produzidos pelas poedeiras, em condições que podem ser qualificadas como corretas, acabam quebrando, no próprio galpão, durante a manipulação ou posteriormente durante o transporte (ANDERSON; CARTER, 1976; ROLAND, 1977; FOLKERTS, 1976; CAMPOS et al., 1981).

A casca dos ovos deve ser forte o suficiente para resistir a impactos e perfurações inclusive os oriundos do sistema industrial automatizado. Diante disso, um dos aspectos mais importantes da qualidade da casca dos ovos a ser observado é a resistência da casca à

quebra que pode ser influenciada por alguns fatores, como os descritos por Castelo Llobet (1989), e são eles:

- Genéticos: existem diferenças no que refere à qualidade da casca dos ovos, não só entre as linhagens, como também entre os indivíduos dentro da mesma linhagem (MACARI et al., 2013).

- Fisiológicos: os fatores fisiológicos mais importantes são os relacionados com a regulação do metabolismo de cálcio. Nessa regulação, intervêm diversos hormônios como estrógenos, calcitonina, hormônio da paratireoide e o 1,25 Dihidroxicolecalciferol. Assim, qualquer alteração dos níveis habituais destes hormônios causará influência significativa sobre a qualidade da casca dos ovos (MACARI; MAIORKA, 2017).

- Idade das poedeiras: com o avanço da idade das aves, o aumento do tamanho do ovo é mais rápido que o incremento do peso de casca depositado. Isso determina uma menor espessura da mesma, decaindo assim a sua resistência à quebra (ARAÚJO et al., 2011).

- Nutricionais: os aspectos nutricionais mais importantes que influenciam a qualidade da casca são os níveis de cálcio, fósforo, manganês, vitamina D e balanço de eletrólitos (Na, K, Cl) na alimentação. A resistência da casca, por exemplo é altamente dependente dos níveis destes minerais (STADELMAN; COTTERILL, 1986).

- Ambientais: em relação aos principais fatores ambientais, provavelmente o mais importante é a temperatura. Temperaturas mais altas que 26°C, logo acima do conforto térmico das aves, afetam a qualidade da casca. Porém, se as aves estão expostas a temperaturas cíclicas, o efeito negativo é menor comparando-se àquelas expostas a elevadas temperaturas constantemente (SOUZA; LIMA, 2007). Em relação à influência das estações do ano, os parâmetros de qualidade, peso específico dos ovos, peso da casca e espessura da casca alcançam valores mais elevados no inverno e mais baixos no verão.

- Enfermidades: algumas doenças como a bronquite infecciosa, síndrome da queda de postura (EDS), doença de Newcastle, influenza aviária, além de verminoses e outras enfermidades, podem interferir na qualidade externa e interna dos ovos. De modo geral, as enfermidades alteram de forma direta ou indireta a qualidade da casca, seja através da

administração de medicamentos ou surgimento de lesões em órgãos importantes para a formação do ovo (SALLE; MORAES, 2009).

Todos os aspectos citados influenciam diretamente a qualidade da casca dos ovos; portanto, é importante garantir que a poedeira receba todos os cuidados quanto aos manejos sanitários, nutricionais e de bem estar. Uma poedeira saudável, naturalmente produzirá um ovo saudável. Tendo garantido todos estes aspectos, é possível então utilizar técnicas existentes para mensurar a qualidade da casca.

2.4. Medidas de qualidade da casca do ovo

Alguns pesquisadores têm trabalhado para desenvolver métodos para a determinação da qualidade e resistência da casca, aumentando assim a segurança do produto que chega ao consumidor (JONES et al., 2010.; MERTENS et al., 2010). A elevada resistência da casca do ovo o protegerá durante a coleta, no equipamento de classificação e durante o transporte. A quebra da casca ainda continua sendo um problema dispendioso, tanto para as indústrias como para produtores de ovos. A qualidade da casca dos ovos sempre foi tema de grande relevância; entretanto, este assunto ganhou maior destaque ainda a partir da automatização do sistema produtivo (KEMPS et al., 2006).

Existem diversos métodos de avaliar a qualidade da casca, podendo ser considerados métodos diretos, que necessitam da quebra do ovo, e métodos indiretos, em que a avaliação é feita sem a necessidade de sua quebra (ROBERTS, 2004). Coutts et al. (2007) afirmam que para avaliação da qualidade da casca é possível dispor de equipamentos sofisticados ou fazer mensurações mais simplificadas, tais como: defeitos visuais, gravidade específica, porcentagem de casca, peso da casca por superfície de área e incidência de luz (ovoscopia).

Entre os diversos métodos de avaliação da qualidade da casca, considera-se a resistência da casca à quebra a medida mais confiável (BAIN, 2005). No entanto, para a realização desta análise, utiliza-se aparelho de custo elevado, como um texturômetro ou o

Digital Egg Tester®, razão pela qual muitos produtores optam por não adquiri-lo, levando a realizarem as mensurações por meio de outros métodos existentes.

Dentre as avaliações mais utilizadas destacam-se:

Gravidade específica

A densidade do conteúdo interno dos ovos é muito próxima à densidade da água (ARAÚJO et al., 2011). Assim, é possível mensurar a densidade da casca mergulhando os ovos em soluções salinas com densidades variadas, geralmente de 1,060 a 1,100 g/cm³ com intervalos de 0,005 g/cm³. Inicia-se mergulhando os ovos na solução de menor densidade. Caso afunde, deve-se mergulhá-lo na solução seguinte. A gravidade específica (ou densidade da casca) será a mesma da menor solução em que o ovo flutuar (Figura 4). Considera-se que quanto maior a gravidade específica, maior densidade da casca e portanto melhor a resistência.



Figura 4 Determinação da gravidade específica.

É importante ressaltar que para efetuar esta avaliação, os ovos devem ser coletados logo após a postura, com um intervalo máximo de 3 horas entre a postura do primeiro e do último ovo que serão analisados, a fim de se padronizar as amostras. Com o passar do tempo, principalmente em dias de temperatura elevada, o ovo perde água e dióxido de carbono, alterando assim a densidade do conteúdo interno, o que pode mascarar os resultados.

Conforme afirma Hamilton (1982), vários aspectos podem influenciar a avaliação da qualidade da casca, como a temperatura do ovo, tempo entre postura e realização da análise, e também a sequência em que as avaliações são realizadas. Estudos realizados por Hamilton et al. (1979) afirmam que erros também podem ocorrer devido à temperatura das soluções, ressaltando a importância da calibração e leitura dos equipamentos usados para medir a densidade da água, devendo-se efetuar as medições imediatamente antes da realização das análises. Os autores também salientam a importância da não utilização dos ovos que apresentam fissuras ou trincas na casca, pois podem causar erros no resultado final.

Porcentagem de casca

A porcentagem de casca é determinada após a quebra do ovo e separação de seus componentes internos. A casca é lavada e seca em estufa a 65°C por um período de 24 horas ou em temperatura ambiente por 48 a 72 horas. Quando a secagem é feita em estufa, deve-se aguardar 30 minutos até que a casca esteja em temperatura ambiente. Em seguida, procede-se a sua pesagem e divide-se seu peso pelo peso do ovo, sendo o resultado multiplicado por 100.

Quanto maior for o percentual de casca em relação ao peso do ovo, melhor será a sua qualidade (ARAÚJO et al., 2011). Há correlação altamente negativa entre a porcentagem da casca e número de ovos quebrados (BAIÃO; LÚCIO, 2005). Autores como Abdallah et al. (1993) mostraram que 80% da ruptura de ovos de consumo pode ser explicada pela baixa porcentagem de casca.

A qualidade da casca decresce com o avançar da idade das aves. Os ovos aumentam de peso e a galinha reduz sua capacidade de absorver cálcio ou de mobilizá-lo dos tecidos ósseos, havendo nítida redução na quantidade de cálcio depositada na casca (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013). Sendo assim, estes ovos tornam-se mais vulneráveis a trincas e quebras, o que corrobora a importância de avaliações periódicas da qualidade dos ovos para que se tomem as medidas necessárias a fim de minimizar esta fragilidade com o avançar da idade.

Espessura da casca

A espessura é realizada com auxílio de paquímetro ou micrômetro; efetuam-se medidas em três pontos equidistantes na zona equatorial da casca, e a média aritmética representará a espessura da mesma (ARAÚJO et al., 2011).

A espessura do ovo não é uniforme, sendo normalmente mais grossa na extremidade mais fina do ovo, intermediária na extremidade mais larga e mais fina na região equatorial, onde é realizada a mensuração (BAIÃO; LÚCIO, 2005).

Muitos autores afirmam que quanto maior a espessura da casca melhor sua qualidade. Porém, Azari et al. (2009) afirmam que, apesar de aumento na espessura da casca melhorar sua resistência à ruptura, poderia também afetar troca de gases e água da casca.

Peso da casca por superfície de área

O peso de casca por superfície de área é também uma medida da densidade da casca dos ovos. É um índice obtido por meio de equação matemática que utiliza o peso do ovo e o peso da casca. Esta medida pode ser calculada conforme Abdallah et al. (1993); utilizando-se a seguinte fórmula: $PCSA = \{PC / [3,9782 \times (PO^{0,7056})]\} \times 1000$, onde: PC = peso da casca, PO = peso do ovo, expresso em mg/ cm².

A quantidade ou peso da casca em relação à área de superfície do ovo influencia diretamente a espessura de casca. A área de superfície do ovo depende do tamanho do ovo e pode ser calculada a partir do peso (NORDSTROM; OUSTERHOUT, 1982).

Estudos mostram que há variação negativa desse índice conforme o avançar na idade das aves, tendo em vista que o peso do ovo e superfície aumentam mas o peso de casca não. Ao início de postura observou-se valores médios de 74,9 que passaram para 72,5 ao final do ciclo produtivo, indicando piora na qualidade de casca (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013).

Resistência da casca à quebra

A resistência da casca à quebra é considerada a melhor característica para definir a qualidade da casca do ovo (BAIN, 2005). É ela que garante a integridade da casca durante a

coleta, equipamento de classificação e transporte. Esta análise é realizada em texturômetro ou no Digital Egg Tester® (Nabel), que registram a força de compressão necessária para romper a casca do ovo. Quanto maior a força registrada pelo equipamento, maior será a resistência da casca à quebra.

Embora seja um procedimento simples e rápido, pode haver resultados diferentes para cada equipamento, já que são compostos por tamanhos de sonda diferentes. Tendo em vista que a superfície de contato entre a sonda e a casca varia devido ao formato côncavo do ovo, estudos mais aprofundados são necessários para se definir qual melhor tipo de sonda para mensurar a resistência da casca à quebra.

Vários aspectos podem influenciar a avaliação da qualidade da casca, como taxa de compressão e tempo de resposta do equipamento para determinar compressão e deformação, teor de umidade da casca e até mesmo a textura da superfície do analisador em contato com o ovo (HAMILTON, 1986). A posição do ovo no momento da análise também pode influenciar a determinação da resistência da casca à quebra. Dados mostram que existem diferenças associadas à força aplicada nas extremidades (pólos), bem como na região equatorial do ovo (JONES, 2006).

2.5. Estudos com diferentes medidas de avaliação da qualidade da casca

Nordstrom e Ousterhout (1982) ao estimarem medidas de qualidade de casca por meio de equações de regressão, constataram que o peso de casca por superfície de área pode ser usado mais eficazmente do que as outras medidas para comparar qualidade de casca em planteis de múltiplas idades.

Os autores Charles e Strong (1988) ao avaliarem características com alta correlação negativa com a porcentagem de ovos quebrados, verificaram que a gravidade específica e a porcentagem de casca são melhores características para avaliar a qualidade de casca, ou seja, maiores valores para estas características levariam à menor incidência de ovos quebrados. Já Abdalah et al. (1993) em estudo semelhante, concluíram que os métodos mais

indicados seriam a porcentagem de casca e peso de casca por superfície de área por apresentarem maiores valores de correlação negativa com porcentagem de ovos quebrados.

Ainda estudos com este mesmo intuito também foram realizados por Furtado et al. (2001), onde observaram que gravidade específica, peso de casca por superfície de área, porcentagem de casca e espessura de casca possuem correlações negativas com a porcentagem de perda de ovos, e concluíram que a gravidade específica seria suficiente para avaliar a qualidade da casca.

Rodriguez-Navarro et al. (2002) avaliaram as microestruturas que compõem a casca do ovo e observaram que os cristais de calcita seguem orientação perpendicular à região equatorial do ovo. O grau de organização e tamanho destes cristais influenciam diretamente a resistência da casca. Quanto mais desarranjados os cristais, maior foi a resistência, assim como quanto maior tamanho dos cristais, maior espessura de casca. Observaram também que o grau de organização dos cristais de calcita aumenta com o avançar da idade das aves.

A avaliação da influência do formato do ovo e velocidade de compressão com a resistência da casca à quebra foi realizado por Altuntas e Sekeroglu (2008). Os autores afirmam que a resistência da casca à quebra decresce à medida que o índice “formato do ovo” aumenta, ou seja, conforme os ovos tornam-se mais arredondados. Observaram também que a resistência da casca à quebra é dependente da velocidade de compressão utilizada, onde velocidades mais baixas exigem maiores forças de compressão.

Silva et al. (2012) avaliaram forças de ruptura da casca de ovos de poedeiras submetidas à três diferentes temperaturas ambientais e duas temperaturas de água de bebida (com e sem resfriamento) e identificaram maiores valores de resistência da casca à quebra em ovos posicionados verticalmente, mas não encontraram efeito sob a espessura da casca dos ovos.

Zhang et al. (2016) ao avaliarem as propriedades geométricas e mecânicas dos ovos de gansa, observaram que a espessura da casca dos ovos de gansa diferentemente da casca dos ovos de galinhas possuem maior espessura na região equatorial, espessura intermediária na extremidade mais fina e menor espessura na extremidade mais larga. Constataram

também que ovos submetidos à avaliação de resistência da casca à quebra em posição vertical à sonda, apresentam maiores valores.

Várias são as análises existentes para aferir a qualidade da casca; entretanto, há muita divergência perante os resultados sobre o melhor método a ser utilizado. Sabe-se que analisadores eletrônicos possuem acurácia elevada, mas adquirir um aparelho sofisticado e de alto custo muitas vezes não é prioridade do produtor.

Diante do exposto, o Capítulo 2 denominado “**MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CASCA DOS OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS**”, apresenta-se de acordo com as normas para publicação na *Revista Brasileira de Ciência Avícola – Brazilian Journal of Poultry Science*, e teve como objetivo definir o diâmetro de sonda mais adequado para realizar a resistência da casca à quebra, por meio de texturômetro; e ainda determinar qual o melhor posicionamento dos ovos para efetuar esta avaliação e identificar qual método de avaliação da qualidade da casca dos ovos é mais confiável caso não seja possível a avaliação em um aparelho eletrônico.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLAH, G. A.; HARMS, R. H.; EL-HUSSEINY, O. Various methods of measuring shell quality in relation to percentage of cracked eggs. **Poultry Science**, Oxford, v. 72, p. 2038-2043, 1993.

ALTUNTAŞ, E.; ŞEKEROĞLU, A. Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 85, n. 4, p. 606-612, 2008.

ANDERSON, C. B.; CARTER, T. C. The hens eggs: shell cracking at impact on a heavy, stiff body and factors that affect it. **British Poultry Science**, London, v. 17, n. 6, p. 613-626, 1976.

ARAÚJO, W. A. G. et al. **Programa de luz na avicultura de postura**. Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária, n. 52, p. 58-65, 2011.

ARAZI, H. et al. Osteopontin and calbindin gene expression in the eggshell gland as related to eggshell abnormalities. **Poultry Science**, Oxford, v. 88, p. 647-653, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Relatório anual 2018**. São Paulo. 2018. 177 p.

BAIÃO, N. C.; LÚCIO, C. G. Nutrição de matrizes pesadas. In: MACARI, M.; MENDES, A. A. **Manejo de matrizes de corte**. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2005. p. 197-212.

BAIN, M. M. Recent advances in the assessment of eggshell quality and their future application. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 61, p. 268-277, 2005.

BOARD, R. G. The avian eggshell: a resistance network. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v. 48, p. 303-313, 1980.

CAMPOS, E. J. et al. Danos sofridos pela casca durante o manuseio dos ovos de consumo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA, 7., 1981, Recife. **Anais...** Recife: UBA, 1981. v. 1, 1981. p. 94-105.

CARBÓ, C. B. **La gallina ponedora: sistemas y técnicas de producción**. v. 2. Madrid: Mundi, 1987. 519 p.

CASTELO LLOBET, J. A.; PONTES, M.; FRANCO GONZÁLES, F. **Producción de huevos**. Barcelona: Real Escuela de Avicultura, 1989. 367 p.

CHARLES, F.; STRONG, J. R. Research note: relationship between several measures of shell quality and egg-breakage in a commercial processing plant. **Poultry Science**, Oxford, v. 68, p. 1730-1733, 1988.

COUTTS, J. A. et al. **Optimum egg quality: a practical approach**. Sheffield: 5M Publishing, 2007.

ELGUERA, M. A. Relação entre o manejo de reprodutoras de carne e qualidade dos ovos incubáveis. In: SIMPÓSIO TÉCNICO SOBRE MATRIZES DE FRANGO DE CORTE, 2., Chapecó, 1999. **Anais...** Chapecó: ACAV, 1999. p. 17-27.

FOLKERTS, J. Influence of feeding and husbandry on egg shell quality. In: EUROPEAN POULTRY CONFERENCE, 5., Malta, v. 1, p. 580, 1976. **Proceedings...** Malta Branch: World Poultry Science Association, 1976.

FURTADO, I. M. et al. Correlação entre medidas da qualidade de casca e perda de ovos no segundo ciclo de produção. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 654-660, 2001.

HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, Oxford, v. 61, p. 2022-2039, 1982.

HAMILTON, R. M. G. The microstructure of the hen's egg shell: a short review. **Food Structure**, v. 5, n. 1, Article 13, 1986. Disponível em: <http://digitalcommons.usu.edu/foodmicrostructure/vol5/iss1/13>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

HAMILTON, R. M. G. et al. Relationship between egg shell quality and shell breakage and factors that affect shell breakage in the field - a review. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 35, p. 177-190, 1979.

HUNTON, P. Research on eggshell structure and quality: an historical overview. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 67-71, 2005.

JONES, D. R. et al. Frequency of *Salmonella*, *Campylobacter*, *Listeria* and *Enterobacteriaceae* detection in commercially cool water-washed shell eggs. **Journal of food safety**, Westport, v. 26, n. 4, p. 264-274, 2006.

JONES, D. R. et al. Modified pressure imaging for egg crack detection and resulting egg quality. **Poultry Science**, Oxford, v. 89, p. 761-765, 2010.

KEMPS, B. J. et al. The influence of line and laying period on the relationship between different eggshell and membrane strength parameters. **Poultry Science**, Oxford, v. 85, p. 1309-1317, 2006.

KRAMPTZ, G.; GRAZER, G. Molecular mechanisms of biomineralization in the formation of calcified shells. **Angewandte Chemie International Edition**, Weinheim, v. 27, p. 1145-1156, 1988.

MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2017. 806 p.

MACARI, M.; MENDES, A. A. **Manejo de matrizes de corte**. 2. ed. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2005. 414 p.

MACARI, M. et al. **Manejo da incubação**. 3. ed. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2013. 465 p.

MERTENS, K. et al. Monitoring of eggshell breakage and eggshell strength in different production chains of consumption eggs. **Poultry Science**, Oxford, v. 85, p. 1670-1677, 2006.

MERTENS, K. et al. The transmission color value: a novel egg quality measure for recording shell color used for monitoring the stress and health status of a brown layer flock. **Poultry Science**, Oxford, v. 89, p. 609-617, 2010.

NASCIMENTO, V. P.; SALLE, C. T. P. O ovo. In: MACARI, M. et al. **Manejo da incubação**. 2. ed. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2003. p. 34-50.

NEVES, M. A. **Alternativas para valorização da casca do ovo como complemento alimentar e em implantes ósseos**. 1998. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

NORDSTROM, J. O.; OUSTERHOUT, L. E. Estimation of shell weight and shell thickness from egg specific gravity and egg weight. **Poultry Science**, Oxford, v. 61, p. 1991-1995, 1982.

OLIVEIRA, B. L.; OLIVEIRA, D. D. **Qualidade e tecnologia de ovos**. Lavras: Editora da Universidade Federal de Lavras, 2013. 223 p.

PARSONS, A. H. Structure of the eggshell. **Poultry Science**, Oxford, v. 61, p. 2013-2021, 1982.

REECE, W. O. **Anatomia funcional e fisiologia dos animais domésticos**. 3. ed. São Paulo: Roca, 2008. 468 p.

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

RODRIGUEZ-NAVARRO, A. et al. Influence of the microstructure on the shell strength of eggs laid by hens of different ages. **British Poultry Science**, London, v. 43, n. 3, p. 395-403, 2002.

ROLAND, D. A. The extent of uncollected eggs due to inadequate shell. **Poultry Science**, Oxford, v. 56, n. 5, p. 1517-1521, 1977.

ROVENSKÝ, J. et al. Eggshell calcium in the prevention and treatment of osteoporosis. **International Journal of Pharmacology Research**, Chennai, v. 23, n. 2, p. 83-92, 2003.

RUTZ, F.; ANCIUTI, M. A.; PAN, E. A. Fisiologia e manejo reprodutivo de aves. In: MACARI, M.; MENDES, A. A. **Manejo de matrizes de corte**. 2. ed. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2005. p. 75-122.

SALLE, C. T. P.; MORAES, H. L. S. Prevenção de doenças / Manejo profilático / Monitoria. In: BERCHIERI JUNIOR, A. et al. **Doenças das aves**. 2. ed. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2009. p. 01-17.

SILVA, C. et al. Força de ruptura da casca do ovo em função das temperaturas da água e do ambiente. **Revista Educação Agrícola Superior**, Brasília, v. 27, p. 13-18, 2012.

SOLOMON, S. E. **Egg and eggshell quality**. London: Wolfe Publishing, 1991. 149 p.

SOUZA, A. V. C.; LIMA, C. A. R. **Fatores que interferem na qualidade da casca do ovo**. Artigo Técnico Polinutri, 2007.

STADELMAN, W. J.; COTTERILL, O. J. **Egg science and technology**. 3. ed. New York: Food Products Press, 1986. 449 p.

ZHANG, J. et al. Experimental study on the geometrical and mechanical properties of goose eggshells. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 455-464, 2016.

CAPÍTULO 2

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CASCA DOS OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS

Resumo

Este experimento teve como objetivo definir o diâmetro de sonda mais adequado para realizar a resistência da casca à quebra, por meio de texturômetro; e ainda determinar qual o melhor posicionamento dos ovos para efetuar esta avaliação e identificar qual método de avaliação da qualidade da casca dos ovos é mais confiável caso não seja possível a avaliação em um aparelho eletrônico. Foi realizado um experimento que levou em consideração o diâmetro da sonda do texturômetro (2, 10 e 75mm), os tipos de ovos (brancos e vermelhos) e posicionamento dos ovos (horizontal e vertical) para avaliação da qualidade da casca. Para tanto, foram utilizados ovos provenientes de poedeiras com 60 semanas de idade, que foram separados por gravidade específica, utilizando-se o método de flutuação em solução salina com densidades variando de 1,070 a 1,100 g/cm³ com intervalos de 0,005 g/cm³, que posteriormente foram pesados em balança de precisão e submetidos à quebra com as sondas de diferentes diâmetros e realizadas as demais avaliações. Foi realizada análise de variância em delineamento inteiramente casualizado, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). As correlações entre características foram calculadas pelo método de Pearson. A partir dos resultados obtidos neste estudo, é possível concluir que a sonda mais indicada para a realização da análise de resistência da casca à quebra é a de diâmetro de 75 mm, independente do posicionamento e tipo de ovo. Ovos brancos devem ser posicionados verticalmente à sonda e os vermelhos em qualquer posição. Quando não há possibilidade de realizar a análise por meio de aparelho eletrônico, recomenda-se efetuar a medida de peso de casca por superfície de área.

Palavras-chave: ovos brancos, ovos vermelhos, posição do ovo, resistência da casca à quebra

METHODS TO EVALUATION THE EGGSHELL QUALITY IN COMMERCIAL LAYING HENS

Abstract

The objective of this study was to define which probe diameter is most adequate to perform eggshell strength at breaking, using a texturometer; what is the best positioning of the eggs to do this evaluation and identify which eggshell quality evaluation method is most reliable when it is not possible to use an electronic device. An experiment was carried out taking into account the diameter of the texturometer probe (2, 10, 75mm), egg types (white/ brown) and positioning (horizontal/ vertical) to evaluate the quality of the shell. Eggs were used from 60-week old laying hens, which eggs were separated by specific gravity ranging from 1.070 to 1.100 g/cm³ with intervals of 0.005 g/cm³. These eggs were weighed in a precision scale and subjected to breaking with the probes of different diameters and performed the other evaluations. The analysis of variance was performed in a completely randomized design, and the means were compared by Tukey test ($P < 0.05$). Correlations between the characteristics were calculated by Pearson method. From the results obtained in this study, it is possible to conclude that the most suitable probe for the analysis of eggshell strength to the break is the one of diameter of 75 mm, independent of the positioning and type of egg. White eggs should be positioned vertically to the probe and brown eggs in any position. When it is not possible to perform this analysis of an electronic device, it is recommended to carry out the measurement of shell weight per unit surface area.

Keywords: brown eggs, egg position, eggshell strength to break, white eggs

INTRODUÇÃO

A qualidade da casca do ovo sempre foi tema de grande relevância, e têm elevado o seu destaque a partir da automatização do sistema produtivo. Ovos que apresentam má qualidade de casca tornam-se dispendiosos, tanto para as indústrias como para produtores, já que não podem ser comercializados, ou possuem menor valor de mercado, acarretando menor lucro e maior desperdício de alimento (KEMPS *et al.*, 2006).

Estudos mostram que a incidência de ovos quebrados em diferentes sistemas de produção apresentam valores elevados, sendo da ordem de 6,73% em sistemas de produção de ovos convencionais (gaiolas), e 10,72% em sistemas de produção em gaiolas “enriquecidas” (MERTENS *et al.*, 2006). Outras pesquisas realizadas sobre o assunto mostram ainda que as perdas anuais devido à má qualidade da casca chegam a 6,7% no Reino Unido (ANDERSON & CARTER, 1976), 6,4% nos Estados Unidos (ROLAND, 1977) e 8% na Alemanha (FOLKERTS, 1976). No Brasil, estima-se que estas perdas cheguem a 7,4% (CAMPOS *et al.*, 1981). Considerando esta perda na produção brasileira de 2017 que foi acima de 39,9 bilhões de unidades (ABPA, 2018), calcula-se que 2,9 bilhões de ovos não tenham chegado ao consumidor. Estes valores podem ser ainda maiores atualmente, uma vez que não existem dados recentes na literatura com relação às perdas de ovos.

Para reduzir este problema, é essencial que se realize periodicamente avaliação da qualidade da casca para identificar lotes problemáticos e adotar medidas corretivas. Com este intuito, pesquisadores têm trabalhado para desenvolver métodos para a determinação da qualidade e resistência da casca (JONES *et al.*, 2010.; MERTENS *et al.*, 2010).

Os métodos existentes para avaliação da qualidade da casca são divididos em métodos diretos, que necessitam a quebra do ovo, e métodos indiretos, em que a avaliação é feita sem a necessidade de sua quebra (ROBERTS, 2004). Para essa avaliação pode-se dispor de equipamentos sofisticados como por exemplo, texturômetros ou Digital Egg Tester®, ou ainda fazer mensurações mais simplificadas, tais como: avaliação de defeitos visuais, determinação da gravidade específica, porcentagem de casca, peso da casca por superfície de área e incidência de luz (ovoscopia) (COUTTS *et al.*, 2007; OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2013).

A resistência da casca à quebra é considerada a medida mais confiável para avaliação da qualidade da casca dos ovos. A resistência da casca do ovo o protege durante a coleta, equipamento de classificação e durante o transporte. A realização desta análise é um procedimento simples e rápido, normalmente realizada em um texturômetro. Entretanto pode haver resultados diferentes dependendo do diâmetro de sonda a ser utilizado para realizar a quebra.

Outros aspectos que também podem influenciar a avaliação da resistência da casca, são a taxa de compressão e tempo de resposta do equipamento para determinar compressão e deformação, teor de umidade da casca e até mesmo a textura da superfície do analisador em contato com o ovo (HAMILTON, 1982). A posição do ovo no momento da análise também pode influenciar a determinação da resistência da casca à quebra. Dados mostram que existem diferenças associadas à força aplicada nas extremidades (pólos), bem como na região equatorial do ovo (JONES, 2006).

O texturômetro e outros analisadores eletrônicos disponíveis no mercado são equipamentos de custo elevado e muitos produtores optam por não adquiri-los; assim, as avaliações de qualidade de casca podem ser realizadas através de outros métodos existentes.

Diante do exposto o presente estudo teve como objetivo definir o diâmetro de sonda mais adequado para realizar a resistência da casca à quebra, por meio de texturômetro; e ainda determinar qual o melhor posicionamento dos ovos para efetuar esta avaliação e identificar qual método de avaliação da qualidade da casca dos ovos é mais confiável caso não seja possível a avaliação em um aparelho eletrônico.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos realizados foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/FMVZ, processo Nº 0010/2017.

a) Local de execução

O experimento foi realizado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Unesp, na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, campus de Botucatu no laboratório de análise de ovos. Latitude: 22°51'44" sul, longitude: 48°25'47" oeste.

b) Delineamento Experimental

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente ao acaso com três tratamentos (tipos de sondas 2, 10 e 75mm), dois tipos de ovos (brancos e vermelhos), quebrados em duas posições (horizontal e vertical), com sete gravidades específicas (1,070, 1,075, 1,080, 1,085, 1,090, 1,095 e 1,100g/cm³), e 30 repetições de um ovo, totalizando 2520 ovos analisados.

Para avaliação da sonda mais adequada efetuou-se a avaliação dos valores de qualidade de casca obtidos com o valor da média das gravidades específicas (1,085 g/cm³) para cada característica.

c) Coleta das amostras

A coleta dos ovos foi realizada no Setor de Avicultura de Postura da Fazenda Experimental Edgárdia - FMVZ. Diariamente, foram coletados todos os ovos presentes na esteira, a fim de retirar os ovos que não fossem do dia. A partir disso, todos os ovos íntegros ovipostos foram recolhidos com intervalo máximo de duas horas da postura, pesados e separados dentro de cada gravidade específica para a avaliação da qualidade da casca. Essa coleta foi realizada diariamente até a obtenção de 90 ovos para cada gravidade específica.

d) Tratamento das amostras

O experimento realizado levou em consideração o diâmetro da sonda do texturômetro (2, 10 e 75mm), os tipos de ovos (brancos e vermelhos) e posicionamento dos ovos (horizontal e vertical) para avaliação da qualidade da casca. Para tanto, foram utilizados ovos provenientes de poedeiras com 60 semanas de idade ao início do experimento, alojadas em gaiolas convencionais. Estes ovos foram separados por gravidade específica, utilizando-se o método de flutuação em solução salina com densidades variando de 1,070 a 1,100 g/cm³ com intervalos de 0,005 g/cm³, que posteriormente foram pesados em balança de precisão e

submetidos à quebra com as sondas de diferentes diâmetros e realizadas as demais avaliações.

Foi utilizado texturômetro de modelo Texture Analyser TA.XT Plus da Stable Micro Systems (Figura 1), com diferentes tamanhos de sonda para a realização de análises (2, 10 e 75 mm de diâmetro na superfície de contato) (Figura 2).



Figura 1 Texturômetro TA. XT Plus do Laboratório de Análise de Ovos da FMVZ.

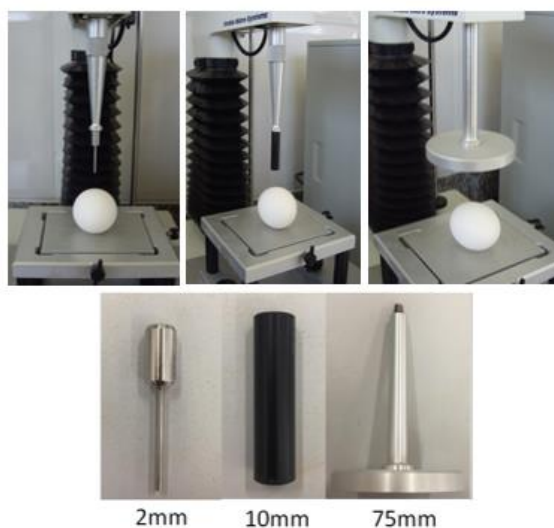


Figura 2 Sondas de 2, 10 e 75 mm.

Para proceder a análise, colocou-se o ovo na plataforma plana do equipamento, com os ovos dispostos sempre na mesma posição para padronização. Através do comando do computador, o aparelho iniciou o deslocamento do braço superior em direção à plataforma com velocidade de pré-teste 2,0 mm/segundo, velocidade do teste 1,0 mm/segundo (quando

está em contato com o ovo aplicando a força de compressão) e velocidade pós-teste de 4,0 mm/segundo (retorno).

A Figura 3 ilustra o posicionamento dos ovos dispostos horizontalmente ou verticalmente no momento da realização da resistência da casca à quebra.

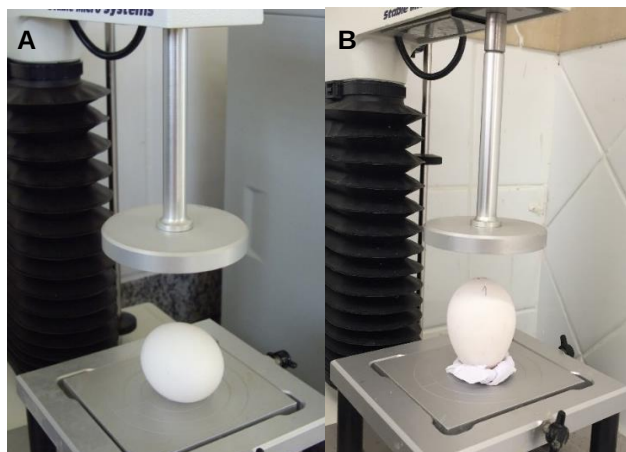


Figura 3 Posicionamento dos ovos: (A) horizontal, (B) vertical.

e) Características avaliadas

Gravidade específica (g/cm^3): variou entre as densidades 1,070 a 1,100 g/cm^3 com intervalos de 0,005 g/cm^3 , e foi realizada pelo método de flutuação em solução salina, conforme descrito por Hamilton (1982).

Resistência da casca à quebra (kgf): cada grupo de ovos de cada gravidade específica foi submetido à quebra com um tipo de sonda (2, 10 e 75 mm) em texturômetro *Texture Analyser TA.XT plus*, com velocidade de pré-teste 2,0 mm/segundo; velocidade do teste 1,0 mm/segundo e velocidade pós-teste 4,0 mm/segundo.

Peso de casca(g): após a quebra, as cascas foram lavadas e secas em estufa de ventilação forçada à 65° por 24 horas. Em seguida, retiradas da estufa e mantidas em temperatura ambiente por 30 minutos e pesadas em balança digital de precisão 0,01 g (ABDALLAH *et al.*, 1993).

Porcentagem de casca (%): a porcentagem de casca foi obtida pela relação entre o peso da casca e o peso do ovo e o resultado multiplicado por 100 (ABDALLAH *et al.*, 1993).

Espessura de casca (mm): Utilizando-se um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, foram tomadas espessuras em três pontos equidistantes da região equatorial da casca, obtendo-se a espessura pela média destes três pontos (RODRIGUEZ-NAVARRO *et al.*, 2002).

Peso da casca por superfície de área(mg/cm²): O peso de casca por superfície de área (PCSA) foi calculado conforme Abdallah *et al.* (1993); utilizando-se a seguinte fórmula: $PCSA = \{PC / [3,9782 \times (PO^{0,7056})]\} \times 1000$, onde: PC = peso da casca, PO = peso do ovo, expresso em mg/ cm².

f) Análise dos resultados

As características avaliadas foram analisados por análise de variância ($p < 0,05$) para experimento inteiramente ao acaso, e as médias das características comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As correlações entre características foram calculadas pelo método de Pearson. Para as análises foi utilizado o pacote computacional SAEG (UFV, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados a seguir estão separados de acordo com o tipo de ovo, brancos e vermelhos.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados referentes às medidas de qualidade de casca dos ovos brancos com a avaliação da resistência da casca à quebra realizada com o ovo posicionado horizontalmente e verticalmente à plataforma de contato do texturômetro.

A única medida de qualidade de casca que apresentou efeito de tratamento foi a resistência da casca à quebra, tanto para ovos posicionados na horizontal como na vertical. Pode-se então afirmar que a resistência da casca à quebra é a medida de maior acurácia para avaliar a qualidade da casca quando comparada às demais medidas de avaliação.

Observando os resultados para resistência da casca à quebra, nota-se que a sonda de 2 mm apresentou menor valor de resistência da casca à quebra quando comparado às sondas de 10 e 75 mm em ambos os posicionamentos. Isto pode ser explicado pois as sondas de 10

e 75 mm efetuaram a ruptura da casca em áreas maiores que a sonda de 2 mm, todavia, apesar do tamanho da sonda de 75 mm ser maior em relação à de 10 mm, estas provavelmente abrangeram áreas de superfície de ruptura semelhantes devido à convexidade da casca do ovo, gerando assim valores de resistência à quebra semelhantes.

Tabela 1 Medidas de qualidade de casca de ovos brancos quebrados na posição horizontal e vertical

HORIZONTAL							
Sondas	GE (g/cm ³)	PESOC (g)	CASCA (%)	ESP (mm)	PCSA (mg/cm ²)	RQ (kgf)	CV (%)
2mm	1,085	5,59	9,21	0,380	77,50	2,76 A	18,37
10mm	1,085	5,67	9,11	0,367	77,22	3,87 B	17,06
75mm	1,085	5,75	9,11	0,363	77,57	3,52 B	14,10
Média	1,085	5,67	9,14	0,372	77,43	3,38 ^a	-
CV (%)	-	7,56	4,63	5,84	4,60	16,77	-
VERTICAL							
Sondas	GE (g/cm ³)	PESOC (g)	CASCA (%)	ESP (mm)	PCSA (mg/cm ²)	RQ (kgf)	CV (%)
2mm	1,085	5,79	8,78	0,385	75,67	3,04 A	25,82
10mm	1,085	5,85	8,71	0,391	75,47	4,33 B	16,14
75mm	1,085	6,08	8,89	0,400	77,44	4,44 B	14,01
Média	1,085	5,91	8,79	0,392	76,19	3,94 ^b	-
CV (%)	-	16,56	15,60	16,63	15,20	34,50	-

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes dispostas em coluna comparam diâmetros de sondas, médias seguidas por letras minúsculas diferentes dispostas em coluna comparam médias de posicionamento de ovos, e diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). GE: Gravidade específica, PESOC: peso de casca, CASCA: porcentagem de casca, ESP: espessura de casca, PCSA: peso de casca por superfície de área. RQ: resistência da casca à quebra.

Comparando-se as médias da resistência da casca à quebra na posição horizontal e vertical, observa-se que houve diferença significativa para o posicionamento dos ovos, sendo encontrado maiores valores quando a quebra foi realizada com o ovo na posição vertical. Provavelmente isto ocorreu por influência da composição estrutural da casca do ovo. Sabe-se que a composição estrutural da casca, formato do ovo e espessura são determinantes para resistência da casca à quebra (ANDERSON *et al.*, 2004; BAIN, 2005). A espessura da casca não é uniforme, sendo normalmente mais grossa na extremidade mais fina do ovo, intermediária na extremidade mais larga e mais fina na região equatorial, onde é realizada a mensuração (BAIÃO & LÚCIO, 2005).

Rodriguez-Navarro *et al.* (2002) avaliaram as microestruturas que compõem a casca do ovo e observaram que os cristais de calcita seguem orientação perpendicular à região equatorial do ovo. Os autores afirmam então que o grau de organização e tamanho destes cristais influenciaram diretamente a resistência da casca; quanto mais desarranjados foram os cristais, maior foi a resistência, assim como quanto maior tamanho dos cristais, maior espessura de casca, o que levou à maior resistência da casca à quebra.

Silva *et al.* (2012) ao avaliarem forças de ruptura da casca de ovos de poedeiras submetidas à diferentes condições ambientais, identificaram maiores valores de resistência da casca à quebra em ovos posicionados verticalmente.

Resultados semelhantes também foram encontrado por Zhang *et al.* (2016) que ao avaliarem as propriedades geométricas e mecânicas dos ovos de gansa, observaram que ovos quebrados na posição vertical à sonda, apresentam maiores valores para resistência da casca à quebra, resultado que corrobora com o encontrado no presente estudo.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados referentes à medida de qualidade de casca dos ovos vermelhos com avaliação da resistência da casca à quebra realizada com o ovo posicionado horizontalmente e verticalmente.

Conforme observado nos resultados obtidos para ovos brancos, o mesmo ocorreu com as avaliações realizadas com os ovos vermelhos. Observa-se somente efeito de tratamento para a medida de resistência da casca à quebra, onde, independentemente do posicionamento dos ovos para realização da análise, a sonda de 2mm foi a que apresentou menor força de compressão quando comparada aos outros diâmetros de sonda, 10 e 75mm.

Diferentemente do observado com os ovos brancos, ovos vermelhos posicionados verticalmente não apresentaram maiores valores para resistência da casca à quebra quando comparado à posição horizontal. Provavelmente os ovos vermelhos utilizados para quebra em posicionamento vertical, tinham formatos mais arredondados em relação aos ovos quebrados em posição horizontal, anulando o fator posicionamento. Então os resultados obtidos para resistência da casca à quebra foram semelhantes tanto para quebra horizontal como para vertical.

Tabela 2 Medidas de qualidade de casca de ovos vermelhos quebrados na posição horizontal e vertical

HORIZONTAL							
Sondas	GE (g/cm ³)	PESOC (g)	CASCA (%)	ESP (mm)	PCSA (mg/cm ²)	RQ (kgf)	CV (%)
2mm	1,085	5,79	8,70	0,352	75,23	2,72 A	16,16
10mm	1,085	5,71	8,66	0,356	74,66	3,40 B	16,12
75mm	1,085	5,73	8,56	0,351	74,10	3,35 B	14,18
Média	1,085	5,74	8,64	0,353	74,66	3,16	-
CV (%)	-	12,97	13,26	10,25	12,66	27,11	-
VERTICAL							
Sondas	GE (g/cm ³)	PESOC (g)	CASCA (%)	ESP (mm)	PCSA (mg/cm ²)	RQ (kgf)	CV (%)
2mm	1,085	5,96	8,92	0,381	77,22	2,66 A	22,11
10mm	1,085	5,86	8,68	0,372	75,36	3,41 B	25,99
75mm	1,085	5,94	8,80	0,367	76,34	3,48 B	15,14
Média	1,085	5,92	8,80	0,374	76,31	3,18	-
CV (%)	-	12,21	11,56	11,21	11,08	28,26	-

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes dispostas em coluna comparam diâmetros de sondas e diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). GE: Gravidade específica, PESOC: peso de casca, CASCA: porcentagem de casca, ESP: espessura de casca, PCSA: peso de casca por superfície de área. RQ: resistência da casca à quebra.

Este fato corrobora com o encontrado por Altuntas e Sekeroglu (2008) que avaliaram a influência do formato do ovo com a resistência da casca à quebra, e identificaram que ovos mais arredondados exigem menos força para ruptura da casca. Afirmam também que a resistência da casca à quebra é dependente da velocidade de compressão utilizada, onde velocidades mais baixas exigem maiores forças de compressão.

Em todas as avaliações realizadas, a padronização dos ovos foi feita por meio da gravidade específica, por este motivo os valores apresentados são iguais devido as médias das gravidades específicas analisadas, e assim o coeficiente de variação foi nulo.

Observa-se também em todos os casos avaliados, que a sonda de 75 mm proporcionou menor coeficiente de variação que as demais. O tamanho de sonda maior abrange maiores áreas de contato proporcionando menor variação nos resultados. Se um ovo apresentar a superfície mais arredondada, ou se for utilizado uma sonda de maior diâmetro, este terá maior área de contato com a sonda o que provavelmente resultará em maiores valores de resistência da casca à quebra e menor coeficiente de variação. Por este motivo, a sonda de 75 mm é a mais indicada para realização desta análise.

Correlações entre características da casca dos ovos

Conforme citado anteriormente, o intuito deste estudo foi avaliar as correlações entre as características da casca e identificar aquela que possui maior correlação positiva com a resistência da casca à quebra, por ser esta característica considerada mais importante para se avaliar a qualidade da casca.

Com os resultados apresentados anteriormente, definiu-se que a sonda mais indicada para realização da resistência da casca à quebra é a de diâmetro 75 mm, por este motivo, a partir deste ponto serão discutidos os resultados obtidos a partir dela e estão apresentados separadamente de acordo com o tipo de ovo, brancos e vermelhos.

Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes de Correlação de Pearson entre as medidas de qualidade de casca dos ovos brancos posicionados horizontal e verticalmente.

Tabela 3 Coeficientes de correlação entre medidas de qualidade de casca de ovos brancos posicionados horizontalmente e verticalmente

HORIZONTAL						
	RQ	GE	PESOC	%CASCA	ESP CASCA	PCSA
RQ	-	0,76	0,69	0,74	0,72	0,77
GE	-	-	0,73	0,89	0,87	0,88
PESOC	-	-	-	0,75	0,76	0,87
%CASCA	-	-	-	-	0,90	0,98
ESP CASCA	-	-	-	-	-	0,91
VERTICAL						
	RQ	GE	PESOC	%CASCA	ESP CASCA	PCSA
RQ	-	0,85	0,68	0,87	0,74	0,85
GE	-	-	0,70	0,96	0,83	0,93
PESOC	-	-	-	0,75	0,82	0,88
%CASCA	-	-	-	-	0,86	0,97
ESP CASCA	-	-	-	-	-	0,90

RQ: resistência da casca à quebra, GE: Gravidade específica, PESOC: peso de casca, %CASCA: porcentagem de casca, ESP CASCA: espessura de casca, PCSA: peso de casca por superfície de área.

As medidas de qualidade de casca correlacionadas apresentaram valores positivos, e, isto ocorreu tanto em ovos posicionados na horizontal como na vertical.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por outros autores ao correlacionar estas mesmas medidas de avaliação da qualidade da casca e encontraram coeficientes positivos (FRANK *et al.* 1964, ABDALAH *et al.* 1993, FURTADO *et al.* 2001).

Constata-se também em ambos posicionamentos dos ovos, que os maiores coeficientes de correlação são encontrados entre porcentagem de casca e peso de casca por superfície de área; entretanto, este resultado era esperado, já que nos dois casos utiliza-se o valor de peso do ovo e peso de casca em suas fórmulas. A característica que apresentou maior coeficiente de correlação com todas as demais características avaliadas foi o peso de casca por superfície de área, para os dois posicionamentos dos ovos.

Ao considerar a resistência da casca à quebra para a posição horizontal, pode-se observar que o coeficiente de maior correlação é também o peso de casca por superfície de área. A segunda característica de maior coeficiente de correlação é a gravidade específica e em seguida a porcentagem de casca.

Já para posição vertical, considerando também apenas a resistência da casca à quebra, o maior valor de coeficiente de correlação observado foi para porcentagem de casca. A segunda e terceira características apresentaram mesmos valores de coeficiente de correlação, sendo elas peso de casca por superfície de área e gravidade específica, respectivamente.

Levando-se em consideração a resistência da casca à quebra de ovos quebrados nas posições horizontal e vertical, as características que melhor se correlacionaram com a resistência da casca à quebra foram a porcentagem de casca e peso de casca por superfície de área. Estes resultados vão ao encontro e podem ser complementados pelos resultados observados por outros autores. Narushin *et al.* (2004) também constataram em seus estudos que a resistência da casca à quebra e porcentagem de casca tinham maior coeficiente de correlação. Abdalah *et al.* (1993) ao correlacionarem características de qualidade de casca com a porcentagem de ovos quebrados, concluíram que os métodos mais precisos são a porcentagem de casca e peso de casca por superfície de área. Já Nordstrom e Ousterhout (1982) afirmam que o peso de casca por superfície de área pode ser usado mais eficazmente do que as outras medidas para comparar qualidade de casca em planteis de múltiplas idades.

Na Tabela 4 são apresentados os coeficientes de Correlação de Pearson entre as medidas de qualidade de casca dos ovos vermelhos posicionados horizontal e verticalmente.

Assim como para ovos brancos, as medidas de qualidade de casca dos ovos vermelhos apresentaram coeficientes de correlação positivos. Como já foi destacado anteriormente nos coeficientes de correlação em ovos brancos, o mesmo ocorreu com os ovos vermelhos, onde o maior valor de correlação foi entre peso de casca por superfície de área e porcentagem de casca. Observa-se também que a característica peso de casca por superfície de área foi a que apresentou os maiores coeficientes de correlação com todas as outras características avaliadas, independente do posicionamento dos ovos.

Tabela 4 Coeficientes de correlação entre medidas de qualidade de casca de ovos vermelhos posicionados horizontalmente e verticalmente

HORIZONTAL						
	RQ	GE	PESOC	%CASCA	ESP CASCA	PCSA
RQ	-	0,83	0,79	0,84	0,68	0,86
GE	-	-	0,81	0,97	0,74	0,96
PESOC	-	-	-	0,83	0,80	0,91
%CASCA	-	-	-	-	0,76	0,99
ESP CASCA	-	-	-	-	-	0,80
VERTICAL						
	RQ	GE	PESOC	%CASCA	ESP CASCA	PCSA
RQ	-	0,80	0,61	0,78	0,69	0,78
GE	-	-	0,61	0,85	0,70	0,83
PESOC	-	-	-	0,71	0,74	0,85
%CASCA	-	-	-	-	0,77	0,97
ESP CASCA	-	-	-	-	-	0,81

RQ: resistência da casca à quebra, GE: Gravidade específica, PESOC: peso de casca, %CASCA: porcentagem de casca, ESP CASCA: espessura de casca, PCSA: peso de casca por superfície de área.

Para ovos avaliados na posição horizontal, o maior coeficiente encontrado considerando a resistência da casca à quebra, foi peso de casca por superfície de área. Resultado também encontrado para ovos brancos em posição horizontal. A segunda e terceira características foram respectivamente porcentagem de casca e gravidade específica.

Já para resistência da casca à quebra em posição vertical, o maior coeficiente obtido foi com a gravidade específica. Posteriormente seguido de peso de casca por superfície de área e porcentagem de casca que apresentaram mesmos valores de coeficiente.

Estes resultados corroboram com o observado por outros autores como Charles e Strong (1988) que verificaram que a gravidade específica e a porcentagem de casca podem ser utilizadas como características para avaliar a qualidade de casca e estão correlacionadas negativamente com a incidência de ovos quebrados.

Analisando-se os todas as correlações obtidas, podemos considerar que todos os coeficientes independentemente do tipo ou posicionamento dos ovos, apresentaram forte correlação entre si. Na impossibilidade de se realizar a resistência da casca à quebra, o peso de casca por superfície de área é a característica que mais se destacou, principalmente para o posicionamento horizontal dos ovos, que atualmente é o mais utilizado para efetuar a avaliação da resistência da casca à quebra. O peso de casca por superfície de área foi também a característica que apresentou alta correlação com outras características importantes sobre a qualidade da casca. Por este motivo podemos considerá-la mais indicada para mensurar a qualidade da casca quando não se possui um equipamento eletrônico.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados neste estudo, é possível concluir que a sonda mais indicada para a realização da análise de resistência da casca à quebra é a de diâmetro de 75 mm, independente do posicionamento e tipo de ovo.

Para a avaliação da resistência da casca à quebra em ovos brancos, recomenda-se a realização com o ovo posicionado verticalmente à sonda de contato. Já para avaliação em ovos vermelhos, qualquer posicionamento dos ovos no momento da quebra pode ser utilizada.

Quando não houver possibilidade de realizar esta análise por meio de aparelhos eletrônicos, recomenda-se efetuar a medida de peso de casca por superfície de área.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de mestrado (Processo nº: 2017/00527-0).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLAH, G.A.; HARMS, R.H.; EL-HUSSEINY, O. Various methods of measuring shell quality in relation to percentage of cracked eggs. **Poultry Science**, Oxford, v. 72, p. 2038-2043, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Relatório anual 2018**, São Paulo, SP, 177p., 2018.
- ALTUNTAŞ, E; ŞEKEROĞLU, A. Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 85, n. 4, p. 606-612, 2008.
- ANDERSON, C.B.; CARTER, T.C. The hens eggs: shell cracking at impact on a heavy, stiff body and factors that affect it. **British Poultry Science**, London, v. 17, n. 6, p. 613-626, 1976.
- ANDERSON, K. E.; THARRINGTON, J. B.; CURTIS, P. A.; JONES, F. T. Shell characteristics of eggs from historic strains of single comb white leghorn chickens and the relationship of egg shape to shell strength. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 3, n. 1, p. 17-19, 2004.
- BAIÃO, N. C.; LÚCIO, C. G. Nutrição de matrizes pesadas. In MACARI, M.; MENDES, A. A. **Manejo de matrizes de corte**. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, p. 197-212, 2005.
- BAIN, M. M. Recent advances in the assessment of eggshell quality and their future application. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 61, p. 268-277, 2005.
- CAMPOS, E. J.; SOARES, N. M.; GAMA, J. R. Q.; BAIÃO, N. C. Danos sofridos pela casca durante o manuseio dos ovos de consumo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA, 7., 1981, Recife. **Anais...** Recife: UBA, 1981. v.1, 1981, p. 94-105.
- CHARLES, F., STRONG, J. R. Research note: Relationship between several measures of shell quality and egg-breakage in a commercial processing plant. **Poultry Science**, Oxford, v. 68, p. 1730-1733, 1988.
- COUTTS, J. A.; WILSON, G. C.; FERNÁNDEZ, S.; ROSALES, E.; WEBER, G.; HERNÁNDEZ, J. M. **Optimum Egg Quality - A Practical Approach**, Sheffield: 5M Publishing, 2007.
- FOLKERTS, J. Influence of feeding and husbandry on egg shell quality. In: V European Poultry Conference, Malta, v. 1, p. 580, 1976.
- FRANK, F. R.; BURGER, R. E.; SWANSON, M. H. The relationships among shell membrane, selected chemical properties, and the resistance to shell failure of *Gallus domesticus* eggs. **Poultry Science**, Oxford, v. 44, n. 1, p. 63–69, 1965.
- FURTADO, I. M.; OLIVEIRA, A.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, B.; RODRIGUES, P. B. Correlação entre medidas da qualidade de casca e perda de ovos no segundo ciclo de produção. **Ciência Agrotécnica**, v. 25, n. 3, p. 654-660, 2001.
- HAMILTON, R.M.G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, Oxford, v. 61, p. 2022-2039, 1982.

JONES, D. R.; MUSGROVE, M. T.; CAUDILL, A. B.; CURTIS, P. A. Frequency of *Salmonella*, *Campylobacter*, *Listeria* and *Enterobacteriaceae* detection in commercially cool water-washed shell eggs. **Journal of food safety**, Westport, v. 26, n. 4, p. 264-274, 2006.

JONES, D. R.; LAWRENCE, K. C.; YOON, S. C.; HEITSCHMIDT, G. W. Modified pressure imaging for egg crack detection and resulting egg quality. **Poultry Science**, Oxford, v. 89, p. 761-765, 2010.

KEMPS, B. J.; GOVAERTS, T.; KETELARE, B.; MARTENS, K.; BAMELIS, F. R.; BAIN, M. M.; DECUYPERE, E. M.; BAERDEMAEKER, J. G. The influence of line and laying period on the relationship between different eggshell and membrane strength parameters. **Poultry Science**, Oxford, v. 85, p. 1309-1317, 2006.

MERTENS, K.; BAMELIS, F.; KEMPS, B.; KAMERS, B.; VERHOELST, E.; DE KETELAERE, B.; BAIN, M.; DECUYPERE, E.; DE BAERDEMAEKER, J. Monitoring of eggshell breakage and eggshell strength in different production chains of consumption eggs. **Poultry Science**, Oxford, v. 85, p. 1670-1677, 2006.

MERTENS, K.; VAESEN, I.; LOFFEL,.; KEMPES, B.; KAMERNS, B.; PERIANU, C.; ZOONS, J.; DARIUS, P. The transmission color value: A novel egg quality measure for recording shell color used for monitoring the stress and health status of a brown layer flock. **Poultry Science**, Oxford, v. 89, p. 609-617, 2010.

NARUSHIN, V. G.; VAN KEPMEN, T. A.; WINELAND, M. T.; CHRISTENSEN, V. L. Comparing infrared spectroscopy and egg size measurements for predicting eggshell quality. **Biosystems Engineering**, London, v. 87, p. 367-373, 2004.

NORDSTROM, J. O.; OUSTERHOUT, L. E. Estimation of shell weight and shell thickness from egg specific gravity and egg weight. **Poultry Science**, Oxford, v. 61, p. 1991-1995, 1982.

OLIVEIRA, B. L.; OLIVEIRA, D. D. **Qualidade e tecnologia de ovos**. Lavras: Editora da Universidade Federal de Lavras, 2013. 223 p.

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

RODRIGUEZ-NAVARRO, A.; KALIN, O.; NYS, I.; GARCIA-RUIZ, J. M. Influence of the microstructure on the shell strength of eggs laid by hens of different ages. **British Poultry Science**, London, v. 43, n. 3, p. 395-403, 2002.

ROLAND, D. A. The extent of uncollected eggs due to inadequate shell. **Poultry Science**, Oxford, v. 56, n. 5, p. 1517-1521, 1977.

SILVA, R. C.; NASCIMENTO, J. W. B.; OLIVEIRA, D. L.; CAMERINI, N. L.; FURTADO, D. A. Força de ruptura da casca do ovo em função das temperaturas da água e do ambiente. **Revista Educação Agrícola Superior**, Brasília, v. 27, p. 13-18, 2012.

ZHANG, J.; PENG, W.; TANG, W.; WANG, M. Experimental study on the geometrical and mechanical properties of goose eggshells. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 455-464, 2016.

CAPÍTULO 3

IMPLICAÇÕES

A qualidade da casca do ovo é um tema de grande relevância devido ao grande número de ovos que não chegam à mesa do consumidor por problemas de qualidade de casca.

Inúmeros trabalhos foram desenvolvidos ao longo de décadas para descobrir quais métodos são mais precisos para verificar a qualidade da casca. A característica mais importante da casca do ovo é o quão resistente ela pode ser, por isso o método mais indicado para avaliar a qualidade de casca é a resistência da casca à quebra.

Neste estudo observamos que existe variação significativa de valor de resistência da casca à quebra conforme o tamanho de sonda a ser utilizada na análise, e como se sabe, existem diferentes analisadores eletrônicos no mercado; entretanto, seu custo é muito elevado, assim, o produtor com intenção de adquirir um equipamento como este deve levar em consideração estes resultados.

Produtores que não possuem analisadores eletrônicos e que optaram por não adquiri-lo, devem verificar a metodologia que mais se adequa às suas condições, pois como vimos, todas elas tem forte correlação positiva com avaliação de resistência da casca à quebra. Com a realização deste estudo, constata-se que a mais indicada é o peso de casca por superfície de área.

Vale salientar que a análise de qualidade da casca deve ser feita de forma rotineira nas unidades produtivas com o objetivo de detectar eventuais problemas e adotar medidas corretivas.