

## MÉTODO AUTOMÁTICO DE LIMIAZIZAÇÃO DE IMAGENS TÉRMICAS PARA DETECÇÃO DE MASTITE BOVINA

Rodes Angelo Batista da Silva<sup>1\*</sup>, João Paulo Silva do Monte Lima<sup>2</sup>, Héilton Pandorffi<sup>3</sup>, Gledson Luiz Pontes de Almeida<sup>4</sup>

<sup>1</sup>PPG em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI), UFRPE, Recife, PE, Autor correspondente: [rodesangel@gmail.com](mailto:rodesangel@gmail.com)

<sup>2</sup>Professor Adjunto do Departamento de Computação, UFRPE, Recife, PE

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI), UFRPE, Recife, PE

<sup>4</sup>Eng. Agrícola, Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI), UFRPE, Recife, PE

**RESUMO:** Tecnologias disruptivas possuem grande importância para o avanço da ciência animal. Objetivou-se com este estudo desenvolver algoritmo para segmentação por limiarização de imagens térmicas e classificação automática de quadros clínicos de mastite bovina, bem como a sua validação. A pesquisa foi realizada em duas unidades de produção de leite, localizada no município de Capoeiras e Pesqueira, PE. O total de amostras foram de 120 animais (40 animais saudáveis, 40 com mastite subclínica e 40 com mastite clínica). As imagens térmicas do úbere dos animais foram obtidas a partir de uma câmera termográfica por infravermelho nos enquadramentos anterolateral esquerdo, anterolateral direito, posterior e inferior. Para a segmentação automática das imagens foi desenvolvido um algoritmo em linguagem C++ utilizando a biblioteca OpenCV, para identificação da temperatura referente a cada pixel da imagem por interpolação pela técnica de limiarização e quantificação de pixels do intervalo analisado. Os animais saudáveis apresentaram 11.034 a 21.521 pixels. Animais com mastite subclínica apresentaram de 12.582 a 40.032. Animais com mastite clínica, variou de 45.223 a 49.451. O algoritmo para segmentação automática permitiu diferenciar as imagens dos animais saudáveis e com mastite subclínica e clínica. A rotina implementada para determinar a temperatura  $t$  de cada pixel da imagem foi coerente quando se comparou os resultados obtidos pelo *software* Flir Tools, com acurácia de 86,57%, sensibilidade de 83,45% e especificidade de 64,40% na classificação das imagens quanto ao quadro clínico dos animais.

**PALAVRAS-CHAVE:** análise de imagem, bovinocultura de leite, imagens térmicas

**ABSTRACT:** Disruptive technologies are of great importance for the advancement of animal science. The objective of this study is an algorithm to segment by thermal image thresholding and automatic classification of clinical pictures of bovine mastitis, as well as its validation. A research was carried out in two milk production units, located in the municipality of Capoeiras and Pesqueira, PE. The total samples were 120 animals (40 healthy animals, 40 with subclinical mastitis and 40 with clinical mastitis). As thermal images of the humerus, the animals were prevented from leaving an infrared thermographic camera in the left anterolateral, right anterolateral, posterior and inferior frames. For an automatic segmentation of images, an algorithm was developed in C ++ language using the OpenCV library, to identify the temperature referring to each pixel of the image through interpolation by the

technique of thresholding and quantification of pixels of the analyzed interval. The animals selected 11,034 to 21,521 pixels. Animals with subclinical mastitis described from 12,582 to 40,032. Animals with clinical mastitis ranged from 45,223 to 49,451. The automatic segmentation algorithm allowed to differentiate the images of healthy animals with subclinical and clinical mastitis. A routine implemented to determine the temperature of each pixel in the image was consistent when compared to the results of the Flir Tools software, with an accuracy of 86.57%, sensitivity of 83.45% and specificity of 64.40% in the classification of images regarding clinical picture of the animals.

**KEYWORDS:** image analysis, dairy cattle, thermal images

**INTRODUÇÃO:** A mastite é uma inflamação decorrente de patógenos contagiosos ou ambientais que colonizam o teto de vacas em período de lactação, que se apresenta de forma clínica e subclínica. Na forma clínica os sinais são perceptíveis, geralmente sensibilidade ao toque no úbere e alterações nas características do leite. Na forma subclínica, os sinais são imperceptíveis e sua detecção pode ser realizada por testes práticos de campo ou laboratoriais (SÁ et al., 2018).

A partir da obtenção de uma imagem digital, por meio da visão computacional, é possível extrair informações por protocolos de operações e/ou transformações, que pode resultar numa nova representação da imagem até a obtenção de sinais e padrões que auxiliam no processo de tomada de decisão. Estudo como o de Shaikh et al. (2016) utilizou segmentação de imagens térmicas com ênfase no diagnóstico precoce de doenças, com obtenção de resultados satisfatórios.

Dessa forma, objetivou-se com este estudo desenvolver algoritmo para segmentação por limiarização de imagens térmicas e classificação automática de quadros clínicos de mastite bovina, bem como a sua validação.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A pesquisa foi realizada em duas unidades de produção de leite, localizada no município de Capoeiras e Pesqueira, PE. A condição clínica dos animais foi estabelecida pelo *California Mastitis Test* (CMT), antes da ordenha (depois do descarte dos primeiros jatos de leite), pois, nesse momento o teor de gordura do leite é baixo e não interfere nos resultados visuais de escore do CMT. Para a detecção dos casos de mastite clínica foi realizado o teste da caneca de fundo preto. As imagens térmicas do úbere dos animais foram obtidas a partir de uma câmera termográfica por infravermelho, com resolução de 0,01 °C, distância focal de 1,0 m e emissividade ajustada para 0,98 (DIGIOVANI et al., 2016). As imagens foram registradas no turno da manhã, antes da primeira ordenha dos animais, entre às 05 e 07h00, no enquadramento anterolateral esquerdo, anterolateral direito, posterior e inferior, quatro imagens por animal, totalizando 460 imagens térmicas para análise de seus respectivos quartos mamários (Figura 1).

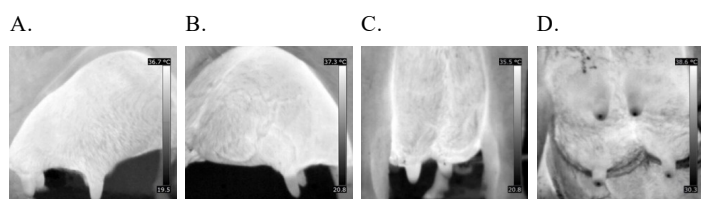


FIGURA 1. Imagens térmicas em escala de cinza (8 bits) para os enquadramentos anterolateral direito (A), esquerdo (B), posterior (C) e inferior (D)

Para a segmentação automática das imagens foi desenvolvido um algoritmo em linguagem C++ utilizando a biblioteca Open Source Computer Vision Library, que é uma biblioteca multiplataforma utilizada para processamento de imagens. Este algoritmo tem por objetivo encontrar a temperatura referente a cada pixel da imagem através de interpolação (Eq. 1).

$$t = \frac{t_{max}-t_{min}}{255} * C + t_{min} \quad (1)$$

em que: t – limiar (°C); t<sub>max</sub> – intervalo máximo de temperatura na imagem (°C); t<sub>min</sub> – intervalo mínimo de temperatura na imagem (°C); C – (t<sub>med</sub> - t<sub>min</sub>) / ((t<sub>max</sub> - t<sub>min</sub>) / 255.0).

Para validação do algoritmo foram realizadas comparações entre as temperaturas obtidas através do algoritmo com os resultados obtidos pelo software FlirTools. Também foi utilizada função *CountNonZero* para contar elementos zero da matriz. Na avaliação dos resultados obtidos pelo algoritmo de segmentação foram utilizadas as medidas de acurácia, sensibilidade e especificidade segundo Borchart (2013).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A segmentação das imagens para os diferentes quadros clínicos permitiu determinar a área referente aos pixels 0 (intervalo mais quente nas imagens) com o objetivo de diferenciar imagens dos animais saudáveis, com mastite subclínica e clínica, por meio da função *CountNonZero* do OpenCV (Figura 2)

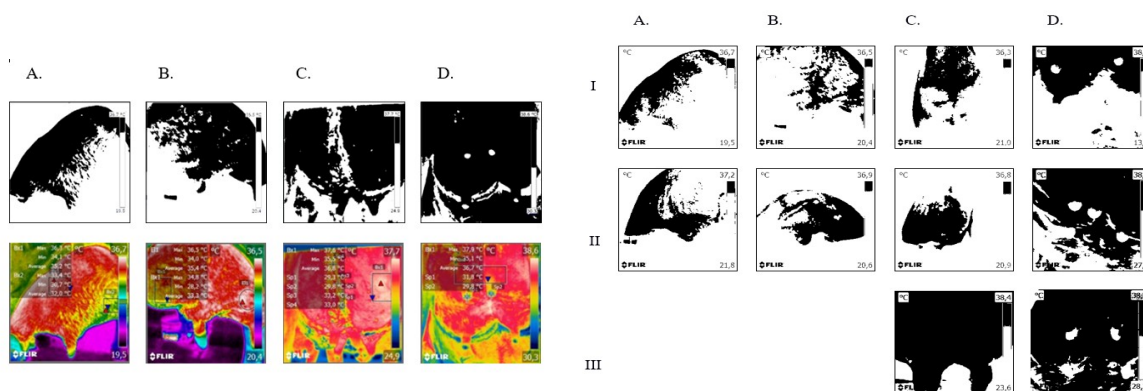


FIGURA 2. Resultado da segmentação com base na temperatura t = 34 °C para os animais saudáveis (AI,BI,CI,DI), com mastite subclínica (AII,BII,CII,DII) e clínica (CIII, DIII).

Os animais saudáveis apresentaram variação de 11.034 a 13.570 pixels acima do limiar para os quartos posteriores (Figura 2CI), 12.940 a 13.113 para anterolaterais direitos (Figura 2BI), 10.345 a 11.279 para os anterolaterais esquerdos (Figura 2AI) e para os inferiores 20.345 a

21.521 (Figura 2DI). Esses valores correspondem de 19,15 a 37,36% do total de pixels da imagem (240x240).

Para o quadro de mastite subclínica verificou-se variação de 12.582 a 15.678 pixels nos enquadramentos posteriores (Figura 2CII), 13.433 a 14.567 para enquadramentos anterolaterais direitos (Figura 2BII), 13.456 a 14.532 para os anterolaterais esquerdos (Figura 2AII), 38.791 a 40.032 para o enquadramento inferior (Figura 2DII). A representação percentual variou de 21,84 a 69,5% do total de pixels (57.600).

Os animais com mastite clínica, a média de pixels variou de 45.223 a 46.487 para os enquadramentos posteriores (Figura 2CIII). Para os enquadramentos inferiores variou de 48.824 a 49.451 (Figura 2DIII). A representação percentual variou de 78,5 a 85,85% do total de pixels.

Estudos como o de Pezeshki et al. (2011) notaram que a variação da dinâmica inflamatória da mastite, utilizando a termografia, ocorreu na temperatura da superfície da pele do úbere de 2 a 3°C. Para Polat et al. (2010) quartos com mastite subclínica tiveram temperatura superficial 2,35°C superior aos quartos saudáveis.

Os critérios de validação da técnica de limiarização apresentaram acurácia de 86,57%, sensibilidade de 83,45% e especificidade de 60,4 %, sendo que os fatores que mais influenciaram na diferenciação das imagens com base no quadro clínico foram o ângulo de obtenção das imagens, o posicionamento do operador e a influência do ambiente.

**CONCLUSÃO:** O algoritmo para segmentação automática por limiarização identificou a temperatura de cada pixel, o que permitiu a classificação e validação do quadro clínico de mastite em bovinos de leite.

## REFERÊNCIAS:

PEZESHKI, A.; STORDEUR, P.; WALLEMACQ, H.; SCHYNTS, F.; STEVENS, M.; BOUTET, P.; PEELMAN, L.J.; SPIEGELEER, B.; DUCHATEAU, L., BUREAU, F.; BURVENICH, C. Variation of inflammatory dynamics and mediators in primiparous cows after intramammary challenge with *Escherichia coli*. **Veterinary Research**, v.42, n.15, 2011.

POLAT, B.; COLAK, A.; CENGIZ, M.; YANMAZ, L.E.; ORAL, H.; BASTAN, A.; KAYA, S.; HAYIRLI, A. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.93, n.8, p. 3525-3532. 2010.

DIGIOVANI, D.B.; BORGES, M.H.F.; GALDIOLI, V.H.G.; MATIAS, B.F.; BERNARDO, G.M., SILVA, T.R.; FÁVARO, P.C.; JÚNIOR, F.A.B.; LOPES, F.G.; JÚNIOR, C.K.; RIBEIRO, E.L.A. Infrared thermography as diagnostic tool for bovine subclinical mastitis detection. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.10, n.4, p. 685-692, 2016.

SHAIKH. S.; MANZA, R.; HANUMANT, G.; KALE, K. Segmentation of Thermal Images Using Thresholding-Based Methods for Detection of Malignant Tumours, **International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications**, v.530, p.131-146, 2016.

SÁ, J.P.N.; FIGUEIREDO, C.H.A.; NETO, O.L.S.; ROBERTO, S.B.A.; GADELHA, H.S.; ALENCAR, M.C.B. Os principais microorganismos causadores da mastite bovina e suas consequências na cadeia produtiva de leite. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v.12, n.1, p.01- 13, 2018.