CAPÍTULO 1

Metodologias de avaliação de qualidade interna e externa de ovos

Valéria Biselo[1], Eduarda A. Taschetto[1], Guilherme L. de Godoy[1], Everton Luiz Albigo[1], Maria Eduarda V. Spatt[1], Camila Vuaden[1], Catarina Stefanello[1]

https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-50-3.c1

Resumo

A qualidade dos ovos de galinhas é um parâmetro de grande importância para a indústria avícola. Considerando que a qualidade interna e externa dos ovos é influenciada por diversos fatores, torna-se fundamental a utilização de metodologias adequadas para sua avaliação. Essas metodologias permitem determinar características relacionadas ao frescor, à integridade e à qualidade da casca e dos componentes internos dos ovos. Entre os principais parâmetros avaliados estão a unidade Haugh, o índice de gema, o pH, a resistência da membrana vitelínica, a coloração da gema, o teor de sólidos totais, bem como a resistência e a espessura da casca, além da gravidade específica, porcentagem de casca, translucidez e cor da casca. Dessa forma, a aplicação conjunta dessas metodologias permite uma avaliação abrangente da qualidade dos ovos, contribuindo para o melhor entendimento dos fatores e das estratégias que podem ser utilizados para sua melhoria. O presente capítulo tem como objetivo abordar as principais metodologias utilizadas na avaliação das características internas e externas dos ovos de aves, destacando seus princípios e aplicações.

[1]AvePRO, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

© 2024 Mérida Publishers CC-BY 4.0

Palavras-chave: metodologias de avaliação; qualidade da casca; qualidade interna; qualidade dos ovos.

1. Introdução

O aumento da demanda por ovos tem ampliado a necessidade de oferta de produtos que atendam aos padrões de qualidade exigidos pelos consumidores. A qualidade dos ovos compreende o conjunto de características que determinam sua aceitação pelo consumidor e sua conformidade com os processos de processamento e comercialização na indústria. Entre essas características, destacam-se a integridade, a limpeza e a coloração da casca, bem como atributos internos relacionados ao albúmen e à gema, como aparência, consistência, coloração, odor e sabor (Oliveira; Oliveira, 2013).

Considerando que o ovo é um alimento perecível, sua qualidade pode sofrer alterações ao longo do tempo em função de fatores relacionados à ave, às condições de produção e às etapas de armazenamento, transporte e comercialização. Dessa forma, a avaliação da qualidade dos ovos envolve diferentes parâmetros capazes de caracterizar aspectos específicos de sua qualidade externa e interna. A qualidade externa está principalmente relacionada à integridade e às propriedades estruturais da casca, enquanto a qualidade interna está associada, principalmente, ao frescor e ao estado de conservação dos ovos, envolvendo características do albúmen e da gema (Montenegro *et al.*, 2019; Gao *et al.*, 2025). Assim, a utilização de diferentes metodologias é necessária para uma avaliação abrangente da qualidade dos ovos.

As metodologias atualmente utilizadas apresentam diferentes níveis de precisão, aplicabilidade e custo. Métodos não destrutivos, como a ovoscopia, a avaliação da translucidez e a determinação da gravidade específica, possibilitam análises rápidas sem a necessidade de romper a casca. Por outro lado, os métodos destrutivos permitem uma avaliação mais detalhada de características internas e externas, incluindo a qualidade do albúmen, a integridade da gema e determinadas propriedades estruturais da casca. A escolha do método depende

do objetivo da avaliação, das características a serem determinadas e da necessidade de preservação da integridade do ovo.

Embora existam diferentes metodologias descritas na literatura para a avaliação da qualidade dos ovos, são limitados os trabalhos que reúnem, em um único documento, os principais métodos utilizados em estudos científicos, contemplando de forma integrada as características internas e externas. Assim, este capítulo aborda os principais fatores que influenciam a qualidade dos ovos e apresenta as principais metodologias utilizadas na avaliação de suas características, destacando seus princípios, aplicações e limitações.

2. Fatores que afetam a qualidade dos ovos

A qualidade dos ovos pode ser influenciada por fatores intrínsecos à galinha, como genética, idade, nutrição e sanidade, e extrínsecos, relacionados às condições ambientais, ao armazenamento e ao transporte após a postura (Oliveira; Oliveira, 2013). Ambos podem atuar de forma isolada ou conjunta, tornando fundamental compreender como cada um dos fatores interfere na qualidade dos ovos para assegurar integridade e qualidade.

Entre os fatores intrínsecos, a genética influencia diferentes características dos ovos, podendo variar de acordo com as linhagens e sua seleção. Com o avanço da idade das galinhas, o tamanho dos ovos aumenta e ocorre uma redução gradual de algumas funções fisiológicas, incluindo alterações na capacidade de absorção e mobilização de cálcio, o que pode reduzir a deposição desse mineral durante a formação da casca (Li *et al.*, 2025). Como consequência, pode ocorrer redução da espessura e da resistência da casca. A nutrição das galinhas poedeiras também influencia diretamente a qualidade dos ovos, afetando características externas, como a resistência da casca, e características internas, como a composição e a coloração da gema.

A ocorrência de doenças em plantéis avícolas pode causar importantes prejuízos econômicos em decorrência da redução da produção de ovos e de

alterações em sua qualidade. Entre as doenças de maior relevância, destaca-se a bronquite infecciosa das galinhas, que pode afetar o sistema reprodutivo das aves e resultar em deformidades e alterações na qualidade da casca dos ovos (Ferreira *et al.*, 2019).

Entre os fatores ambientais, temperaturas elevadas podem provocar estresse por calor nas aves, comprometendo a produção e a qualidade da casca dos ovos. Essas alterações estão relacionadas, entre outros fatores, à redução do consumo de ração, aumento da perda de dióxido de carbono (CO_2) através da respiração e a mudanças no equilíbrio ácido-base do organismo, que podem comprometer a disponibilidade de carbonato e de cálcio para a formação da casca do ovo (Barrett *et al.*, 2019). Consequentemente, pode ocorrer redução da espessura e da resistência da casca, tornando os ovos mais suscetíveis a trincas, quebras e contaminações.

Durante o armazenamento, a estrutura porosa da casca permite trocas gasosas entre o conteúdo interno do ovo e o ambiente externo. Nesse processo, ocorre perda de CO_2, fator influenciado principalmente pela temperatura e pelo período de armazenamento, resultando em alterações nas características internas do ovo (Gao *et al.*, 2025). O armazenamento em temperatura ambiente intensifica essas alterações, resultando em maior perda de peso e redução da gravidade específica, da unidade Haugh e da qualidade da gema em comparação com ovos armazenados sob refrigeração (Jones *et al.*, 2018).

O transporte constitui uma das etapas críticas para a manutenção da qualidade dos ovos, podendo comprometer sua integridade e favorecer a ocorrência de trincas e quebras da casca. Além dos danos externos, as vibrações decorrentes do transporte podem afetar estruturas internas do ovo, reduzindo a resistência da membrana vitelínica e a unidade Haugh (Berardinelli *et al.*, 2003).

3. Metodologias de avaliação da qualidade interna dos ovos

As avaliações da qualidade interna dos ovos compreendem um conjunto de métodos que permitem analisar o albúmen e a gema, possibilitando determinar o grau de frescor, a integridade estrutural, composição e aparência do conteúdo interno. Essas avaliações podem ser realizadas por métodos não destrutivos ou por métodos destrutivos, que requerem a abertura do ovo para a mensuração direta de características específicas.

3.1 Ovoscopia

A ovoscopia é um método simples e não destrutivo que permite avaliar a casca e os componentes internos do ovo. Consiste na iluminação do ovo com uma fonte de luz, possibilitando a visualização trincas, deformações e microtrincas, além da avaliação do tamanho da câmara de ar, da posição da gema e de outras características internas. No Brasil, a ovoscopia é obrigatória em unidades de beneficiamento de ovos para a avaliação de características internas e externas e para a segregação de ovos impróprios para o consumo (Brasil, 2024). Essa avaliação deve ser realizada com os ovos em movimento de rotação, em ambiente escurecido, com incidência indireta de luz, ou por meio de equipamentos eletrônicos (Figura 1).

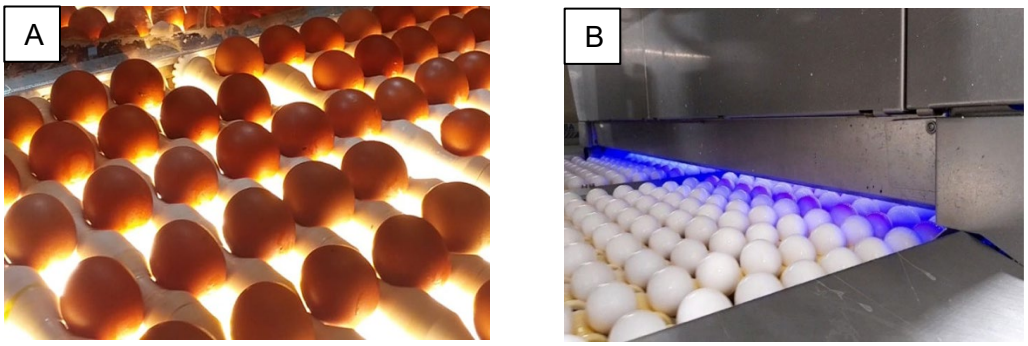


Figura 1: Ovoscopia realizada em câmara escurecida (A) e com auxílio de equipamento eletrônico (B).

3.2 Unidade Haugh

A redução do frescor do ovo é um processo natural que ocorre após a postura, tornando a avaliação desse parâmetro fundamental para a caracterização da qualidade do produto destinado ao consumidor. A perda de frescor dos ovos está associada a alterações físico-químicas, como mudanças no pH, redução da viscosidade do albúmen e migração de água do albúmen para a gema e menor qualidade da casca (Gao *et al.*, 2025).

A unidade Haugh (UH) é um dos principais indicadores utilizados para avaliar o frescor dos ovos. Ela relaciona a altura do albúmen em milímetros (mm), com o peso do ovo. De modo geral, os maiores valores de UH estão associados à maior qualidade do albúmen e ao maior frescor do ovo. Para realizar essa avaliação, o ovo é pesado e, posteriormente, quebrado sobre uma superfície plana para medir a altura do albúmen espesso na região da chalaza com um paquímetro (Figura 2). A unidade Haugh é calculada pela seguinte equação:

$$UH = 100\ log\ log\ (H + 7{,}57 - 1{,}7\ W^{0{,}37})$$

em que, UH = unidade Haugh; H = altura do albúmen (mm); W = peso do ovo (g).



Figura 2: Altura do albúmen para cálculo da unidade Haugh (ORKA, 2026).

3.3 Índice de gema

O índice de gema está relacionado às alterações na qualidade dos ovos durante o período pós-postura. Com o avanço do período de armazenamento, principalmente em temperatura ambiente, ocorre redução da altura da gema e aumento de seu diâmetro, resultando na redução do índice de gema (Jones *et al.*, 2018). Esse parâmetro é determinado pela razão entre a altura (mm) e o diâmetro da gema (mm), obtidos com o auxílio de um paquímetro (Figura 3). Valores considerados ideais variam de 0,39 a 0,45 mm (Oliveira; Oliveira, 2013).

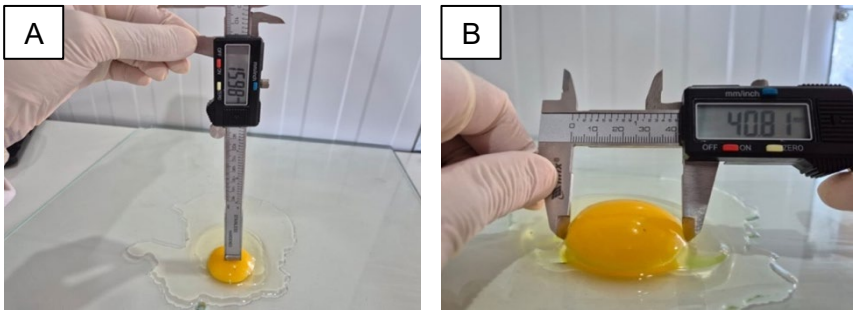


Figura 3: Medição da altura (A) e diâmetro de gema (B) para determinação do índice de gema.

3.4 pH da gema e albúmen

Os valores de pH da gema e do albúmen são indicadores do frescor dos ovos. A avaliação desse parâmetro é realizada com o uso de um pHmetro devidamente calibrado com solução-tampão antes da análise. Em ovos frescos, o albúmen apresenta caráter levemente alcalino (pH 7,6 a 7,9), enquanto a gema apresenta valores de pH mais próximos da neutralidade (6,0 a 6,2) (Oliveira; Oliveira, 2013). Durante o armazenamento, principalmente em temperaturas mais elevadas, ocorre aumento gradual do pH do albúmen, influenciado pelas trocas gasosas através dos poros da casca, enquanto esse aumento é menos acentuado na gema (Kim *et al.*, 2024).

3.5 Cor de gema

A cor da gema é um dos principais atributos físicos considerados pelos consumidores e pode influenciar a aceitabilidade do produto. Entretanto, a preferência pela intensidade da coloração da gema varia de acordo com a região geográfica e está relacionada a aspectos culturais. A avaliação da coloração pode ser realizada por meio de dois métodos principais.

O primeiro método consiste na utilização de um leque colorimétrico, que apresenta uma escala de 15 cores, variando do amarelo-claro ao laranja-escuro. O avaliador compara visualmente a coloração da gema com as numerações do leque, obtendo um valor que representa a intensidade da pigmentação (Figura 4). Essa metodologia é rápida e de baixo custo; entretanto, apresenta caráter subjetivo e pode ser influenciada pela percepção visual do avaliador.



Figura 4: Avaliação visual da cor de gema com o auxílio de um leque colorimétrico.

O segundo método utiliza um colorímetro digital, permitindo uma análise mais objetiva da coloração da gema, com menor influência da percepção do avaliador. Os valores de cor são apresentados em dados numéricos no espaço de cores CIE Lab* (Figura 5). Nesse sistema, o valor L* indica a luminosidade e varia de 0 (preto) a 100 (branco). A coordenada a* representa o eixo de coloração entre verde (valores negativos) e vermelho (valores positivos), enquanto a coordenada b* representa o eixo entre azul (valores negativos) e amarelo (valores positivos). O colorímetro deve ser calibrado com um padrão de

ladrilho branco antes das medições. Recomenda-se realizar as medições pelo menos em dois pontos distintos da gema.

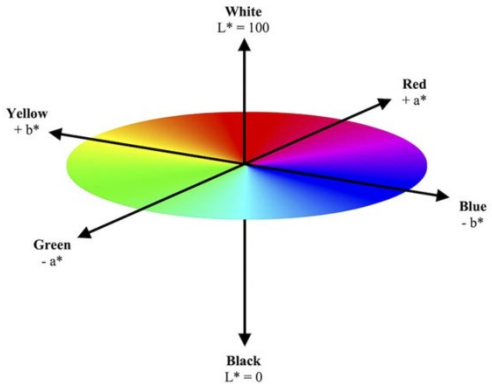


Figura 5: Coordenadas do espaço de cores CIE Lab*em colorímetro.

3.6 Resistência da membrana vitelina

A resistência da membrana vitelínica é uma característica importante da qualidade interna dos ovos, pois seu enfraquecimento pode dificultar a separação entre a gema e o albúmen e aumentar a possibilidade de rompimento da gema. A resistência tende a diminuir com o aumento do tempo de armazenamento, sendo essa redução mais acentuada em ovos mantidos à temperatura ambiente (Jones *et al.*, 2018). Além de ser uma medida importante em ovos de mesa, também é fundamental em ovos incubáveis.

A avaliação da resistência da membrana vitelínica é realizada com o auxílio de um texturômetro equipado com uma sonda cilíndrica de aço inoxidável (Souza *et al.*, 2021). O ovo deve ser quebrado e colocado sobre uma placa, e a gema deve ser posicionada de forma centralizada, evitando que a sonda entre em contato com as extremidades. Em seguida, realiza-se a compressão até o rompimento da membrana, e a força máxima registrada no momento da ruptura é utilizada como medida da resistência da membrana vitelínica (Figura 6).

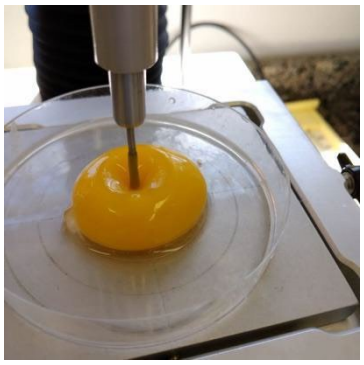


Figura 6: Avaliação da resistência da membrana vitelina em texturômetro.

3.7 Sólidos totais

A determinação dos sólidos totais dos ovos inteiros ou de suas frações separadas apresenta grande importância para a indústria, pois está relacionada ao rendimento e à qualidade dos produtos. Para a análise, as amostras de gema, albúmen ou ovo inteiro devem ser homogeneizadas e pesadas. Em seguida, deve-se realizar a secagem em estufa para determinação do teor de umidade e, posteriormente, a determinação dos sólidos totais, conforme os métodos descritos por Souza *et al.* (2021) (Figura 7).

O teor de sólidos totais é calculado pela relação entre a massa da amostra após a secagem e a massa inicial da amostra, conforme a equação:

$$SÓLIDOS\ TOTAIS\ \% = \frac{peso\ amostra\ seca}{peso\ amostra\ in\ natura} \times 100$$



Figura 7: Secagem de gema em estufa, para determinação de sólidos totais.

4. Metodologias de avaliação da qualidade da casca dos ovos

A qualidade externa dos ovos está diretamente relacionada à redução de perdas ao longo de toda a cadeia produtiva. Além disso, a casca atua como uma barreira física, protegendo o conteúdo interno do ovo contra possíveis contaminações. Os métodos de avaliação da qualidade da casca variam desde técnicas rápidas e não destrutivas, que não requerem a quebra do ovo, até métodos que envolvem a quebra dos ovos, mas permitem uma avaliação mais detalhada de suas características e podem requerer equipamentos específicos.

4.1 Gravidade específica

A gravidade específica consiste em um método indireto de avaliação da qualidade da casca dos ovos, amplamente utilizado por ser rápido, de baixo custo e apresentar correlação com a resistência da casca (Montenegro *et al.*, 2019). Os valores de gravidade específica podem diminuir linearmente com o período de armazenamento, tanto em temperatura ambiente quanto sob refrigeração (Jones *et al.*, 2018).

Devem ser utilizados apenas ovos íntegros. A determinação é realizada pelo método de imersão em soluções salinas, no qual os ovos são imersos em soluções com diferentes densidades. As soluções são preparadas pela adição de sal à água, e a densidade é determinada com o auxílio de um densímetro. As soluções utilizadas normalmente apresentam densidades entre 1,060 e 1,100 g/cm³. Os ovos são imersos sequencialmente, da solução de menor para a de maior densidade, e retirados à medida que flutuam completamente. Dessa forma, a gravidade específica do ovo corresponde à densidade da solução na qual ele flutua (Figura 9). Maiores valores de gravidade específica estão associados à melhor qualidade da casca.



Figura 9: Imersão de ovos em solução salina para avaliação da gravidade específica.

4.2 Porcentagem e peso de casca por superfície de área

A porcentagem de casca é considerada um método indireto de avaliação da qualidade da casca, apresentando correlação com sua resistência (Montenegro *et al.*, 2019). A determinação da porcentagem de casca é realizada após a quebra do ovo e a retirada dos componentes internos, incluindo as membranas e a câmara de ar. Em seguida, a casca é lavada e seca em temperatura ambiente por 72 horas e, posteriormente, pesada em balança digital de precisão (Stefanello *et al.,* 2014). O cálculo é realizado de acordo com a seguinte equação:

$$\%\ CASCA = \frac{peso\ da\ casca}{peso\ do\ ovo} \times 100$$

Além da porcentagem de casca, é possível determinar o peso de casca por superfície de área (PCSA), obtido pela relação entre o peso da casca e a superfície do ovo. Essa avaliação apresenta alta correlação com outros parâmetros de qualidade da casca, sendo uma alternativa para sua avaliação quando não há equipamentos específicos disponíveis (Montenegro *et al.*, 2019). O cálculo é realizado de acordo com a equação proposta por Abdallah *et al.* (1993):

$$PCSA = \frac{PC}{3{,}9782 \times PO^{0{,}7056}}$$

Onde: PC = peso da casca, PO = peso do ovo, expressos em mg/cm².

4.3 Espessura de casca

A mensuração da espessura da casca é geralmente realizada após a secagem da casca e a remoção da membrana interna da casca. A espessura deve ser determinada em pelo menos 3 diferentes pontos da casca, preferencialmente na região denominada equatorial, com o auxílio de um micrômetro (Stefanello *et al.,* 2014) (Figura 10). A espessura pode variar ao longo do ovo, sendo a região próxima à extremidade pontiaguda geralmente mais espessa, enquanto a região próxima à extremidade arredondada, onde se localiza a câmara de ar, apresenta menor espessura (Sun *et al.*, 2012). Sun *et al.* (2012) também observaram associação positiva entre a espessura da casca e a resistência à quebra, indicando que ovos com maior espessura tendem a apresentar maior resistência à quebra, embora esses parâmetros sejam influenciados por outros fatores.



Figura 10: Medição da espessura da casca do ovo com micrômetro.

4.4 Resistência de casca

Uma das principais análises utilizadas para avaliar a qualidade da casca é a determinação de sua resistência à quebra. Cascas com maior resistência apresentam menor risco de trincas e quebras durante o processamento e o transporte dos ovos (Montenegro *et al.*, 2019). No entanto, diferentemente de

outros parâmetros relacionados à qualidade da casca, como espessura, porcentagem de casca e gravidade específica, a determinação da resistência pode apresentar maior custo em razão da necessidade de equipamentos específicos (Montenegro *et al.*, 2019).

A resistência da casca corresponde à força necessária para provocar a quebra do ovo, sendo que valores mais elevados indicam maior resistência. Os resultados podem ser expressos em newtons (N) ou quilograma-força (kgf). Essa avaliação pode ser realizada com o auxílio de um texturômetro equipado com uma sonda (Souza *et al.,* 2021) ou por meio de equipamentos específicos, como os analisadores de textura e de qualidade dos ovos. Para a correta avaliação, o ovo deve ser posicionado de modo que a sonda exerça pressão sobre a região lateral da casca (Figura 11).

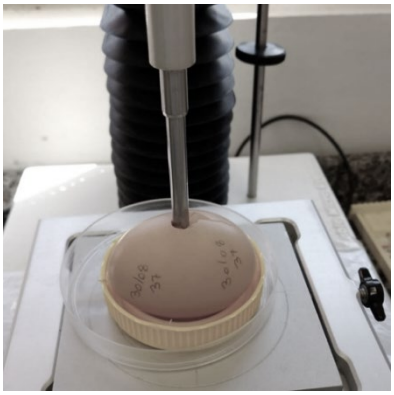


Figura 11: Medição de resistência da casca do ovo em texturômetro.

4.5 Microscopia da casca do ovo

A microscopia pode ser utilizada para avaliar características estruturais e ultra estruturais da casca do ovo, permitindo a análise de aspectos como a organização das camadas da casca, a superfície externa, os poros e a estrutura das membranas. Essa metodologia possibilita uma avaliação mais detalhada das

características morfológicas da casca e pode ser empregada para investigar alterações estruturais associadas à qualidade dos ovos.

Os ovos devem ser quebrados e lavados, e amostras da região equatorial da casca devem ser separadas para retirada das membranas. Posteriormente, as amostras são analisadas por microscopia eletrônica de varredura, sendo avaliadas na seção transversal, espessura da camada paliçada e mamilar, a espessura total (paliçada + mamilar) e a proporção de cada camada em relação a espessura total (Stefanello *et al.,* 2014). Na superfície interna, é contabilizado o número de botões mamilares/mm² (Figura 12).

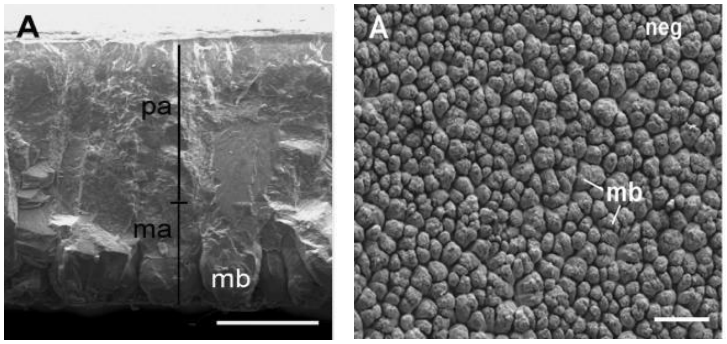


Figura 12: Microscopia eletrônica de varredura da seção transversal da casca de ovo (A, esquerda) sendo, camada paliçada (pa), mamilar (ma) e vista vertical dos botões mamilares (mb) e vista dos botões mamilares (mb) na superfície interna a direita (Stefanello *et al.,* 2014).

4.6 Translucidez da casca

A formação de ovos com casca translúcida pode estar relacionada a alterações na formação da casca e nas membranas internas que, quando apresentam maior facilidade de ruptura, podem favorecer a penetração de umidade proveniente do ambiente externo. Embora a maior translucidez da casca não afete necessariamente a qualidade interna dos ovos, essa característica pode estar associada a maior risco de contaminação por *Salmonella* spp. e *Escherichia coli* através da casca (Chousalkar *et al.*, 2010).

A translucidez geralmente é determinada por meio de ovoscopia. Na avaliação baseada em quatro níveis, são consideradas as seguintes categorias:

ausência de translucidez; translucidez leve, caracterizada pela presença de poucas e pequenas manchas; translucidez moderada, caracterizada por maior número de manchas translúcidas distribuídas pela casca; e translucidez intensa, caracterizada pela presença de várias manchas e áreas maiores de translucidez distribuídas pela superfície da casca (Wang *et al.*, 2019), conforme apresentado na Figura 13.

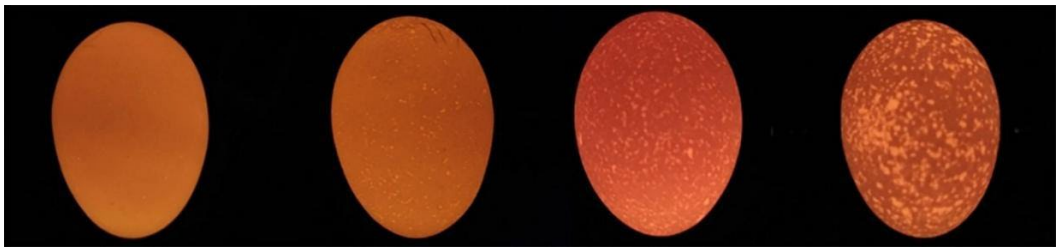


Figura 13: Avaliação de translucência, sendo respectivamente, as pontuações de 1, 2, 3 e 4, da menor para maior (Wang *et al.*, 2019).

4.7 Cor da casca

A coloração da casca do ovo é determinada principalmente pela deposição de pigmentos, como a protoporfirina IX e a biliverdina. Dessa forma, a tonalidade da casca está diretamente relacionada à quantidade e à composição dos pigmentos depositados durante sua formação. A avaliação da cor da casca pode ser realizada por meio de leques colorimétricos, que permitem uma avaliação visual e prática da intensidade da coloração, ou por meio de colorímetro, que possibilita uma avaliação objetiva baseada no sistema de coordenadas CIE Lab*, proporcionando maior precisão e reduzindo a influência da percepção visual do avaliador.

5. Considerações finais

A avaliação da qualidade dos ovos requer a combinação de diferentes métodos capazes de caracterizar os atributos da casca e do conteúdo interno. Métodos como a determinação da gravidade específica e a ovoscopia, permitem avaliações rápidas, de baixo custo e de fácil aplicação. Por outro lado,

metodologias como a determinação da unidade Haugh, da cor da gema, da resistência da membrana vitelínica, da espessura e da resistência da casca, possibilitam uma avaliação mais detalhada das características dos ovos, embora demandem maior tempo e recursos. Dessa forma, a utilização conjunta de diferentes métodos permite uma avaliação abrangente da qualidade dos ovos, contemplando diferentes aspectos relacionados às características internas e externas.

6. Referências bibliográficas

ABDALLAH, A.G. *et al*. Various methods of measuring shell quality in relation to percentage of cracked eggs. **Poult. Sci**. 72:2038–2043, 1993. https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps.0722038.

BARRETT, N.W. *et al*. Effects of acute and chronic heat stress on the performance, egg quality, body temperature, and blood gas parameters of laying hens. **Poult. Sci**. 98:6684–6692, 2019. https://doi.org/10.3382/ps/pez541.

BERARDINELLI, A. *et al*. Effects of transport vibrations on quality indices of shell eggs. **Biosyst. Eng.** 86:495–502, 2003. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2003.08.017.

BRASIL. 2024. **Portaria SDA/MAPA nº 1.179**, de 5 de setembro de 2024.

CHOUSALKAR, K. K. *et al.* Recovery of *Salmonella* and *Escherichia coli* from commercial eggshells and effect of translucency on bacterial penetration in eggs. **Int. J. Food Microbiol.** 142:207–213, 2010. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.06.029.

FERREIRA, A. J. P. *et al*. Principais enfermidades de poedeiras comercias II. Pages 0–608 in Produção e processamento de ovos de poedeiras comerciais. D.E. de Faria, D.E. de Faria Filho, M.R. Mazalli, and M. Macari, ed. **FACTA,** 2019.

GAO, Z., J. Zheng, and G. Xu. 2025. Research progress and technological application prospects of comprehensive evaluation methods for egg freshness. **Foods,** 14., 2015. https://doi.org/10.3390/foods14091507.

JONES, D.R. *et al*. Impact of egg handling and conditions during extended storage on egg quality. **Poult. Sci.** 97:716–723, 2018. https://doi.org/10.3382/ps/pex351.

KIM, Y. *et al*. Effects of storage temperature and egg washing on egg quality and physicochemical properties. **Discover Applied Sciences.** 6:111, 2024. https://doi.org/10.1007/s42452-024-05760-1.

LI, S, *et al*. Study on changes in egg quality traits and genetic parameters of white leghorn hens from 35 to 100 weeks of age. **Poult. Sci.** 104, 2025.. https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105502.

MONTENEGRO, A.T. *et al.* Methods to evaluate the eggshell quality of table eggs. **Brazilian Poult. Sci.** 21, 2019. https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1046.

OLIVEIRA, B.L., OLIVEIRA, D.D. Qualidade e Tecnologia de Ovos. 1st ed. **UFLA**, Lavras, 2013.

ORKA Food Technology LLC. Haugh unit. **EggTester.com.** Accessed September 24, 2026. https://eggtester.com/haugh-unit/.

SOUZA, O. *et al.* 2021. The impact of bacillus subtilis PB6 and chromium propionate on the performance, egg quality and nutrient metabolizability of layer breeders. **Animals,** 11, 2021. https://doi.org/10.3390/ani11113084.

STEFANELLO, C. *et al.* Productive performance, eggshell quality, and eggshell ultrastructure of laying hens fed diets supplemented with organic trace minerals. **Poultry Sci.** 93:104–113, 2014. https://doi.org/10.3382/ps.2013-03190

SUN, C. J. *et al.* Global variation and uniformity of eggshell thickness for chicken eggs. **Poult. Sci.** 91:2718–2721, 2012. https://doi.org/10.3382/ps.2012-02220.

WANG, D. H. *et al*. Study of measurement methods on phenotype of translucent eggs. **Poult. Sci.** 98:6677–6683. 2019. https://doi.org/10.3382/ps/pez539.