

Desenvolvimento de um Sistema de Visão Computacional para Seleção de Ovos e Vacinação *In-ovo*

Adriano Mansur Irigoite¹, Fernando Guessi Plácido¹, Daniel Pauli de Souza¹,
Lucas Costa Ferreira¹, Manoel Kolling Dutra¹, Leandra Formentão³,
Maurício Edgar Stivanello¹, Mário Lúcio Roloff²

¹Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) - Campus Florianópolis
Av. Mauro Ramos, 950 - Centro - CEP 88020-300 - Florianópolis - SC - Brasil

²Instituto Federal Catarinense (IFC)
Rio do Sul (SC), Brasil

³Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Florianópolis (SC), Brasil

mauricio.stivanello@ifsc.edu.br

Abstract. *The in-egg immunization process requires the analysis of eggs so the vaccine is applied only to those fertilized. Manual sorting is slow and unhealthy, and existing automated systems are costly for small and medium producers. Here, we describe the development of an egg classification system where computer vision techniques are used. The contrast-based selected image processing techniques combined with the components used in the creation of the physical module of the system were adequate and effective for such classification. The results obtained in experiments demonstrate the feasibility of using computer vision for the development of inspection and classification solutions for the cited application with excellent cost-benefit.*

Resumo. *A imunização in-ovo exige a análise dos ovos para que a vacina seja aplicada somente naqueles fertilizados. A classificação manual é lenta e insalubre e os sistemas automatizados existentes apresentam custo impeditivo para pequenos e médios produtores. Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de um sistema de classificação para tal aplicação empregando técnicas de visão computacional. Tanto as técnicas de processamento de imagens selecionadas, baseadas em contraste, como os componentes empregados na criação do aparato físico utilizado na aquisição são descritos. Os resultados alcançados demonstram a viabilidade em se utilizar da visão computacional para o desenvolvimento de soluções de inspeção e classificação com excelente custo-benefício.*

1. Introdução

A indústria aviária vem demonstrando, ao longo dos anos, elevado crescimento em nível mundial, sendo estimado que até o ano de 2020 chegará ao status de maior importância dentro do setor agrícola e de alimentação [Abdul-Cader et al. 2018]. O Brasil se insere nesse setor tanto na produção de frangos de corte quanto de ovos de galinha para consumo, ambos atendendo uma grande demanda nacional e internacional [Stefanello 2011]. Em 2016 o Brasil chegou à liderança no ranking de exportação de carne de frango [Embrapa 2018].

A produção de frangos de corte depende de aves matrizes de produção de ovos e devido manejo do sistema, mantendo condições adequadas de sanidade e biosseguridade através de processos de controle de qualidade. Durante o manejo de ovos, um dos fatores mais importantes é a identificação daqueles que estão fertilizados, não fertilizados ou em estado de decomposição, sendo este um dos maiores desafios na indústria aviária [Liu and Ngadi 2013, Mahdi Ghaderia and Masoudib 2018].

A fertilidade em ovos de produção é bastante variável, assim como a taxa de eclosão [EMBREX 2007]. A análise de fertilidade e/ou mortalidade do embrião dentro do ovo afeta diretamente os custos do processo produtivo de frangos de corte, pois ovos que não irão eclodir, se retirados do incubatório, diminuem custos de cuidados com ovos que não são viáveis, além de otimizar a utilização do espaço e aumentar a produção. Ademais, retirando do sistema ovos em processo de decomposição, nos quais a presença de microrganismos é elevada, é possível prevenir infecções em ovos fertilizados, reduzindo a probabilidade de perdas na produção [Galindo 2005].

Reconhecer os ovos viáveis também auxilia na aplicação de injeções, que podem objetivar tanto evitar infecções – utilização de vacinas e medicamentos – quanto para aumentar a viabilidade dos embriões – suplementação nutricional [EMBREX 2007]. Ao se aplicar a injeção somente em ovos fertilizados elimina-se o desperdício e otimiza-se o processo produtivo.

Atualmente há uma tendência mundial em abolir o uso de antibióticos e medicamentos em sistemas agropecuários devido à resistência microbiana [Embrapa 2018]. Uma forma de reduzir custos e prevenir perdas na produção por adoecimento e mortalidade de frangos é a imunização durante o período incubatório, ou seja, *in-ovo* [Abdul-Cader et al. 2018].

A vacinação *in-ovo* é uma técnica utilizada desde a década de 1980 onde os embriões são imunizados ainda dentro do ovo, a partir do 18º dia de desenvolvimento, objetivando prevenir doenças com as quais o frango poderá entrar em contato no ambiente. Já existem vacinas disponibilizadas no mercado para prevenção das seguintes doenças: bronquite infecciosa, laringotraqueite infecciosa, doença de Newcastle, doença de Marek e gripe aviária [Abdul-Cader et al. 2018]. Entre as vantagens na utilização da imunização *in-ovo* temos a redução do estresse nas aves, que não precisam ser manipuladas e contidas para imunização, a garantia de uniformidade na aplicação das vacinas, o fato de que a estimulação precoce do sistema imune de aves oferece maior proteção contra patógenos ambientais e, por fim, a possibilidade de automatização do processo.

O processo de imunização *in-ovo* exige a análise dos ovos para que a vacina seja aplicada somente naqueles fertilizados. Uma técnica amplamente empregada para tal tarefa é a ovoscopia, que corresponde a uma avaliação visual de cada ovo empregando iluminação adequada. Apesar do volume de inspeção demandado pela indústria, observa-se que este tipo de avaliação ainda é realizada predominantemente de forma manual. Apesar de existirem soluções automatizadas de inspeção, o custo ainda é proibitivo para pequenos produtores, dificultando a aderência de tal tecnologia. Ainda, trabalhos acadêmicos que abordam a inspeção automatizada de ovos combinando ovoscopia e processamento de imagens não apresentam soluções aderentes a pequenos produtores em função do custo dos equipamentos, ou mesmo não consideram cenários práticos de

aquisição e avaliação.

Diante de tal cenário, é descrito no presente trabalho o desenvolvimento de um sistema de baixo custo para seleção de ovos voltado à vacinação *In-ovo* empregando técnicas de visão computacional. Na Seção 2 é realizada uma descrição da técnica de ovoscopia, assim como de sistemas correlatos. Na Seção 3 é descrito o sistema proposto. Na Seção 4 são apresentados os resultados experimentais na utilização do sistema. Por sua vez, na Seção 5 são feitas as conclusões finais do trabalho.

2. Classificação de Ovos Através da Ovoscopia

Várias abordagens podem ser utilizadas na classificação ou identificação de defeitos em ovos, incluindo técnicas ópticas, mecânicas, elétricas ou acústicas. Dentre estas, um processo amplamente utilizado na indústria aviária é a ovoscopia [Ribeiro et al. 2010, Liu and Ngadi 2013]. Esta técnica consiste na avaliação dos ovos fazendo-se uso de um sistema de iluminação de alta intensidade, com o qual destacam-se detalhes da casca dos ovos e do interior destes. Diferente de outras técnicas existentes, a ovoscopia pode ser utilizada para diversas análises, incluindo a determinação da qualidade externa e observação de características internas do ovo [Gorbunova et al. 2017, Ma et al. 2017].

Uma proposta apresentada recentemente por Ghaderi et al. (2018) envolve o uso de propriedades dielétricas para identificação de fertilidade em ovos devido a variações de condutividade dos componentes albúmen e gema de ovos fertilizados e não fertilizados. Porém, sistemas de processamento de imagens obtidas por ovoscopia apresentam resultados de acurácia igual ou maior em relação à avaliação de propriedades dielétricas [Hashemzadeh and Farajzadeh 2016].

Embora o uso de ovoscópios seja bem difundido e estudos relativos à automatização desse processo estejam em desenvolvimento, a seleção de ovos ainda é predominantemente realizada de forma manual [Gorbunova et al. 2017], situação encontrada na maioria das indústrias no Brasil. Neste cenário, os trabalhadores observam os ovos distribuídos em bandejas e fazem a seleção daqueles que serão retirados durante grande parte do dia [Ribeiro et al. 2010], o que é uma atividade extremamente laboriosa e desgastante. Estudos demonstram que, dentro do setor agropecuário mundial, a indústria de produção de ovos é aquela onde mais se registram problemas de saúde ocupacional [Autenrieth et al. 2016].

Além do prejuízo à saúde dos trabalhadores, a crescente busca pelo consumo de produtos de alta qualidade e padrão de segurança alimentar tem impulsionado a utilização de novas abordagens que ofereçam resultados rápidos, objetivos e acurados. Sistemas de visão vêm sendo amplamente estudados para aplicação na indústria agropecuária objetivando automação de diversos processos de controle de qualidade dos alimentos [Patel et al. 2012]. Estes sistemas integram tecnologias da área eletro-mecânica (hardware), instrumentação ótica (iluminação e aquisição de imagem) e processamento computacional de imagens (software). Sua utilização tem trazido vantagens como alta velocidade de resposta e acurácia, provendo análises com elevada flexibilidade e repetibilidade principalmente na indústria.

Como ocorre em outras aplicações, a análise de imagens vem sendo estudada e desenvolvida com o objetivo de classificar ovos. Nestes trabalhos, a técnica de iluminação

empregada na ovoscopia é combinada a equipamentos de aquisição de imagens. Em seguida, diferentes técnicas de processamento de imagens e classificadores são aplicadas para avaliação de contraste e de análise de cor com diferentes objetivos.

Deteção de defeitos nas cascas, como sujeira e rachaduras, foi implementada por Garcia-Alegre et al. (2000) através de um sistema de visão que avalia imagens a partir de diferenciação de cores. A qualidade de ovos dada por características da casca e formato do ovo foi analisada por Gorbunova et al. (2017) através de espectrofotometria. A presença de sujeira, manchas de sangue e trincas nas cascas pode ser avaliada por meio de segmentação das imagens, conforme de Fátima dos Santos et al. (2013). Shan (2010) avaliou a fertilidade de ovos a partir da contagem de vasos sanguíneos utilizando operações morfológicas em imagens adquiridas por transformação *Top-Hat* e *Bottom-Hat*. O sistema desenvolvido por Zhu e Ma (2011) é bastante robusto, porém necessita de alta capacidade de processamento. Os autores utilizaram a técnica de máquinas de vetores de suporte por mínimos quadrados (LS-SVM) para avaliar o padrão de cor na região de localização da gema nos ovos. Bhuvaneshwari e Palanivelu (2015) avaliaram a altura e diâmetro da gema em imagem binarizada em escala de cinza. Foi, então, adotado um valor padronizado de limiar das dimensões da gema em ovos fertilizados para comparação dos resultados obtidos no sistema. No sistema apresentado por Hashemzadeh e Farajzadeh (2016) o processamento das imagens se deu pela conversão da imagem adquirida em RGB para escalas de cinza e posterior avaliação de contraste. Wei Xu et al. (2017) utilizaram máquina de vetores para aprendizado de máquinas como forma de avaliação das imagens adquiridas em RGB através de parâmetros de tonalidade, brilho e saturação. Taxas de acerto nestes estudos variam de 82% a 92%.

No que se refere à aquisição, comumente são empregados sistemas constituídos por equipamentos de alto custo, como sensores multiespectrais [Liu and Ngadi 2013, Zhu and Ma 2011] ou câmeras industriais [Santos et al. 2013]. Além disso, a maioria dos trabalhos não trata de aspectos importantes que possibilitem cenários práticos de aquisição e avaliação, como a análise simultânea de múltiplos ovos em apenas uma imagem capturada. Em tais trabalhos, a aquisição utilizada na avaliação é realizada em cenário de laboratório, onde cada ovo é apresentado ao sistema manualmente e individualmente [Liu and Ngadi 2013, Zhu and Ma 2011, wei Xu et al. 2017, Shan 2010]. Os poucos trabalhos em que a aquisição é feita em linha de produção empregam esteiras deslizantes ou plataformas mecanizadas que somente são viáveis para grandes produtores [Santos et al. 2013, Garcia-Alegre et al. 2000].

3. Descrição do Sistema Desenvolvido

A principal motivação para o desenvolvimento do sistema descrito é fornecer uma ferramenta de projeto e código aberto para realizar uma classificação de ovos. Tal classificação deve orientar o processo de vacinação *in-ovo*, evitando assim que ovos não fertilizados sejam vacinados e, conseqüentemente, evitando desperdício.

Adicionalmente, visto que tal solução é direcionada a pequenos e médios produtores, características como facilidade de reconfiguração e adaptação, ferramentas abertas e facilidade de uso do sistema representaram um aspecto importante observado no desenvolvimento do trabalho.

Com base nessas considerações, o desenvolvimento do sistema foi guiado pelos

seguintes requisitos funcionais e não funcionais:

1. O sistema deve realizar a classificação de ovos como fertilizados ou não fertilizados;
2. O sistema deve realizar a aquisição e análise de vários ovos simultaneamente;
3. O sistema deve ser implementado empregando componentes de baixo custo;
4. O sistema deve ser implementado empregando tecnologias de código aberto;
5. O sistema deve ser de fácil utilização.

Na Figura 1 é apresentada a arquitetura simplificada do sistema proposto. A disposição construtiva utiliza características comumente empregadas em ovoscópios convencionais que utilizam uma câmara escura. Uma estrutura mecânica na forma de uma câmara e uma bandeja móvel são utilizadas, de forma que seja possível posicionar e adquirir imagens de vários ovos ao mesmo tempo. Nesta estrutura são instalados um conjunto de iluminação composto por leds de alta luminosidade e uma câmera. Os ovos são posicionados no aparato na bandeja, que é inserida entre o sistema de iluminação e a câmera. O fundo da bandeja e a base de suporte são vazados na posição onde fica localizado cada ovo. Da mesma forma, a localização dos leds que compõe o sistema de iluminação coincidem com a posição de cada ovo. Assim, durante a aquisição é utilizada uma iluminação denominada de fundo, onde a luz emitida pelos leds atravessa o ovo e é propagada ao sensor da câmera.

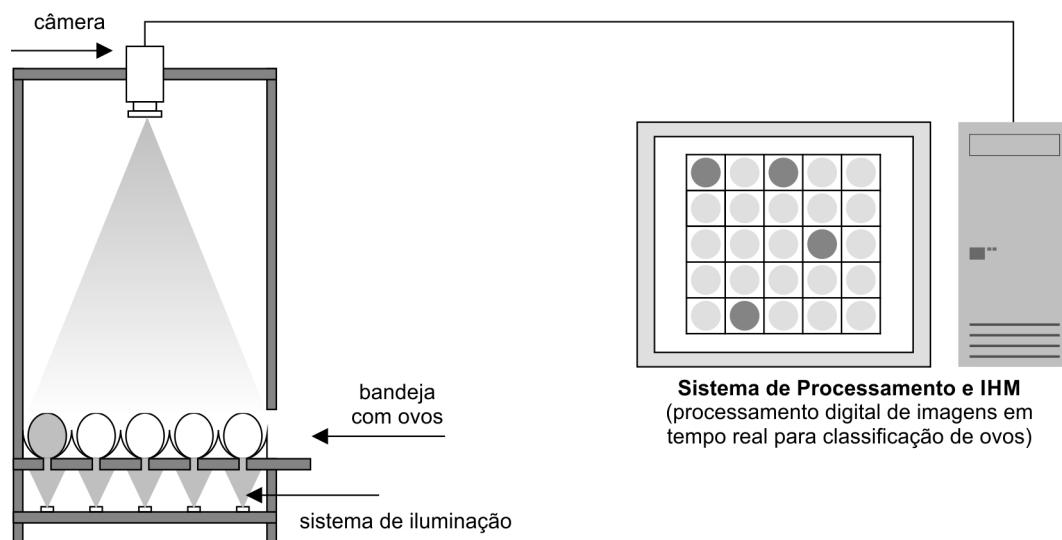


Figura 1. Arquitetura simplificada do sistema de classificação

Para cada bandeja de ovos é adquirida uma imagem, que é transmitida a um computador onde é realizado o processamento de imagens para fins de classificação. Como pode ser observado, a aquisição de imagens no aparato descrito é realizada de forma controlada no que se refere ao posicionamento e iluminação dos ovos. Desta forma, técnicas mais simples e mais rápidas podem ser empregadas no processamento das imagens. Na Figura 2 é apresentado o fluxo de processamento empregado na classificação dos ovos apresentados ao sistema.

O processamento é baseado no contraste de cor existente entre um ovo fertilizado e um ovo não fertilizado. Esta característica é enfatizada pelo sistema de iluminação

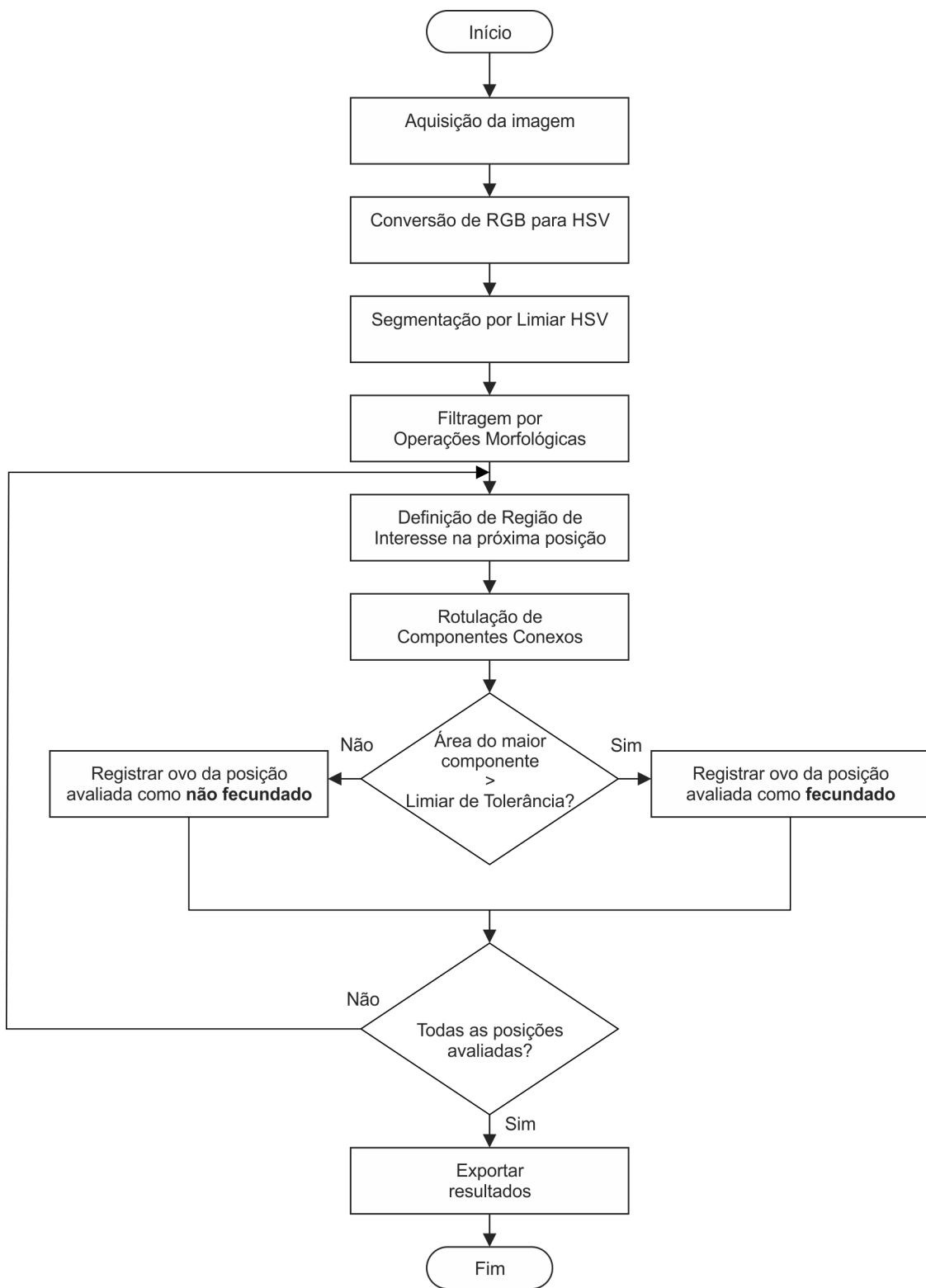


Figura 2. Fluxograma do processamento de imagens

empregado. Adquirida a imagem, é realizada uma conversão do modelo de cor RGB original para o modelo de cor HSV. Neste formato, menos susceptível a variações de iluminação, é realizada uma binarização da imagem em função de limiares mínimos e máximos em torno de um tom de cor que caracterize um ovo não fertilizado.

Em seguida, pequenos agrupamentos de pontos não desejados são eliminados através do uso combinado das operações morfológicas de erosão e dilatação, resultando em uma operação de abertura [Gonzalez and Woods 2006]. Com isso, pequenos componentes correspondentes a sujeira presentes nos ovos e que sejam desprezáveis são eliminados da imagem.

Os processamentos preliminares descritos são realizados sobre toda a imagem. A partir deste momento, é realizado o processamento em cada uma das regiões da imagem que correspondem a posições da bandeja. Para cada uma destas regiões de interesse, é realizada a rotulação de componentes conexos com o objetivo de encontrar manchas que representem um ovo fertilizado. Para isso, o algoritmo de rotulação de duas passadas é empregado, em que cada agrupamento de pontos conectado recebe como identificador um valor de intensidade diferente [Gonzalez and Woods 2006].

Para o caso de serem encontradas manchas, é calculada a área do maior componente, e esta é comparada a um limiar de tolerância. Caso este limiar seja ultrapassado, o ovo é considerado como fertilizado. Caso contrário, o ovo é considerado como não fertilizado. Este processo é repetido até que todos os ovos sejam avaliados. Ao final, uma matriz booleana é exportada para um arquivo de texto, contendo a presença ou ausência de um ovo fertilizado em cada uma das posições.

É importante observar que alguns parâmetros devem ser definidos em um momento de calibração em função do ambiente de operação, da iluminação empregada e da ampliação resultante do conjunto óptico utilizado. A calibração deve ser realizada sempre que estas condições forem alteradas, e pode ser realizada através da apresentação de ovos fertilizados e não fertilizados, identificando experimentalmente os limiares que melhor separem as duas categorias. Dentre eles, a faixa de valores mínimos e máximos no espaço de cor HSV que caracterizem a cor de um ovo fertilizado, o tamanho dos elementos estruturantes empregados nas operações morfológicas para eliminação de pequenas manchas e o limiar de tolerância de área de um componente conectado que caracteriza a presença de um ovo fertilizado.

4. Resultados Experimentais

Para avaliar os resultados obtidos com a solução proposta, descrita na Seção 3, foi implementado um protótipo composto por módulos de hardware e software. O protótipo é apresentado na Figura 3, incluindo a câmara escura utilizada na aquisição (a), o sistema integrado ao computador (b), e a tela do sistema no momento da apresentação do resultado da classificação (c).

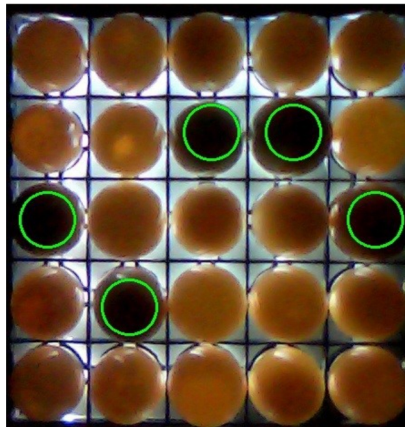
A câmara escura do protótipo foi construída em alumínio, utilizando perfis de 20 x 20 milímetros para a parte estrutural e chapas para as laterais, fundo e teto. No centro do teto, foi aberto um orifício para encaixe de câmera convencional de aquisição das imagens (Logitech C270). Para a afixação da câmera foi construído um suporte através de impressão 3D. No fundo foram fixados LEDs para realização da ovoscopia. A bandeja



a) Aparato de aquisição



b) Sistema integrado ao computador



c) Tela do software com a indicação de ovos fertilizados

Figura 3. Protótipo implementado

onde os ovos são expostos ao sistema tem formato de matriz 5x5, suportando 25 ovos. Na parte inferior da bandeja existem orifícios para passagem de luz logo abaixo de cada ovo.

Por sua vez, o módulo de software foi implementado de forma a realizar o processamento de imagens descrito pelo fluxograma apresentado na Figura 2. O programa foi escrito na Linguagem C++ fazendo uso da biblioteca de processamento de imagens OpenCv.

O sistema foi calibrado de modo a determinar os parâmetros sensíveis à variação de iluminação e ampliação da imagem. Dentre eles, os valores mínimos e máximos no espaço de cor HSV que caracterizam um ovo fertilizado ficaram como $(H = 0, S = 0, V = 0)$ e $(H = 180, S = 255, V = 30)$, respectivamente. O tamanho dos elementos estruturantes empregados nas operações morfológicas foi de 5 pontos. Já o valor mínimo da área de um componente conectado que caracteriza um ovo fertilizado foi definido como 750.

Para validar o sistema foram apresentadas 40 bandejas de ovos com 25 ovos distribuídos aleatoriamente, resultando em 40 imagens com 1000 ovos a serem classificados. Dos 1000 ovos apresentados 200 correspondiam a ovos fertilizados e 800 não fertilizados.

Na Figura 4 são apresentadas algumas imagens da base de teste criada.

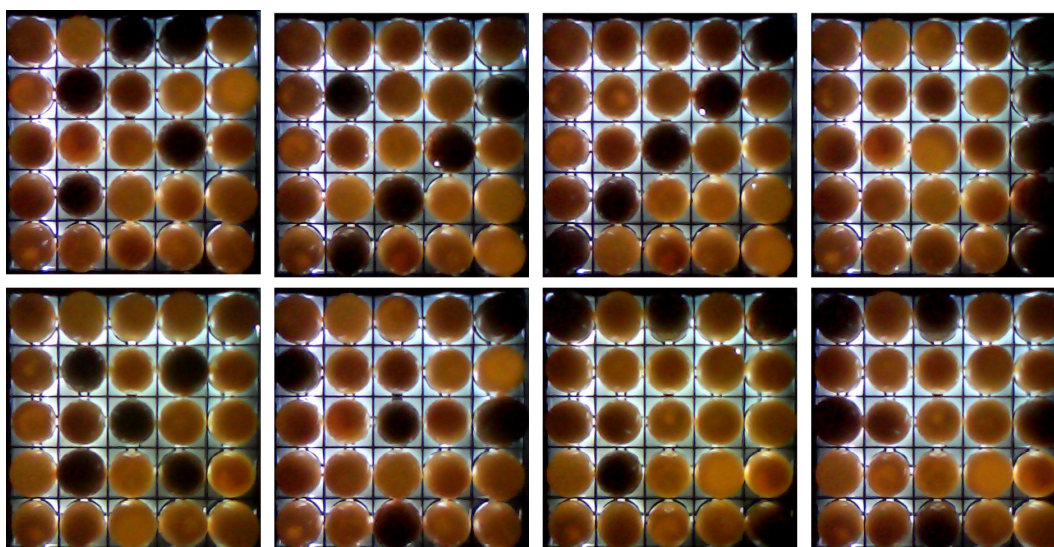


Figura 4. Exemplos de imagens da base de teste

Cada um dos ovos foi classificado por um operador como sendo *fertilizado* ou *não fertilizado*, e esta classificação foi utilizada como referência na avaliação dos resultados. Na tabela 1 é apresentada a matriz de confusão obtida pela comparação dos resultados atingidos pelo sistema com as classificações realizadas pelo especialista, onde os resultados de classificação possíveis são de ovos indicados como fertilizados que realmente são fertilizados (*Verdadeiros Positivos*), ovos indicados como não fertilizados que realmente não são fertilizados (*Verdadeiros Negativos*), ovos indicados como fertilizados que na realidade não são fertilizados (*Falsos Positivos*), e ovos indicados como não fertilizados que na verdade o são (*Falsos Negativos*).

Tabela 1. Matriz de Confusão

	Fertilizados	Não Fertilizados
Fertilizados	200	0
Não Fertilizados	0	800

Como pode ser observado, o sistema proposto se mostrou eficiente em relação aos demais trabalhos encontrados na literatura, visto que nenhum outro estudo chegou à acurácia de 100% observada nesse estudo. Os trabalhos correlatos na sua maioria trabalham com segmentação do limiar no modelo de cor RGB [Bhuvaneshwari and Palanivelu 2015, Hashemzadeh and Farajzadeh 2016, wei Xu et al. 2017], enquanto que o presente estudo opera com segmentação do limiar no modelo de cor HSV [Gonzalez and Woods 2006]. Uma vantagem deste modelo de cor é que nele são separadas as informações de cor da iluminação, permitindo a definição de limiares que favoreçam a seleção da cor dos ovos de maneira mais robusta frente a pequenas variações de iluminação. Ademais, a disposição construtiva utilizada neste estudo favorece o contraste, ao contrário daquelas utilizadas na literatura

[Bhuvaneshwari and Palanivelu 2015, Hashemzadeh and Farajzadeh 2016], o que pode estar relacionada à maior acurácia do sistema aqui discutido.

Ainda, diferente de trabalhos correlatos descritos na Seção 2 em que a aquisição simultânea de vários ovos não é tratada, ou ainda em que sistemas de alto custo como esteiras deslizantes são empregadas, apresentamos no presente trabalho uma solução com bom custo-benefício onde vários ovos são avaliados simultaneamente. Apesar de que a inserção e remoção dos ovos da bandeja ainda ocorra de forma manual, o sistema apresenta vantagem sobre os sistemas correlatos em que cada ovo é manualmente posicionado frente à câmera durante a aquisição, apresenta valor significativamente reduzido frente a sistemas transportadores industriais, e ainda apresenta melhor repetibilidade frente à inspeção convencional.

Na Tabela 2 são apresentados os tempos médios necessários ao processamento de cada bandeja. Para o processamento de todo o ciclo de inspeção foi obtido um tempo médio de 46,65ms em um computador com processador INTEL Core i7-4500U de 1.80 GHz e 8GB de memória RAM, sobre imagens de 640 X 480 pixels.

Tabela 2. Tempos médios de processamento

Etapa	Tempo (ms)
Aquisição	32,10
Processamento completo	14,55
Tempo total	46,65

Ao avaliarmos os tempos de processamento obtidos podemos verificar que o maior custo verificado diz respeito à aquisição, justamente pela utilização de uma câmera de baixo custo. Ainda assim, ao avaliarmos tais tempos frente ao domínio do problema, podemos verificar que a inspeção de um grande volume de ovos será possível caso o sistema apresentado fosse integrado a uma esteira para a movimentação das bandejas.

Outra característica relevante do sistema apresentado neste trabalho é sua modularidade e plataforma aberta. O custo da construção mecânica apresentada nesta Seção ficou abaixo dos \$200,00, e a construção do software se limitou a horas de programação visto que nenhuma ferramenta paga foi utilizada. Tal característica facilita a utilização do sistema proposto nos meios acadêmicos como forma didática de ensino na área de visão computacional e também estimula que demais estudos venham a ser realizados mesmo sem um aporte financeiro tão grande, o que viabiliza utilização em granjas de pequenos produtores.

De modo a auxiliar trabalhos futuros que tratem de inspeção automatizada de ovos, o código fonte, modelos e a base de imagens desenvolvidos e utilizados no presente trabalho estão disponíveis para livre utilização ¹.

5. Considerações Finais

No presente trabalho foi apresentado o desenvolvimento de um sistema de classificação de ovos voltado para a aplicação de vacinação *in-ovo*. As técnicas de processamento de

¹Código fonte e base de imagens: <http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/csi/sistema-ovoscopia>

imagens selecionadas, combinadas aos componentes empregados na criação dos componentes físicos do sistema, mostraram-se adequadas e efetivas para tal classificação. Os resultados alcançados demonstram a viabilidade em se utilizar da visão computacional para o desenvolvimento de soluções de inspeção e classificação com excelente custo-benefício, aderente a pequenos e médios produtores.

Em relação ao atendimento dos requisitos funcionais e não funcionais que orientaram o desenvolvimento da solução, todos foram atendidos. A combinação dos componentes de software e hardware permitiram classificar vários ovos simultaneamente como fertilizados ou não fertilizados, o sistema apresenta utilização simplificada, e os componentes selecionados como componentes mecânicos, câmera e iluminação com grande disponibilidade, além de bibliotecas de código aberto, permitiu compor um sistema de relativo baixo custo e de alta acurácia.

No sistema proposto, a fadiga visual do trabalhador é completamente eliminada, restando que este apenas insira e retire os ovos do equipamento. Embora o sistema não permita substituição completa do trabalho humano, o tamanho do aparato de obtenção de imagens permite alocação em pequenos espaços e análise de vários ovos em conjunto, podendo ser facilmente utilizado por produtores familiares.

Como perspectivas se pretende incluir outros tipos de análise ao sistema, como a presença de manchas, rachaduras, ou outros defeitos indesejados nos ovos. Ainda, esforço será direcionado no sentido de substituir o computador convencional, utilizado na versão corrente da solução, por plataformas compactas como ARM ou FPGA, que permitirão reduzir o tamanho e o custo final da ferramenta.

Agradecimentos

O presente trabalho recebeu apoio do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) através da disponibilização de bolsa de iniciação científica.

Referências

- Abdul-Cader, M. S., Palomino-Tapia, V., Amarasinghe, A., Hanaa Ahmed-Hassan, U. D. S. S., and Abdul-Careem, M. F. (2018). Hatchery vaccination against poultry viral diseases: Potential mechanisms and limitations. *Viral Immunology*, 31(1).
- Autenrieth, D. A., Brazile, W. J., Douphrate, D. I., Román-Muñiz, I. N., and Reynolds, S. J. (2016). Comparing occupational health and safety management system programming with injury rates in poultry production. *Journal of Agromedicine*, 21(4):364–372. PMID: 27409413.
- Bhuvaneshwari, M. and Palanivelu, L. M. (2015). Improvement in detection of chicken egg fertility using image processing techniques. *International Journal On Engineering Technology and Sciences*.
- Embrapa (2018). Central de inteligência de aves e suínos: estatísticas/desempenho da produção. Technical report, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- EMBREX (2007). Methods and apparatus for identifying live eggs. *US Patent WO/2007/016157*.
- Galindo, S. L. R. (2005). Embriodiagnos y ovoscopia. análisis y control de calidad de los huevos incubables. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*.

- Garcia-Alegre, M. C., Ribeiro, A., Guinea, D., and Cristobal, G. (2000). Eggshell defects detection based on color processing. In *Electronic Imaging*.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2006). *Digital Image Processing (3rd Edition)*. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA.
- Gorbunova, E. V., Chertov, A. N., Peretyagin, V. S., Korotaev, V. V., and Arbuzova, E. A. (2017). Express quality control of chicken eggs by machine vision. *Proceedings of Automated Visual Inspection and Machine Vision Spie Optical Metrology*.
- Hashemzadeh, M. and Farajzadeh, N. (2016). A machine vision system for detecting fertile eggs in the incubation industry. *International Journal of Computational Intelligence Systems*.
- Liu, L. and Ngadi, M. O. (2013). Detecting fertility and early embryo development of chicken eggs using near-infrared hyperspectral imaging. *Food Bioprocess Technol.*
- Ma, L., Sun, K., Tu, K., Pan, L., and Zhang, W. (2017). Identification of double-yolked duck egg using computer vision. *PLoS ONE*.
- Mahdi Ghaderia, A. B. and Masoudib, A. A. (2018). Using dielectric properties and intelligent methods in separating of hatching eggs during incubation. *Measurement*.
- Patel, K., Kar, A., Jha, S. N., and Khan, M. A. (2012). Machine vision system: A tool for quality inspection of food and agricultural products. *Journal of Food Science and Technology*.
- Ribeiro, R. R. M., Alcazar, A. E. B., da Silva, A. T., Pires, J. J. S. D. B., and da Rosa, P. M. (2010). O gerenciamento de processos, atividades e tarefas através do uso de indicadores de desempenho: um estudo de caso em um incubatório de ovos. In *Anais do XVII Congresso Brasileiro de Custos*.
- Santos, C. F., do Vale Nascimento, D., and dos Santos, J. C. M. (2013). A software for selection of eggs using digital image processing with customization between profits and quality. In *2013 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pages 1–7.
- Shan, B. (2010). Fertility detection of middle-stage hatching egg in vaccine production using machine vision. In *Second International Workshop on Education Technology and Computer Science*.
- Stefanello, C. (2011). Análise do sistema agroindustrial de ovos comerciais. *Revista Agrarian*, 4(14):375–382.
- wei Xu, Y., hui Chen, M., and chen Xie, T. (2017). Method for state recognition of egg embryo in vaccines production based on support vector machine. *International Conference on Test, Measurement and Computational Method*.
- Zhu, Z. and Ma, M. (2011). The identification of white fertile eggs prior to incubation based on machine vision and least square support vector machine. *African Journal of Agricultural Research*.