

DIMENSÃO FRACTAL DE IMAGENS INFRAVERMELHAS POR MEIO DO MÉTODO BOX-COUNTING

SILVA, RAB¹, DUARTE-NETO, P.², PANDORFI, H.³, ALMEIDA, GLS.⁴

¹PPG em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI), UFRPE, Recife, PE, FONE: (81) 995198500, rodesangel@gmail.com

²Eng. de Pesca, Prof. Adjunto, Departamento de Estatística e Informática (DEINFO), UFRPE, Recife, PE.

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

⁴Eng. Agrícola, Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola/UFRPE, Recife, PE

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: A mastite é uma doença de grande importância na pecuária leiteira mundial pois provoca grandes perdas econômicas e compromete a qualidade do produto final. Uma das formas de diminuir esse índice é a detecção precoce da doença. Objetivou-se com esse estudo aplicar o método *box-counting* em um conjunto de imagens termográficas pré-selecionadas dos quartos mamários de vacas em lactação com ênfase na diferenciação de animais saudáveis de animais com mastite subclínica e clínica, por meio da dimensão fractal (DF). O estudo foi realizado na Fazenda Roçadinho em Capoeiras/PE e contou com vacas Girolando. As imagens térmicas foram obtidas a partir de uma câmera termográfica por infravermelho (FLIR E60) com resolução de 0,01°C a 1,0 m de distância do animal com coeficiente de emissão 0,97. Verificou-se através dos gráficos que imagens dos quartos de vacas saudáveis possuem dimensão fractal menor do que os quartos de vacas com mastite subclínica e clínica. É possível observar também que as imagens dos quartos dos animais diagnosticados como saudáveis através do California Mastitis test apresentam valores próximos a $1,79 \pm 0,08$. Por outro lado, os animais diagnosticados com mastite subclínica e clínica apresentaram valores de DF por volta de $1,98 \pm 0,2$. O método box-counting foi eficiente na interpretação de imagens termográficas neste estudo.

PALAVRAS-CHAVE: análise de imagem, mastite bovina, qualidade do leite

FRactal Dimension of Infrared Images by Box-Counting Method

ABSTRACT: Mastitis is a disease of great importance in the world dairy farming because it causes great economic losses and compromises the quality of the final product. One of the ways to decrease this index is the early detection of the disease. The objective of this study was to apply the box-counting method to a set of pre-selected thermographic images of lactating cows' mammary quarters with emphasis on the differentiation of healthy animals from subclinical and clinical mastitis by means of the fractal dimension (DF). The study was carried out at the Roçadinho Farm in Capoeiras / PE and counted on Girolando cows. The thermal images were obtained from an infrared thermographic camera (FLIR E60) with resolution of 0.01°C to 1.0 m distance from the animal with emission coefficient 0.97. It was verified through the graphs that images of healthy cows' rooms have a smaller fractal dimension than cows with subclinical and clinical mastitis. It is also possible to observe that the images of the rooms of the animals diagnosed as healthy through the California Mastitis test present values close to 1.79 ± 0.08 . On the other hand, the animals diagnosed with subclinical and clinical mastitis had DF values around 1.98 ± 0.2 . The box-counting method was efficient in the interpretation of thermographic images in this study.

KEYWORDS: image analysis, bovine mastitis, milk quality.

INTRODUÇÃO: Na geometria clássica, o conceito de dimensão mais comumente utilizado é o euclidiano (2D e 3D). Existem, contudo, figuras geométricas irregulares que não podem ser caracterizadas por dimensões inteiras. Nesse caso, surge a geometria fractal como uma maneira de analisar quantitativamente essas figuras complexas. O termo é derivado do latim fractais, e foi utilizado pela primeira vez pelo matemático francês Benoit Mandelbrot, por volta dos anos 70 (JÚNIOR et. al, 2014).

O termo análise de complexidade está ligado a análise de certas características presentes em uma imagem através de metodologias baseadas na dimensão fractal. Essas características são forma, área ocupada, irregularidade da ocupação do espaço, distribuição, organização dos pixels e homogeneidade da textura (BAKES, 2010).

A variável mais frequentemente utilizada na análise fractal é a dimensão fractal. Esta dimensão define-se à custa do declive de uma reta, no gráfico que correlaciona o grau de ocupação do espaço com as diferentes escalas dimensionais a que é analisado, revelando o nível de regularidade de um objeto entre as diferentes escalas espaciais (BOSE et.al., 2015).

A mastite é uma doença que causa grandes perdas na pecuária leiteira mundial, tanto pelos altos custos empregados nos tratamentos dos animais quanto pela depreciação do produto, diminuindo sua qualidade. Uma das formas de diminuir esse índice é a detecção precoce da doença em seu estágio inicial. Neste contexto, objetivou-se com esse estudo aplicar o método *box-counting* em um conjunto de imagens termográficas pré-selecionadas dos quartos mamários de vacas em período de lactação buscando diferenciar, através da dimensão fractal animais saudáveis de animais com mastite

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado em uma propriedade comercial de produção de leite, Fazenda Roçadinho, no município de Capoeiras localizado na Mesorregião Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco. O local situa-se na latitude de 8° 36' 33" S, longitude de 36° 37' 30" W e altitude de 733 m.

A precipitação pluviométrica média da região é de 588 mm por ano com temperatura média anual de 22,1 °C . De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como Bsh, semi árido (BARROS, 1998).

A seleção dos animais do estudo contou com vacas Girolando de mesma ordem de parto, estágio de lactação, idade, peso, escore corporal, produção, grau sanguíneo, sendo, então, monitoradas para obtenção de imagens térmicas do úbere. A quantidade de amostras foi determinada de acordo com os critérios de seleção, 11 animais, sendo 5 animais saudáveis e 3 com mastite subclínica e 3 com mastite clínica, nas posições anterolateral esquerda, anterolateral direita e posterior do úbere, totalizando 33 imagens, obtidas a partir de uma câmera térmica por infravermelho (FLIR E60), resolução de 0,01°C a 1,0 m de distância do animal e emissividade ajustada para 0,97, conforme utilizado por Digiovani et al (2016).

As imagens do úbere dos animais foram registradas antes da primeira ordenha do dia entre as 5 e 7h00. Assim, foram realizadas imagens térmicas por infravermelho (TI) da superfície do úbere, concomitante a realização do Califórnia Mastitis Test (CMT) de cada quarto do úbere, para a classificação dos animais em saudáveis e àqueles com mastite subclínica (Figura 1).

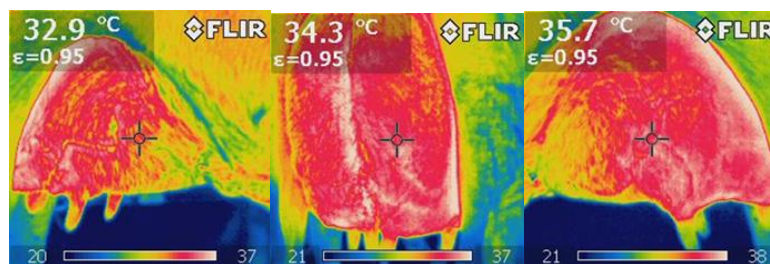


Figura 1: Imagens anterolateral direita, posterior, anterolateral esquerda

As temperatura do ar, da condição de entorno e a umidade relativa do ar no momento do registro das imagens foram obtidas por um datalogger modelo HOBO U12-12. As imagens foram posteriormente ajustadas por meio do programa computacional Flir QuickReport®.

O método *box-counting* utilizado neste trabalho, para realização dos cálculos para a determinação da dimensão fractal das imagens, foi empregado por meio do plugin FRACLAC, implementado no IMAGE J, . que é um software utilizado para o processamento e análise de imagens, desenvolvido por Wayne Rasband no National Institute of Mental Health, USA, em linguagem Java.

O limiar para a segmentação adotado foi a variação da temperatura da superfície do úbere em seus respectivos quartos mamários, definidos nos parâmetros das imagens térmicas (regiões de maior temperatura).

Com base nesses parâmetros o limiar foi selecionado manualmente de modo que não ultrapassasse a área da região de interesse conhecida. Neste estudotrabalho o número de caixas utilizadas para determinação da dimensão fractal foram 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As dimensões fractais foram obtidas através do algoritmo para o cálculo dessa dimensão que considera uma imagem coberta por um conjunto de quadrados, e calcula o número de quadrados necessários para cobrir toda a figura que é representado por $N(s)$, sendo s a escala, ou seja, número de vezes que o lado da imagem será dividido. A dimensão fractal será o coeficiente angular do diagrama $\text{Log } N(s)/ \text{log } (1/s)$ (Gráfico 1)

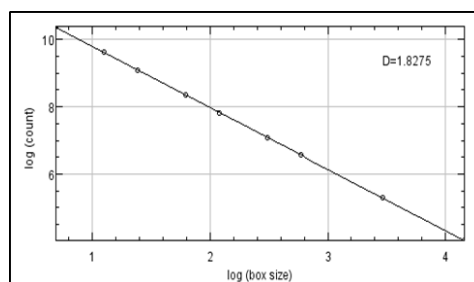
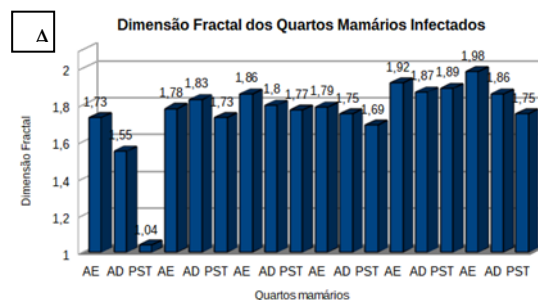
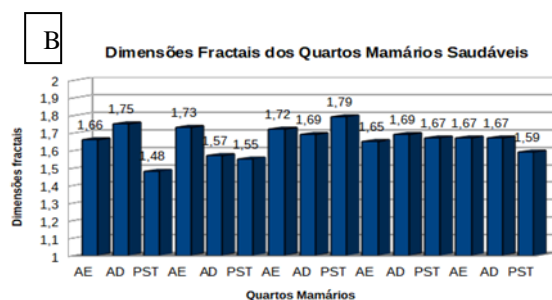


Gráfico 1: Gráfico da dimensão fractal obtido através do Software Image J

Os valores das dimensões fractais obtidas a partir das áreas interesse da imagem do úbere dos animais saudáveis e com mastite subclínica e clínica foram representados na Figura 3 A e B.. Observa-se que as imagens referentes aos animais saudáveis tiveram uma dimensão fractal menor (máximo de $1,79 \pm 0,08$) do que as imagens referentes aos animais com mastite clínica e subclínica (máximo de $1,98 \pm 0,2$) sem levar em consideração os quartos mamários. Os valores de dimensão fractal para os quartos positivos para mastite subclínica e clínica foram maiores do que os negativos. Isso acontece porque, nas imagens dos animais cujos casos são de mastite clínica e subclínica a região de interesse se encontra mais bem distribuída pela imagem. Isso causou uma maior ocorrência de boxes ocupados para esta imagem. No gráfico 2, os quartos posteriores apresentaram valores menores do que os quartos anterolateral esquerdo e direito. No entanto, para os quartos cujo CMT foi positivo a dimensão fractal foi maior, como é o caso dos quartos anterolaterais esquerdos.





Gráficos 2: Dimensões fractais para as imagens térmicas anterolateral esquerda (AE), posterior (PST) e anterolateral direita (AD) dos animais saudáveis (A) e com mastite subclínica (B)

Analisando as medidas de dispersão como o desvio padrão e o coeficiente de variação para os animais saudáveis, foram encontrados desvio padrão variando de 0,03 a 0,12 e o coeficiente de variação entre 2,16 e 7,28% o que indica baixa dispersão dos dados. Para os animais com mastite subclínica o maior desvio padrão foi de 0,35 para os quartos posteriores e coeficiente de variação de 22,25%, indicando uma dispersão média dos dados e o menor valor para os quartos anteriores esquerdos (0,05 e 2,99%). Os animais com mastite clínica tiveram baixa dispersão dos dados. Desvio padrão entre 0,007 e 0,09 e o máximo coeficiente de variação foi de 5,44%. De acordo com a classificação do coeficiente de variação (CV), proposta por Warrick & Nielsen (1980): baixo CV (< 12), CV médio (12 a 24%) e CV alto (> 24%).

CONCLUSÕES: A aplicação do método box-counting no conjunto de imagens termográficas dos quartos mamários de vacas em período de lactação, mostrou-se eficiente na diferenciação da dimensão fractal das imagens do úbere de animais saudáveis e de animais com mastite na fase clínica e subclínica da infecção.

REFERÊNCIAS:

BONFIM, D. M.; DE CASTRO, L. Síntese computacional de fenômenos naturais: geometria fractal e vida artificial parte 2: síntese de formas. Cadernos de História da Ciência, v. 2, n. 2, p. 77-100, 2006.

Bose P, Brockton NT, Guggisberg K, Nakoneshny SC, Kornaga E, Klimowicz AC, et al. Fractal analysis of nuclear histology integrates tumor and stromal features into a single prognostic factor of the oral cancer microenvironment. BMC cancer. 2015;15:409.

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 out-dez (2016).

JÚNIOR, E.S.G; OLIVEIRA, F.B.S; AMBRÓSIO, P.E. Utilizando box-counting para calcular a dimensão fractal de nódulos mamários. XXIV Congresso de Engenharia Biomédica – CBEB, 2014. Disponível em: < http://www.canal6.com.br/cbeb/2014/artigos/cbeb2014_submission_125.pdf> Acesso em 30/03/2018.

MANDELBROT, B. The fractal geometry of nature. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1983.

VOSS, R. F. Fractals in nature: from characterization to simulation. In: PEITGEN, H. O.; SAUPE, D. The Science of Fractal Images. New York: Springer-Verlag, 1988. p. 21-29.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. Environmental soil physics. New York: Academic, 1998. p.655-675.