

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU CIÊNCIAS AVIÁRIAS**

OTÁVIO CINTRA LEMOS OLIVIERI

**NOVA METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DA VARIAÇÃO DA COR DA
CASCA DOS OVOS DE AVES POEDEIRAS**

**UBERLÂNDIA
2022**

OTÁVIO CINTRA LEMOS OLIVIERI

**NOVA METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DA VARIAÇÃO DA COR DA
CASCA DOS OVOS DE AVES POEDEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu Ciências Aviárias, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Federal de Uberlândia, como exigência parcial para obtenção do título de Especialista em Ciências Aviárias.

Área de concentração: Ciências Avícolas
Orientador(a): Prof. Marcelo Piassi

**UBERLÂNDIA
2022**

Resumo: A casca de ovos de galinha desempenha papel importante na proteção e homeostase do embrião. Além disso, ao considerar ovos para consumo humano, a casca possui um apelo comercial, uma vez que consumidores baseiam sua escolha de compra através da cor da casca. Os métodos tradicionais para avaliação da cor da casca do ovo, apresentam desvantagens como a subjetividade do avaliador e limitações físicas do uso. Portanto, o objetivo do trabalho foi desenvolvimento de uma nova metodologia para avaliação da cor da casca dos ovos. Para tal, 194 ovos foram classificados pela cor da casca por dois avaliadores diferentes com a utilização de um leque colorímetro padrão que possuía 24 paletas de cores graduadas de tom mais escuro ao mais claro. Em seguida, os ovos e o leque colorímetro foram fotografados e um algoritmo computacional foi desenvolvido para a interpretação, através das imagens, do comprimento de onda de cada cor das cascas dos ovos e das paletas do leque. A fim de se obter a repetibilidade dos avaliadores cada um realizou a classificação do mesmo ovo em 10 momentos diferentes, bem como o algoritmo interpretou os comprimentos de onda da cor da casca do mesmo ovo 10 vezes diferentes. Por fim, os comprimentos de onda das cores das cascas e do leque foram distribuídos no campo eletromagnético visível. Os avaliadores 1 e 2 relacionaram os ovos com as paletas 6 a 24 e 8 a 24, respectivamente. Ao classificar o mesmo ovo em momentos diferentes o coeficiente de variação dos avaliadores 1 e 2 foram de 0 a 22,4 e de 0 a 82,5, respectivamente. Os comprimentos de onda foram de 484,80nm à 598,90 para as cores da casca dos ovos e 487,48nm à 600nm para as paletas de ovos. Ao considerar o mesmo ovo em momentos distintos, o algoritmo apresentou coeficiente de variação de 0 a 0,857. Conclui-se que a classificação da cor da casca dos ovos com o uso de leque colorímetro sofre interferência da subjetividade do avaliador. Por sua vez, o método de identificação do comprimento de onda através das imagens e do algoritmo mostrou-se eficaz e preciso. Portanto, este estudo evidencia a necessidade e possibilidade do uso de sistema computacional para avaliação simultânea da cor da casca de vários ovos de galinhas poedeiras.

Palavras chaves: Casca de ovos, coloração, análise computacional.

1. INTRODUÇÃO

Cerca de 80% do tempo da formação do ovo pela galinha é destinado para o desenvolvimento da casca. Esta estrutura é responsável principalmente pela proteção à danos físicos contra o embrião, bem como protege o interior dos ovos de possíveis contaminantes externos (Silva et al., 2020). Sobretudo, garante a homeostase embrionária, uma vez que a porosidade da casca é o que permite a troca de gases entre o interior do ovo e ambiente externo (Vázquez et. al., 2019). Além das funções biológicas básicas, tratando-se de ovos para consumo humano, a casca também possui um apelo comercial, uma vez que, ao considerar diferentes regiões e países, a preferência do consumidor em relação a cor externa do ovo varia (Preisinger, 2018). Portanto, para o consumidor, a coloração da casca está relacionada à qualidade geral do ovo comercial (LU, et. al., 2021).

O fator determinante para a coloração da casca é a genética da ave. O estudo de Guo e equipe (2020) mostrou a importância dos efeitos de genes dominantes sobre a variação da cor da casca do ovo. Bem como, Goto et. al., (2019) identificaram efeito significativo da genética na coloração da casca de diferentes linhagens poedeiras, corroborando seu estudo com outros pesquisadores (Goto et. al., 2014; Goto et. al., 2015; Sirri et. al., 2018). O mecanismo que resulta a cor da casca do ovo consiste, principalmente, na incorporação dos pigmentantes protoporfirina IX, biliverdina e quelato de biliverdina de zinco (Liu and Cheng, 2010). Em um estudo recente, Lu et al. (2021) puderam afirmar que o pigmento protoporfirina IX tem maior influência na coloração da casca marrom do que a biliverdina, que por sua vez, contribui mais com a coloração dos ovos de tom verde e azul (Wang et. al., 2010). Dentre os fatores que causam alteração na coloração da casca do ovo destacam-se a idade da ave, nutrientes da dieta, condição de estresse e presença de doenças (LU, et. al., 2021).

A expressão fenotípica da cor da casca do ovo impacta economicamente as granjas de galinhas poedeiras. Uma vez que a coloração da casca é um indicativo de qualidade do produto pelo consumidor e tal fato pode contribuir com preço de venda (Li et. al, 2013; Han et. al., 2021). No estudo de Berkhoff et. al., (2020), foi constatado que a cor da casca está dentre as principais características avaliadas por consumidores de ovos no Chile. Segundo Mendes et. al., (2017), ao optar-se por um ovo de casca marrom, o consumidor geralmente o faz pelo fato de associar esta coloração com galinhas caipiras e de maior valor nutritivo. Este dado foi corroborado por Maia e sua equipe (2020), que, ao questionarem consumidores do porquê da escolha dos ovos de casca marrom obtiveram como resposta a crença de que o ovo com essa coloração advém de aves caipiras e conseqüentemente mais saborosos e nutritivos.

Vale ressaltar, que apesar das diferenças visuais, e das preferências de consumidores, ovos brancos ou marrons – usualmente também chamados de ovos vermelhos - não apresentam diferenças nutricionais significativas (Benites et. al., 2005). Sobretudo, consumidores de ovos marrons prezam pela uniformidade e intensidade da coloração, conseqüentemente, ovos desta cor, apresentados com grandes variações na coloração tem a aceitação de compra diminuída (Goger et al., 2016).

Um método comum para se realizar a medição da cor da casca dos ovos, utiliza colorímetros capazes de identificar os valores L* (luminosidade) a* (coordenada cromática vermelho/verde) e b* (coordenada cromática amarelo/azul) (Cavero et. al., 2012; Bogdanski 2019; Milovanovic et. al., 2021). Outro tipo de método de mensuração da cor da casca, lança mão de leques colorimétricos padrões, disponibilizados, normalmente, pelas companhias de genética das aves. Nos estudos de Kim et. al., (2022) e Han et. al., (2021), a metodologia com uso de um leque colorímetro foi realizada para mensurações de cor de casca de ovo de galinha poedeiras.

O método que utiliza o leque possui como principal desvantagem a subjetividade da análise. Por sua vez, aparelhos colorímetros possuem uma limitação física que permite a

avaliação apenas de uma área limitada do objeto a ser medido (Kang et. al., 2008), o que também compromete repetibilidade e precisão dos testes (Larraín et. al., 2008).

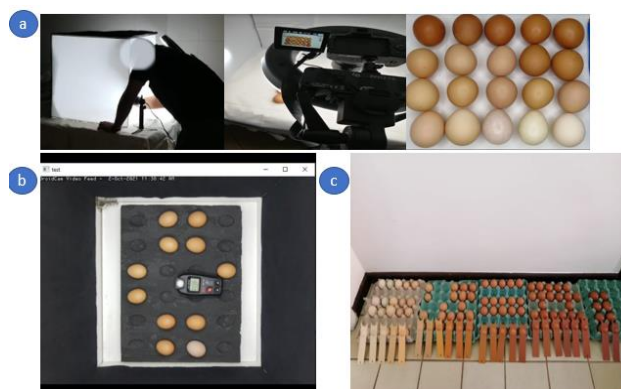
O sistema de visão computacional (SVC) é capaz de suprir as limitações dos colorímetros e leques. Uma vez que conta com a capacidade de analisar, tanto amostra pequenas quanto amostras maiores de uma única vez (Dana e Ivo, 2008; Rodríguez et. al., 2012). Além de não haver necessidade de contato do aparelho com o alimento, a análise com o SVC pode ser realizada forma remota e online (Goñi e Salvadori, 2017). A desvantagem de um SVC, está na laboriosidade técnica da criação do software para a análise, o que limita a disseminação do uso deste sistema dentre os possíveis interessados (Goñi e Salvadori, 2017).

Tendo em vista as informações acima, os autores deste artigo corroboram com Lu e pesquisadores (2021) que, expuseram a necessidade de uma nova metodologia para detecção das possíveis variações de cor de casca de ovos. Portanto, o objetivo do presente estudo foi o desenvolvimento de uma nova metodologia, de baixo custo e objetiva, baseada em um sistema de visão computadorizada, para avaliação e classificação da cor da casca de vários ovos simultaneamente.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

De modo a verificar a viabilidade da metodologia descrita nos próximos parágrafos, previamente foram realizados testes pilotos (figura 1) de classificação da cor da casca, captura e registro computacional das imagens dos ovos. Para aquisição de imagens, 20 ovos foram adquiridos aleatoriamente no mercado e separados visualmente pela cor. Em seguida, foram dispostos em estrutura semelhante a um mini estúdio fotográfico e tiveram suas imagens capturadas. A fim de testar a viabilidade do uso do leque colorímetro em uma amostra de ovos com cores de casca variadas, 91 ovos, de uma marca específica que dispõe vários tons de cor de casca na bandeja de ovos comercializada, foram adquiridos em mercado e em seguida um avaliador relacionou visualmente a cor da paleta do leque com a cor da casca do ovo. Para tal, um leque colorímetro padrão da empresa Lohmann Breeders GmbH foi utilizado (figura 2).

Figura 1: Etapas de teste piloto.



a: Disposição dos ovos em estrutura semelhante ao mini estúdio fotográfico utilizado no trabalho; captura de imagens. **b:** upload de imagens em programa de computador **c:** classificação de ovos utilizando leque colorímetro

O trabalho foi realizado no campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia na cidade de Uberlândia (MG). Para compor a amostra para pesquisa um total de 600 ovos foram obtidos por meio de doação de uma granja de galinhas poedeiras localizada no interior do estado de São Paulo. A granja possui lotes de aves de diferentes linhagens que botam ovos com cores de casca de tonalidades distintas. Os ovos foram escolhidos aleatoriamente entre a produção diária de cada lote de linhagem diferente. Com o uso do mesmo leque utilizado no teste piloto, os ovos foram classificados através da cor da casca por um avaliador (avaliador 1). Os ovos foram classificados de acordo com a graduação do leque que vai de 1 (mais escuro) a 24 (mais claro). Determinou-se que para cada cor encontrada escolheria-se no máximo 12 ovos, devido questões de logística e transporte, de modo que do total de 600 ovos, foram selecionados 194 que foram distribuídos em 17 grupos com no máximo 12 ovos cada. Para compor cada grupo, foram escolhidos os ovos que foram classificados com a mesma paleta no leque, as paletas que não tiveram ovos correspondentes (1 à 7) não tiveram grupos formados para elas. Estes mesmos ovos foram classificados por um segundo avaliador (avaliador 2) com o uso do mesmo leque.

Figura 2: Leque colorímetro padrão Lohmann Breeders GmbH.



Foram capturadas imagens de cada um dos 194 ovos e de cada paleta do leque. Para a captura das imagens um mini estúdio fotográfico foi montado para padronizar a intensidade de

Figura 3: Mini estúdio fotográfico para coleta de imagens



luz sobre os ovos e leque. Este mini estúdio consistia em uma estrutura em formato de cubo revestida internamente com material de cor preta. Um aparato que sustentava um celular Motorola One Action para captura das imagens com uma câmera tripla, sendo a de maior poder de captura com resolução de 16 Mega Pixels Ultra Wide foi inserido na estrutura, de modo que a câmera ficasse na face interna superior e uma bandeja com ovos ou leque ficasse na face interna inferior da estrutura. Fitas de led de luz branca conectadas a um dispositivo *dimmer* que permite a regulação da intensidade da luz produzida, foram fixadas no aparato da câmera para servir como fonte luminosa no interior do mini estúdio de modo a garantir a uniformidade da iluminação no ambiente (figura 3).

A fim de realizar uma classificação comparativa, através das imagens dos ovos, entre dois avaliadores, da amostra de 194 ovos previamente classificados pelo leque, foram

escolhidos aleatoriamente imagens de 4 ovos de cada um dos 17 grupos de ovos, totalizando 68 ovos. Um software capaz de selecionar uma região específica da imagem de cada ovo e gerar uma paleta de cor com o pixel predominante desta região, foi desenvolvido. Estas imagens foram dispostas na tela do computador em um layout de modo que o avaliador pudesse clicar na paleta de cor que ele julgou ser a mais próxima da cor da casca do ovo em específico (figura 4).

A fim de se obter a repetibilidade dos avaliadores, as imagens de cada um dos 68 ovos foram apresentadas 10 vezes ao usuário de forma aleatória. Portanto, cada operador classificou o mesmo ovo 10 vezes. À cada classificação era atribuído o número correspondente aquela cor

Figura 4: Layout de imagem apresentado para cada avaliador realizar a classificação da cor da casca de ovos.

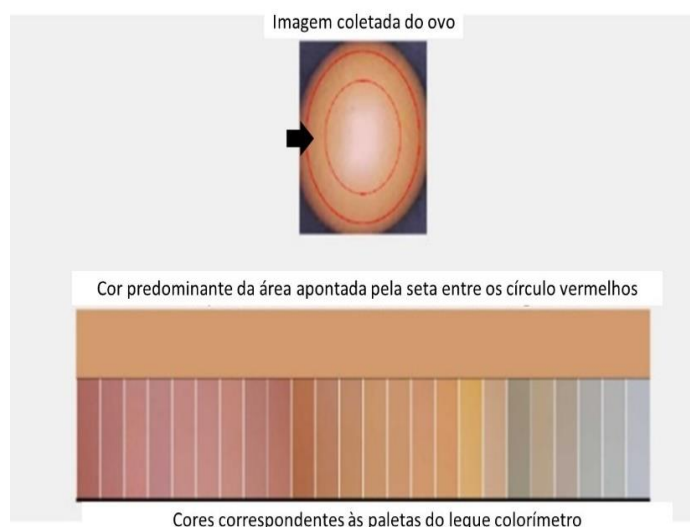


Imagem de ovo exibida ao avaliador. A parte entre os círculos vermelhos, indicada pela seta, foi a região do ovo que compôs a faixa de cor predominante do ovo. Logo abaixo, estão as cores correspondentes a cada paleta do leque

no leque colorímetro (1-24). Em seguida compilou-se os dados das atribuições que cada ovo recebeu nas 10 vezes que ele foi apresentado ao avaliador. O coeficiente de variação das classificações de cada grupo de 10 ovos, para os dois avaliadores foi calculado utilizando-se o programa Microsoft Excel.

Em seguida, as imagens de todos os 194 ovos classificados pelos avaliadores, foram interpretadas através de um algoritmo computacional desenvolvido na ferramenta Matlab. A sequência utilizada no processamento dos ovos pode ser observada na figura 5:

- Como primeiro passo o sistema faz a aquisição da bandeja de ovos (Figura 5(a)) devidamente posicionada no aparato construído e proposto neste projeto:
- Na sequência o sistema segmenta cada um dos ovos presentes na bandeja e extrai deste duas distâncias principais, ou seja, a maior distância entre os pixels da borda do ovo, aqui denominado como Eixo A e a maior distância no sentido transversal à reta formado pelos pontos que compuseram o Eixo A, essa nova medida denominamos como sendo o Eixo B (Figura 5(b));

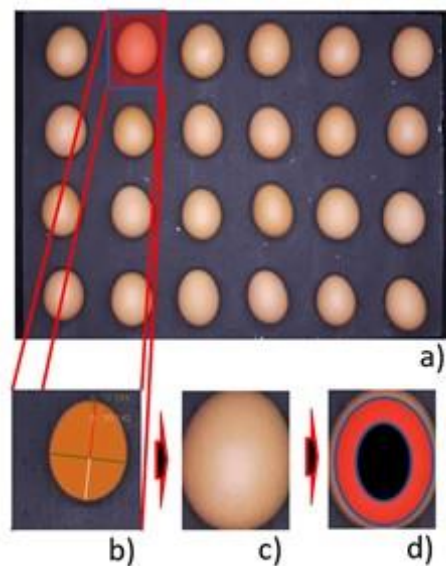
- A partir das informações e posições do Eixo A e do Eixo B, foi possível realizar a segmentação do ovo de modo que as dimensões dessa nova imagem fossem equivalentes aos Eixos A e B respectivamente (Figura 5(c));

- De posse da imagem do ovo precisamente segmentado, observou-se que na sua região central, havia uma certa saturação provocada pelo sistema de iluminação, o que poderia comprometer a análise da cor da casca conforme proposto. Dessa forma, optou-se por analisar os pixels desconsiderando aqueles próximos à borda externa e aqueles próximos à zona de saturação, ou seja, zona interna. Desta forma, duas elipses foram construídas (Elipse A e Elipse B), ambas centralizadas no centro da imagem, sendo a maior – Elipse A - com raio maior e raio menor equivalente à metade de 95% das dimensões de altura e largura da imagem, ou seja, 95% das dimensões do Eixo A e do Eixo B, e a menor – Elipse B – com medidas equivalentes à metade de 35% dos valores do Eixo A e do Eixo B respectivamente (Figura 5(d));

- Todos os pixels pertencentes à Elipse A, mas não pertencentes à Elipse B passaram então a compor a região da casca do ovo a ser avaliada (Região representada pela cor vermelha na Figura 5(d)). Para este conjunto de pixels, considerando o sistema de cores CIE L*, a* b* proposto por (Carneiro 2013; Lukanov, Genchev e Pavlov 2015), foi calculado o valor médio dos componentes a* e b* e o valor médio dos componentes R, G e B do sistema de cores RGB;

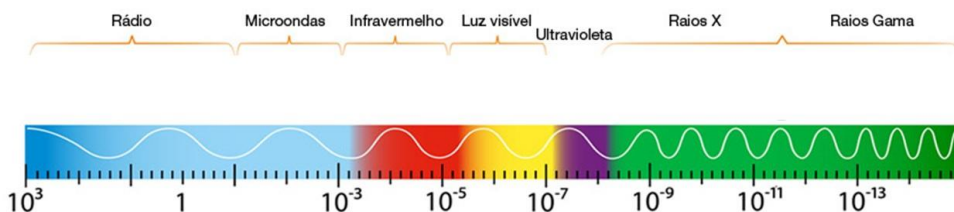
- Para efeito de análise, as médias das cores obtidas para cada casca de ovo foram convertidas para o seu respectivo comprimento de onda no espectro eletromagnético (Figura 6), a fim de comparar em qual região do espectro tal cor de enquadraria;

Figura 5: Esquema de funcionamento do algoritmo desenvolvido para extração da cor média da casca



a) Imagem dos ovos na bandeja b) Esquema para expressar a seleção de um único ovo pelo algoritmo através de eixos entre pixels c) Imagem de ovo segmentada na limite dos eixos exibidos na figura b d) Esquema para evidenciar a área considerada do ovo a ser avaliada: apenas a área preenchida em vermelho.

Figura 6: O espectro eletromagnético. Adaptado de Vainshtein (1988).



De modo a assegurar a repetibilidade da ferramenta, escolheram-se 72 ovos da amostra e 10 imagens de cada um foram capturadas, e o processo descrito acima foi repetido para cada uma das imagens. O coeficiente de variação entre os valores do comprimento de onda de cada imagem do grupo de 10 imagens, foi calculado utilizando-se o programa Microsoft Excel.

3. RESULTADOS

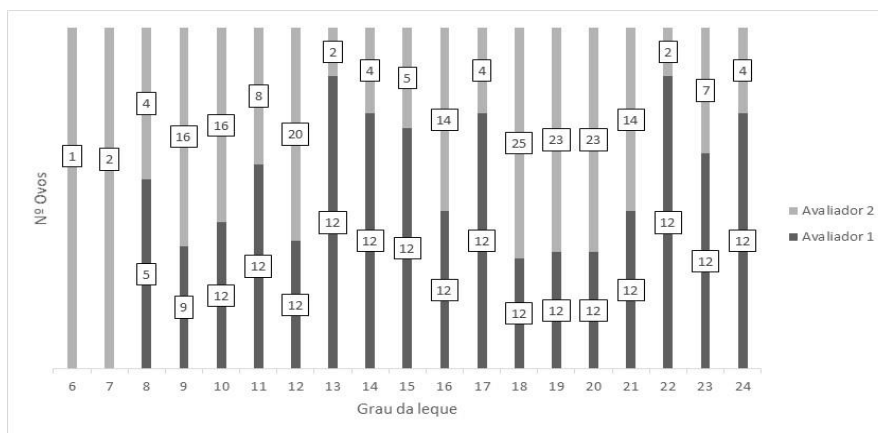
Considerando a amostra de 194 ovos que foi classificada pelos dois avaliadores diferentes, através do uso do mesmo leque colorímetro, o avaliador 1 pode classificar os ovos do grau 8 ao 24 (figura 7), sendo que o avaliador 2 identificou ovos do grau 6 ao 24.

Figura 7: Cores de casca de ovos selecionados através de leque colorímetro

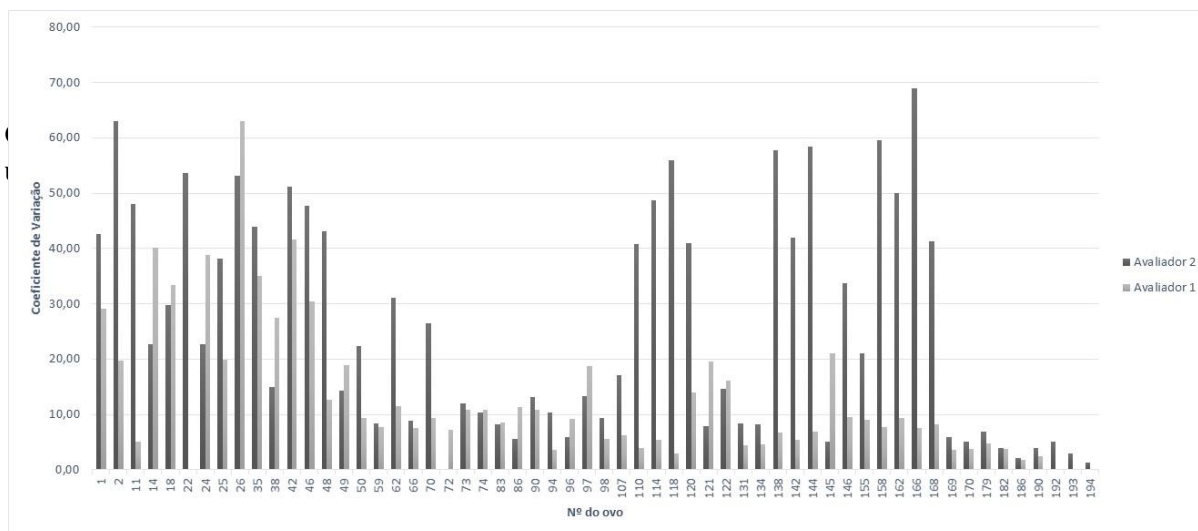


O número de ovos, escolhidos por cada avaliador, para cada graduação do leque está exposto no gráfico 1.

Gráfico 1: Número de ovos selecionados, por dois avaliadores diferentes, para cada grau de um leque colorímetro Lohmann Breeders GmbH



Ao avaliar o mesmo ovo em 10 momentos diferentes, através do layout de imagens de acordo com o leque colorímetro, o avaliador 1 apresentou um coeficiente de variação em suas

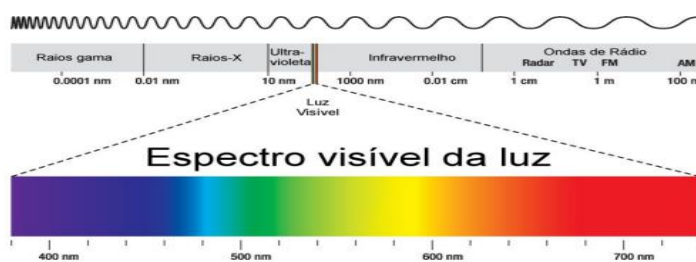


classificações que foi de 0 a 63,07. Por sua vez, o avaliador 2 obteve valores que foi de 0 até 68,93. Estes dados estão expostos no gráfico 2.

O espectro eletromagnético representa o intervalo de todas as possíveis frequências de radiação eletromagnéticas. Ele compreende desde raios gama até ondas de rádio (figura 8).

Todas as ondas viajam à mesma velocidade, contudo possuem comprimentos diferentes, o que irá determinar sua posição no espectro eletromagnético. As ondas perceptíveis ao olho humano estão na faixa de 400 a 700nm de comprimento e podem ser denominadas espectro eletromagnético visível (Marconato Jr. 2022, apud INFOESCOLA 2021).

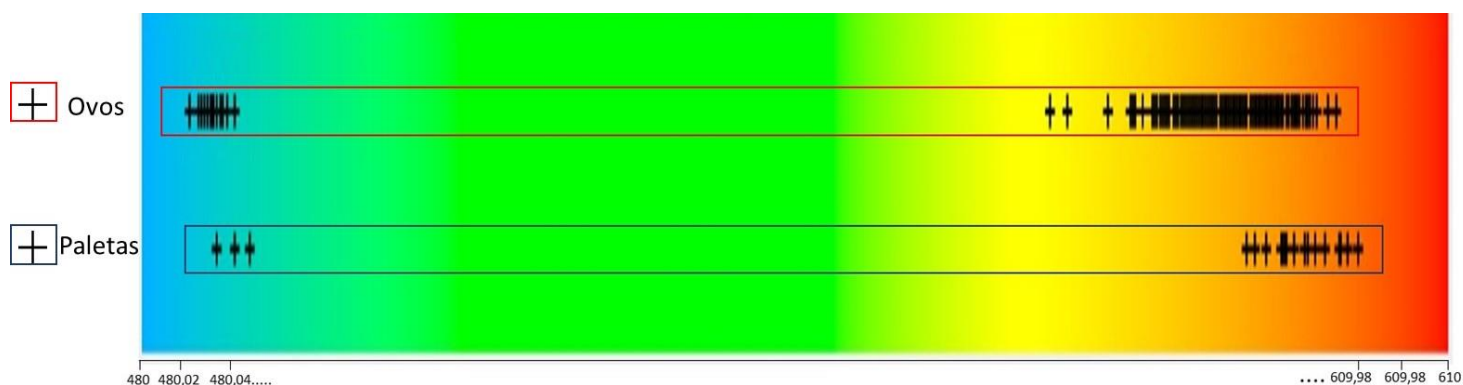
Figura 8: Representação esquemática do espaço eletromagnético e sua porção visível à olho humano



Fonte: Infoescola 2021

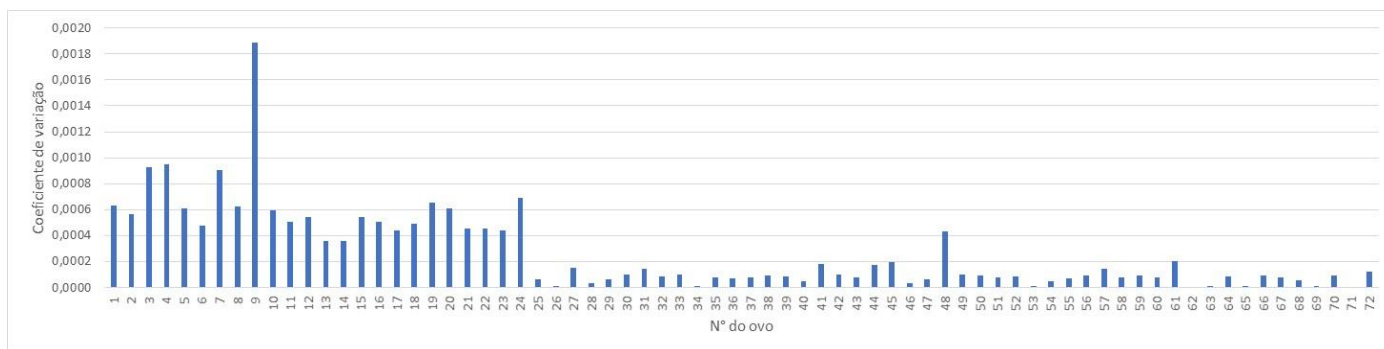
Ao avaliar os comprimentos de ondas emitidos pelas cores da casca do ovo avaliadas neste trabalho, pode-se estabelecer que estas ocuparam, no espectro eletromagnético visível, o espaço que compreende os comprimentos de 484,80nm até o 598,9nm. Por sua vez, os comprimentos das cores de cada paleta do leque ocuparam o intervalo 487,48nm à 600nm. (Figura 9).

Figura 9: Pontos ocupados pelos comprimentos de onda das cores de casca de ovos e paletas de leque colorímetro no espectro eletromagnético visível.



O gráfico 3 exibe que ao extrair-se o comprimento de onda da cor da casca da imagem dos mesmos ovos em 10 momentos diferentes, a ferramenta apresentou um coeficiente de variação que o foi de 0,0 a 0,0019.

Gráfico 3: Coeficiente de variação do comprimento de onda da cor da casca de ovos extraídos por uma ferramenta computacional



4. DISCUSSÃO

Nota-se diferença entre as classificações visuais dentre os dois avaliadores. Tal fato se justifica pela subjetividade no uso do leque, uma vez que foi atribuído à mesma paleta do leque, número de ovos diferentes. A busca por prática objetivas na classificação de cor dos ovos deu-se no ano de 1990, quando Wey e Bitgood, evidenciaram a possibilidade do uso de dispositivos colorímetros objetivos (Hunter Lab Colorimeter D25A-9 e Minolta Chroma Meter CR-20). Desde então, estes são utilizados em programas de seleção genética e pesquisas (Milovanovic et. al., 2021).

Apesar da objetividade, estes aparelhos não suprem o objetivo deste trabalho de realizar medidas de vários ovos ao mesmo tempo. Esta desvantagem já havia sido reportada em pesquisa anterior por Kang et. al., (2008); que mostrou limitações do uso do aparelho devido ao fato de serem capazes de avaliar apenas uma área de 10 a 30mm² por vez. Tal fato, trata-se de um inconveniente para avicultura industrial, uma vez que, normalmente, a quantidade produzida de ovos em uma granja é relativamente alta, uma análise unitária dificulta a obtenção de um tamanho amostral significativo para avaliar o padrão de coloração de um lote, por exemplo. Logo, torna-se fundamental o uso de técnicas que permitam análises massais dos dados. Ademais, em estudo recente (2021) Milovanovic e equipe, identificaram que a necessidade de contato entre aquele tipo de colorímetro e o ovo gera interferências na mensuração da cor.

Outro dado do trabalho presente que evidencia a subjetividade da avaliação humana, foi o fato de não ter sido possível uma repetibilidade satisfatória dos avaliadores. Percebeu-se que o mesmo ovo foi classificado diferentemente em relação a cor em momentos distintos pelo mesmo avaliador. Melchiades & Boschi (1999) já haviam descrito que apesar da grande sensibilidade da visão humana para identificação de cores, variáveis como cansaço físico e dificuldade em identificação de certos tons podem inferir distorções nas avaliações.

Ao avaliar a cor da gema do ovo em um estudo comparativo entre um método tradicional com o uso de um leque colorimétrico e outro que utilizou um sistema de visão computacional, Carneiro (2013), pode notar melhor acurácia no segundo método, e atribuiu, principalmente este dado ao fato de a visão computacional ser capaz de identificar cores que o olho humano não foi capaz. Neste mesmo sentido, este trabalho também identificou a limitação de métodos tradicionais na classificação da cor da casca do ovo. Notou-se que no espectro eletromagnético visível, houve cores de casca que não possuíam correspondência no leque. A justificativa por métodos computacionais na classificação da cor de ovos, também foi sugerida por Milovanovic (2021), que baseou esta sugestão no potencial deste tipo de método em evitar contato direto do aparelho com o ovo.

5. CONCLUSÃO

A classificação da cor da casca de ovos de galinhas poedeiras através do uso de leques colorímetros sofre com a subjetividade do avaliador, bem como o mesmo avaliador exibe baixa capacidade de repetibilidade entre avaliações diferentes. A classificação da cor da casca do ovo através da análise de imagens mostrou-se potencialmente capaz de avaliar mais de um ovo simultaneamente com uma repetibilidade que apresentou baixo coeficiente de variação, além de maior sensibilidade na identificação de cores quando comparada ao método tradicional de análise por leque colorímetro. Portanto, este estudo evidencia a necessidade e possibilidade de uso de sistema computacional para avaliação simultânea da cor da casca de vários ovos de galinhas poedeiras.

REFERÊNCIAS

- ARZATE-VÁZQUEZ, I., MÉNDEZ-MÉNDEZ, J.V., FLORES-JOHNSON, E. A., NICOLÁS-BERMÚDEZ, J., CHANONA-PÉREZ, J.J., SANTIAGO-CORTÉS, E. Study of the porosity of calcified chicken eggshell using atomic force microscopy and image processing. **Micron**, v. 118, p. 50-57, 2019.
- BENITES, C. I., FURTADO, P. B. S., SEIBEL, N. F. Características e aspectos nutricionais do ovo. *In*: SOUZ-SOARES, L. A., SIEWERDT, F. **Aves e ovos**. Pelotas: UFPEL, p. 57-64. 2005.
- BERKHOFF, J., ALVARADO-GILIS, C., KEIM, J. P., ALCALDE, J. A., VARGAS-BELLO-PÉREZ, E., GANDARILLAS, M. Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. **Poultry Science**, v. 99, n.11, p. 6239-6246, 2020.
- BOGDANSKI, F. A. **Parâmetros genéticos de características de produção e qualidade de ovos em linhagens nacionais de galinhas caipiras**. 2019. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CARNEIRO, J. S. **Pigmentantes de gema: novo método de avaliação de cor e caracterização da produtividade e saúde das poedeiras**. 2013. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- CAVERO D., SCHMUTZ M., ICKEN W., PREISINGER R. **Attractive eggshell color as a breeding goal**. Cuxhaven, Out. 2012. Site: Lohmann Information.
- GOGER, H., DEMIRTAS, S. E., YURTOGULLARI, S. A selection study for improving eggshell colour in two parent lines of laying hens and their hybrids. **Italian Journal of Animal Science**, v. 15 n. 3, p. 390-395, 2016.
- GOÑI, S. M., SALVADORI, V. O. Color measurement: comparison of colorimeter vs. computer vision system. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 11, n. 2, p. 538-547. 2017.
- GOTO, T., ISHIKAWA, A., YOSHIDA, M., GOTO, N., UMINO, T., NISHIBORI, M., TSUDZUKI, M. Quantitative trait loci mapping for external egg traits in F2 chickens. **Journal of Poultry Science**, v. 51, p. 118–129. 2014.
- GOTO, T., SHIRAIISHI, J.I., BUNGO, T., TSUDZUKI, M. Characteristics of egg-related traits in the Onagadori (Japanese Extremely Long Tail) breed of chickens. **Journal of Poultry Science**, v. 52, p. 81–87, 2015.

- GOTO, T., MORI, H., SHUNSUK, S., TOMONAGA, S. Metabolomics approach reveals the effects of breed and feed on the composition of chicken eggs. **Metabolites**, v. 9, n. 10, p. 224, 2019.
- GUO, J., WANG, K., QU, L., DOU, T., MA, M., SHEN, M., & HU, Y. Genetic evaluation of eggshell color based on additive and dominance models in laying hens. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 33, n.8, p. 1217, 2020.
- HAN, G. P., KIM, J. M., KANG, H. K., & KIL, D. Y. Transcriptomic analysis of the liver in aged laying hens with different intensity of brown eggshell color. **Animal bioscience**, v. 34, n.5, p. 811, 2021.
- INFOESCOLA. **Espectro eletromagnético**. 2021. Site. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>. Acesso em: 18 abr. 2022.
- KANG, S. P., EAST, A. R., & TRUJILLO, F. J. Colour vision system evaluation of bicolour fruit: A case study with 'B74' mango. **Postharvest Biology and Technology**, v. 49, n. 1, p. 77-85. 2008.
- KIM, J. H., WON, J. C., CHAN, H. K., DONG Y. K. Research Note: Improvement of eggshell strength and intensity of brown eggshell color by dietary magnesium and δ -aminolevulinic acid supplementation in laying hens. **Poultry Science**, v. 101, n. 3, p. 101676, 2022.
- LI, G., CHEN, S., DUAN, Z., QU, L., XU, G., YANG, N. Comparison of protoporphyrin IX content and related gene expression in the tissues of chickens laying brown-shelled eggs. **Poultry science**, v. 92, n.12, p. 3120-3124. 2013.
- LIU, H. C., AND T. K. CHENG. Eggshell pigmentation: a review. **Journal of the Chinese Society of Animal Science**, v. 39, p. 75–89, 2010.
- LU, M. Y., WANG, W. W., QI, G. H., XU, L., & WANG, J. Mitochondrial transcription factor A induces the decned mitochondrial biogenesis correlative with depigmentation of brown eggshell in aged laying hens. **Poultry Science**, v. 100, n. 3, 2021.
- MING-YUAN, L., XU, L., GUANG-HAI Q., HAI-JUN, Z., KAI, Q., JING, W., SHU-GENG, W. Mechanisms Associated with the Depigmentation of Brown Eggshells: A Review." **Poultry Science**, v. 100, n. 8, 2021.
- LUKANOV, H. GENCHEV, A., PAVLOV, A. Colour traits of chicken eggs with different eggshell pigmentation. **Trakia Journal of Sciences**, v. 2, p. 149-158, 2015.
- MAIA, K. M., DE OVEIRA GRIESER, D., TOLEDO, J. B., PAUNO, M. T. F., DE AQUINO, D. R., & MARCATO, S. M. Caracterização dos consumidores de ovos na cidade de Maringá–Paraná. **Brazian Journal of Development**, v. 7, n. 1, 2021.
- MARCONATO JUNIOR, A. **Sistema para monitoramento de radiação ultravioleta: uma ferramenta de auxílio no combate ao câncer de pele**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecatrônica) Universidade Federal de Santa Catarina, Joenville.
- MENDES, L. J., MOURA, M. A., MACIEL, M. P., REIS, S. T., SILVA, V. G., SILVA, D. B., SAID, J. S. Perfil do consumidor de ovos e carne de frango do município de Janaúba-MG. **Ars Veterinária**, v. 32, n. 1, p. 81-87. 2017.
- MILOVANOVIC, B., TOMOVIC, V., DJEKIC, I., SOLOWIEJ, B. G., LORENZO, J. M., BARBA, F. J., TOMASEVIC, I. Color assessment of the eggs using computer vision system and Minolta colorimeter. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 15, p. 5097 – 5112, 2021.

- PREISINGER, R. Innovative layer genetics to handle global challenges in egg production. **British poultry science**, v. 59, n.1, p. 1-6, 2018.
- RODRÍGUEZ-PUDO F. J., GÓMEZ-ROBLEDO, L., MELGOSA, M., GORDILLO, B., GONZÁLEZ-MIRET, M. L., HEREDIA, F. J. Ripeness estimation of grape berries and seeds by image analysis. **Journal of Computational Electronics**, v. 82, p. 128–133, 2012.
- SILVA, W. C., ARAÚJO, L. N., DA SILVA, É. B. R., DE SOUSA, E. D. V., DA CRUZ GATO, A. P. & DA SILVA, J. Á. R. Revisão sistemática e cienciometria da produção de ovos comerciais no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.
- SIRRI, F., ZAMPIGA, M., BERARDINELLI, A., MELUZZI, A. Variability and interaction of some egg physical and eggshell quality attributes during the entire laying hen cycle. **Poultry Science**, v. 97, p. 1818–1823, 2018.
- WANG, X. T., BAI, J. R., ZHAO, C. J., ZHANG, H., BAO, H. G., XU, G. Y., DENG, X. M. Locasation of the genomic sequence interval for the blue eggshell gene using an F2 resource population of Dongxiang chickens. **British poultry science**, v. 51, n.4, p. 507-509, 2010.
- WEI, R., BITGOOD, J. J. A New Objective Measurement of Eggshell Color.: 1. A Test for Potential Usefulness of Two Color Measuring Devices. **Poultry Science**, v. 69, n. 10, p. 1775-1780, 1990.
- VAINSHTEIN, L. A. **Electromagnetic waves**. 2. ed. Moscou: Izdatel'stvo Radio i Sviaz', 1988.