

**Análise de associação entre imagens termográficas e diagnóstico de mastite**

/

**Analysis of association between thermographic images and diagnosis of mastitis**

DOI:10.34119/bjhrv5n2-004

Recebimento dos originais: 15/02/2022

Aceitação para publicação: 02/03/2022

**Elisa de Souza Junqueira Rezende**

Doutora pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP (FEAGRI)

Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000

E-mail: elisasjrezende@yahoo.com.br

**Daniella Jorge de Moura**

Doutora pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP (FEAGRI)

Instituição: Universidade Estadual de Campinas

Endereço: Av. Cândido Rondon, 501, Cidade Universitária - Campinas, SP, CEP: 13083-875

E-mail: daniella.moura@feagri.unicamp.br

**José Luiz de Andrade Rezende Pereira**

Doutor pela Universidade Federal de Lavras - UFLA

Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000

E-mail: joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br

**Marcelo Araújo Junqueira Ferraz**

Engenheiro Agrônomo, pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Instituição: Mestrando na Universidade Federal de Lavras - UFLA

Endereço: Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário - Lavras, MG  
CEP: 37200-900

E-mail: harasmjf@gmail.com

**Gabriel Araújo Junqueira Ferraz**

Graduando Engenharia Agrônômica, pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000

E-mail: gabriel.junqueira@alunos.ifsuldeminas.edu.br

**Jader Elias Faria**

Graduando Engenharia Agrônômica, pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000

E-mail: jaderfariaeag@gmail.com

### Ygor de Cassio Garcia Ferreira

Graduando Engenharia Agrônômica, pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes  
Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes  
Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000  
E-mail: ygor.ferreira@alunos.ifsuldeminas.edu.br

#### RESUMO

A produção animal encontra-se em um período de inovação no que diz respeito aos meios diagnósticos, principalmente no campo por imagem. Tornou-se imprescindível a utilização de equipamentos não invasivos que prezem pelo bem-estar e pelo conforto animal, destacando-se assim, a termografia de infravermelho. Este trabalho teve como objetivo determinar as variáveis de associação entre resultados de medição de temperatura de superfície, obtida por termografia, e testes de diagnóstico de mastite em bovinos de leite, para selecionar as variáveis mais propensas para um modelo preditivo de diagnóstico em função da temperatura corporal. Para a avaliação desses resultados, foram utilizados métodos de análise fatorial em componentes principais. Posteriormente, aplicou-se o método de análise de agrupamentos. A pesquisa foi conduzida no IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes, MG. Para isso, foram utilizadas doze vacas da raça Holandesa. O período de coleta foi 2 dias e a frequência, duas vezes ao dia no período da manhã (7:00 h) e à tarde (18:00 h). A dieta alimentar foi mantida de acordo com a rotina da fazenda. As imagens térmicas foram registradas antes da ordenha em diferentes áreas do corpo (úbere, olho e vulva), avaliando um total de 72 imagens termográficas. O califórnia mastitis test (CMT) foi realizado imediatamente após a limpeza dos tetos. No final da ordenha foram realizadas coletas de leite para posterior análise de contagem de células somáticas (SCC). A análise de componentes principais e a análise de agrupamento se mostraram eficazes para seleção de variáveis potencialmente preditoras da SCC. Sendo temperatura termográfica do úbere (IRTU) e temperatura termográfica da vulva (IRTV) as melhores escolhas para predição de SCC.

**Palavras-chave:** análise multivariada, bovino de leite, diagnóstico de mastite, infravermelho, temperatura de superfície.

#### ABSTRACT

Animal production is in a period of innovation with respect to the diagnostic means, especially in the field by image. It has become imperative to use non-invasive equipment that cherishes this well-being and animal comfort, thus highlighting infrared thermography. The objective of this study was to determine the association variables between surface temperature measurement results by means of the thermographic camera and diagnostic tests of mastitis in milk cattle to select the variables most prone to a predictive model of diagnosis as a function of temperature Captured by the camera. For the evaluation of these results, we used factor analysis methods in main components. Subsequently, the clusters analysis method was applied. The research was conducted at IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes, MG. Twelve Holstein cows were used for this purpose. The collection period was 2 days and the frequency was twice a day in the morning (7:00 a.m.) and in the afternoon (6:00 a.m.). The diet was maintained according to the routine of the farm. Thermal images were recorded before milking in different areas of the body (udder, eye and vulva) from a thermographic camera, with a total of 72 thermographic images. The califórnia mastitis test (CMT) was performed immediately after cleaning the ceilings. At the end of milking, milk samples were collected for later analysis of somatic cell counts (SCC). Principal component analysis and clustering

analysis proved to be effective in selecting potential predictors of CKD. Being thermographic udder temperature (IRTU) and thermographic temperature of the vulva (IRTV) are the best choices for predicting SCC.

**Keywords:** multi-variate analysis, bovine milk, mastitis diagnosis, infrared, surface temperature.

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar do desenvolvimento de diversas estratégias de controle e prevenção, a mastite continua sendo a doença mais prejudicial à atividade leiteira. A mastite se caracteriza por alterações nas características do leite como cor e produção de grumos, nos casos clínicos. Em casos subclínicos, sua detecção é realizada por meio da contagem de células somáticas - SCC/ mL de leite, diagnosticada pela contagem eletrônica, ou visualmente pelo exame do california mastitis test (CMT). Observou-se que há casos que há correlação entre SCC e ocorrência de mastite subclínica (PANTOJA et al., 2009),

A gravidade de cada caso associa-se ao período de tempo transcorrido entre o diagnóstico e o tratamento, insistindo-se na prática do diagnóstico precoce. Assim, uma ferramenta potencial para isso é a termografia, que de maneira satisfatória vem sendo aplicada na medicina veterinária e na produção animal como uma ferramenta para diagnóstico preventivo, evitando assim reações de estresse. Nos bovinos, a termografia infravermelho tem sido utilizada como uma ferramenta de diagnóstico para a detecção de doença (STELLETTA et al., 2012). Já em vacas leiteiras, a termografia se apresenta como um potencial método para a detecção de mastite, uma vez que um dos sintomas desta doença é o aumento da temperatura local em função das reações inflamatórias, além de ser um método rápido indolor e não invasivo (SCOTT et al., 2000, COLAK et al., 2008).

A temperatura da superfície do úbere causada pela infecção por mastite aumenta antes de outros sintomas clínicos e foi identificada pela termografia (WILLITS, 2005). Dessa maneira, é preciso fornecer informações deste tipo de tecnologia baseados em experimentos com condição reais do ambiente do nosso país. Além disso, a câmara termográfica está se tornando menos onerosa a cada ano, podendo se tornar uma ferramenta acessível ao produtor. Por outro lado, observa-se que a prevalência de mastite permanece alta (COLAK et al., 2008).

Segundo Regazzi (2000), as técnicas de análise multivariada podem ser utilizadas para resolver problemas como redução da dimensionalidade das variáveis, agrupar as observações ou as variáveis pelas similaridades, em diversas áreas do conhecimento,

como por exemplo, agronomia, fitotecnia, zootecnia, ecologia, biologia, psicologia, medicina, engenharia florestal, etc. No caso específico da elaboração da análise de componentes principais, um grande número de variáveis correlatas diretamente observáveis, ocupa lugar para novas variáveis não correlatas, não observáveis e, portanto, mais complexas.

Objetivou-se determinar uma metodologia de análise entre resultados de medição de temperatura do úbere, olho e vulva usando a câmera termográfica e testes de diagnóstico de mastite: califórnia mastitis test (CMT), teste caneca - tamis (TC), análise microbiológica (TBC), temperatura retal (TR), produção leite (PLT) em bovinos de leite, para selecionar àquelas mais propensas para um modelo preditivo de diagnóstico em função da temperatura captada pela câmera.

## 2 MÉTODOS

O estudo foi realizado na Unidade Educativa de Produção (UEP) - bovinocultura leite, campus Inconfidentes no estado de Minas Gerais, Brasil. (22 ° 17'56.8 "S e 46 ° 19'56,1 "W). O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais - CEUA do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – IFSULDEMINAS (Nº 19A/2015).

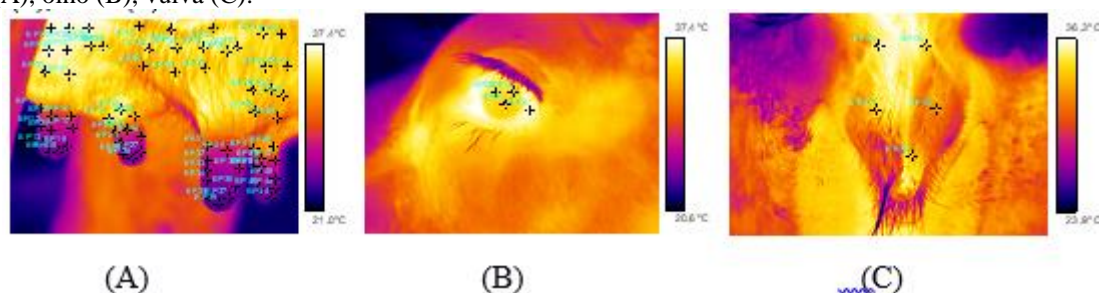
Foram utilizadas 12 vacas, pluríparas em lactação, peso médio 550 Kg da raça Holandesa preta e branca em fase de lactação, ou seja, entre 90-100 dias de lactação, com uma produção média de 25 kg de leite dia-1/vaca, confinadas em sistema free stall. O período de coleta foi 2 dias e a frequência, duas vezes ao dia no período da manhã (7:00 h) e à tarde (18:00 h), durante a ordenha. A dieta alimentar foi mantida de acordo com a rotina da fazenda.

Para diagnosticar a mastite clínica, previamente à ordenha dos animais foram coletados os três primeiros jatos de cada teto no teste da caneca com fundo escuro (teste de tamis), verificando se havia presença ou não de grumos no leite. (RODRIGUES, 2008; RUEGG, 2012). O resultado positivo do teste da caneca recebeu valor (1) e o negativo (0), para fins de análise. Após o teste de tamis, o califórnia mastitis test (CMT) foi realizado para identificar a forma subclínica da doença. Utilizou-se a bandeja do teste de CMT na qual foi colocado 1 ml do leite de cada teto em compartimentos separados da bandeja, em seguida foi colocado 1 ml do reagente para realizar a leitura. Após misturar o leite e o reagente em suaves movimentos circulares, de acordo com a viscosidade da mistura foi pontuado em uma escala de cinco pontos (adaptado de SANTOS e

FONSECA, 2007), onde pontuação 1 significa uma reação completamente negativa; pontuação 2, traços de uma reação; pontuação 3, uma reação fracamente positiva (+); pontuação 4, uma reação positiva (++); e pontuação 5, uma reação fortemente positiva (+++).

Antes do início da ordenha foram feitas as imagens térmicas de diferentes regiões do corpo: úbere direito (IRTU), olho (IRTE) e vulva (IRTV) com a câmera termográfica (FLIR B400®), com um total de 72 imagens. Imagens foram coletadas a partir de uma distância de 0,20 m, o equipamento foi calibrado para uma emissividade de 0,98 indicada para os tecidos biológicos. As imagens foram armazenadas num cartão de memória e, em seguida, transferidos para um computador portátil para análise das imagens com o software QuickReport®/FLIR-Systems. A partir das imagens termográficas, calculou-se uma média das temperaturas ao longo da superfície do úbere, utilizando 70 pontos (locais tomados aleatoriamente nas fotos). Para o olho, 4 pontos foram medidos, e para a vulva 5 pontos (FIGURA 1).

Figura 1 – Imagens obtidas com a câmera infravermelho com a mensuração dos pontos no úbere e tetos (A), olho (B), vulva (C).



Fonte: Do autor, 2021.

Realizou-se a coleta de leite para análise de contagem de células somáticas (SCC) após o término da ordenha da manhã de uma amostra composta dos quatro quartos. A coleta foi realizada diretamente do medidor automático em condições assépticas e o leite foi armazenado em frasco contendo conservante bronopol®. Após a identificação, as amostras foram condicionadas em caixa isotérmica com gelo reciclável e enviadas ao Laboratório da Clínica do Leite, Departamento de Produção Animal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), em Piracicaba, SP, Brasil. A análise de SCC foi realizada através do equipamento automatizado (Somacount 300®, Bentley Instruments, Chaska MN, USA).

A análise exploratória de dados foi elaborada por meio de análise de componentes principais (ACP) e análise de agrupamento através do dendrograma, pelo programa

estatístico Minitab 17®. Desta forma as ferramentas estatísticas permitiram selecionar, dentre as variáveis obtidas pela câmera termográfica, aquelas mais correlatas com as variáveis que auxiliam o diagnóstico de mastite nos bovinos de leite.

O gráfico de componentes principais foi gerado, e posteriormente as associações puderam ser observadas analisando-se a magnitude dos vetores e as angulações formadas entre eles. Assim, os vetores com pequena magnitude são pouco explicados pelas componentes principais e, portanto, não foram considerados nas análises. Todavia, os vetores com direção e sentido semelhantes, estão fortemente associados positivamente, ou seja, o aumento do tempo ou da frequência de uma variável está associado ao aumento da outra variável. Já em situações em que se observam vetores com direções semelhantes, mas em sentidos contrários, implicam em associações inversamente negativas e ainda, os vetores que formam ângulos próximos a 90° não são correlatos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 observa-se as variáveis IRTU, IRTE e IRTV (destacadas em vermelho) obtidas através da câmera termográfica e as variáveis contagem de células somáticas (SCC), california mastitis test (CMT) e teste caneca (CT), que são resultados dos testes para o diagnóstico de mastite. Com base nessa figura é observada a associação positiva entre as variáveis termográficas, destacando-se principalmente a forte relação positiva entre IRTU e IRTV, sendo que o posicionamento dos respectivos vetores se apresenta, praticamente, na mesma direção e sentido. A associação positiva entre as variáveis implica que o aumento da magnitude de uma se relaciona com o aumento de magnitude de outra.

Quanto às variáveis de diagnóstico de mastite, é observada certa independência entre CT e as demais (CMT e SCC). Contudo, é notório a forte relação positiva entre CMT e SCC. No entanto, o aumento da SCC pode não ser necessariamente um sinal de mastite clínica (CT). Na realidade, o verdadeiro estado de saúde do úbere deve basear-se apenas na presença de patógenos microbianos (HAMANN et al., 2005). Infecção intramamária por cultura microbiológica está associada com o aumento da SCC e pontuação CMT (SARGEANT et al., 2001). O exame CMT, em relação à SCC, foi correlacionado com níveis de mastite subclínica em rebanhos leiteiros de São Paulo e Minas Gerais Costa et al. (2000). Os rebanhos com maiores CCS ou SCC? apresentaram também os maiores índices de mastite subclínica. De fato, existe uma alta correlação ( $r = 0,96$ ) entre contagem direta de células somáticas e o teste de CMT no leite de vacas

(THIERS et al.,1999). Silva et al. (2001) também encontraram correlações significativas ( $r=0,63$ ) entre SCC e CMT. Por outro lado, Pereira et al. (1999), avaliando 80 vacas, não encontraram correlações significativas entre SCC e CMT.

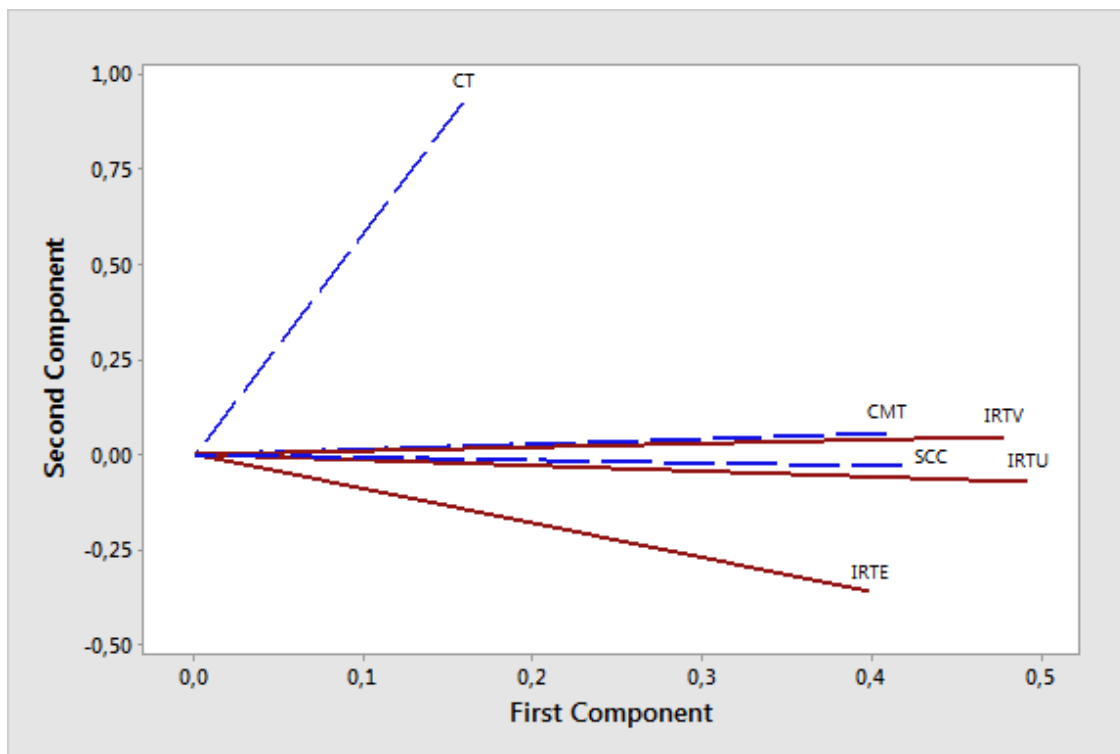
Ao analisar as associações entre e as imagens termográficas e diagnósticos de mastite, pode-se observar que as variáveis IRTU e SCC estão fortemente correlacionadas entre si, assim como a variável IRTV. Isto é, quanto maior a temperatura do úbere e da vulva, maior a contagem de células somáticas do leite e a ocorrência de mastite subclínica nos animais. Para Hovinen et al. (2008), além de determinar um aspecto qualitativo do leite, a contagem de células somáticas é inerentemente relacionada à saúde do úbere de uma vaca, uma vez que uma alta contagem de células somáticas é indicativa de reação inflamatória do tecido mamário. Aumento da temperatura local é uma característica de inflamação, devido à maior quantidade de sangue que flui pelos vasos locais. Assim, a observação da temperatura superficial na área afetada pode ser utilizada para diagnosticar infecção ou lesão.

Entre as variáveis termográficas e o teste CMT, observou-se que IRTU, IRTV e o teste CMT apresentaram vetores com a mesma direção e sentido, indicando associação fortemente positiva entre si. Devido à oclusão da vulva pela suspensão cauda, o controle da temperatura da vulva pode limitar a aplicação prática da termografia infravermelho na fazenda, podendo ser um entrave para um diagnóstico rápido e não-invasivo. De acordo com Colak et al. (2008), alterações da temperatura termográfica do úbere permitem a detecção de diversos graus de gravidade de infecção da glândula mamária, e apresenta correlação com o teste california mastitis test ( $r = 0,92$ ) método eficaz para monitorar e identificar mastites.

Polat et al. (2010), também verificaram que a termografia de infravermelho pode ser usada para a detecção de mastite subclínica, através da medição da temperatura superficial do úbere, com uma capacidade de diagnóstico semelhante à CMT. Assim, a utilização do teste CMT indicou que é uma ferramenta de diagnóstico imprescindível na propriedade leiteira sendo um indicativo de manutenção ou descarte de vacas no rebanho (DE OLIVEIRA et al., 2013). A constatação destes autores confirma mais uma vez o promissor emprego da termografia como forma de avaliar a temperatura do úbere da vaca, contribuindo para a identificação de mastite de forma eficiente.

Dessa forma, a partir da Figura 2, a seleção das variáveis com forte associação positiva (CMT, IRTV, SCC e IRTU) serve para apontar àquelas mais promissoras para se estudar uma relação funcional que explique matematicamente a tal associação.

Figura 2 – Componentes principais das variáveis IRTU (úbere), IRTE (olho), IRTV (vulva) obtidas por meio de câmera termográfica e SCC (contagem de células somáticas), CMT (*california mastitis test*) e CT (teste de caneca) que são resultados dos testes para o diagnóstico de mastite.



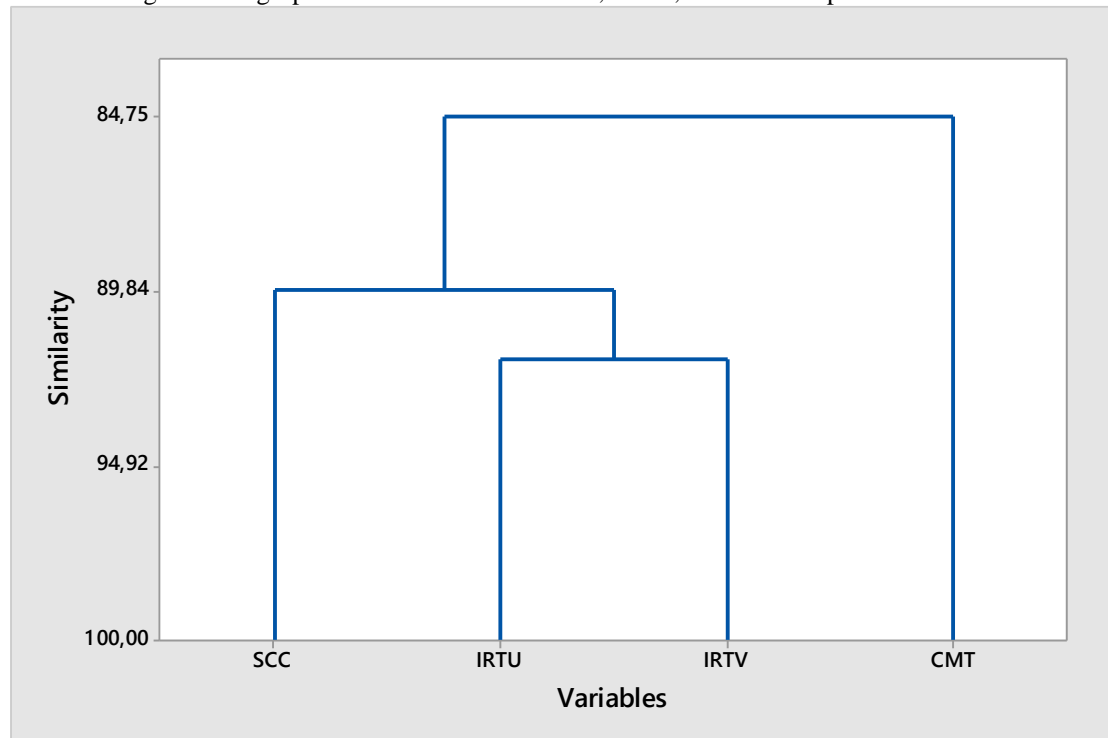
Fonte: Do autor, 2021.

Apesar da alta proximidade entre as 4 variáveis supracitadas, é possível quantificar e selecionar por meio de similaridade, medida em escala percentual, os subgrupos de variáveis mais correlatas.

Para a análise de agrupamento se utiliza do dendrograma (FIGURA 3) que permite hierarquizar à similaridade entre as variáveis, agrupando-as em subconjunto de variáveis mais correlatas. Consequentemente tal método também oferece a seleção das variáveis mais promissoras para a elaboração de um modelo preditivo.



Figura 3 – Agrupamento das variáveis IRTU, IRTV, SCC e CMT por similaridade.



Fonte: Do autor, 2021.

Constata-se que as IRTU e IRTV se assemelham mais entre si, conforme o grau de similaridade (91,80%). Contudo, a variável SCC também possui alto grau de similaridade com essas variáveis (89,79%), o que a coloca como uma excelente candidata a ser predita por essas duas variáveis. Portanto um modelo de predição de SCC em função IRTU e IRTV é o que as análises apontaram.

#### 4 CONCLUSÃO

A análise exploratória multivariada de dados, por meio de componentes principais e a análise de agrupamento se mostraram eficazes para seleção de variáveis potencialmente preditoras da SCC. Foi observado certa independência entre IRTE e o teste SCC. O IRTU é a melhor escolha para predição de SCC, sendo que SCC é o teste mais preciso no diagnóstico de mastite, pois está relacionada à saúde do úbere de uma vaca.

Este estudo mostrou que o úbere é um local sensível para detecção de mastite em bovinos de leite usando termografia infravermelho, o aumento da temperatura local é uma característica de inflamação e a observação da temperatura superficial na área afetada pode ser utilizada para diagnosticar doença. E podem ser adotados em estudos futuros em

uma rotina de ordenha com a câmara térmica, com objetivo de detectar a mastite durante a ordenha.

## REFERÊNCIAS

HOVINEN, M., J. SIIVONEN, J., TAPONEN, S. ET AL. Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.4592–4598, 2008

RUEGG, P. L. New perspectives in udder health management. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v.28, n.2, p.149–163, 2012.

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

RODRIGUES, A. C. DE O. **Identificação bacteriana a campo da mastite bovina para orientar protocolos de tratamento**. 96p.Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz; Piracicaba, 2008

PANTOJA, J. C. F.; REINEMANN, D. J.; RUEGG, P. L. Association between bacterial and somatic cell counts in raw bulk milk. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 4978-4987, 2009.

SCOTT SL, SCHAEFER AL, TONG AK, LACASSE P. Use of infrared thermography for early detection of mastitis in dairy cows. **Can J Anim Sci**, v. 80, p. 764-765, 2000.

STELLETTA C, GIANESELLA M, VENCATO J, FIORE E, MORGANTE M. Thermographic Applications in Veterinary Medicine. **In: Prakash RV (ed) Infrared Thermography**. In Tech, China, p 117-140, 2012.

WILLITS, S. 2005. Infrared thermography for screening and early detection of mastitis infections in working dairy herds. **In: Proceedings of Inframation**. Las Vegas, 2005 USA. 1 – 5.

REGAZZI, A.J. Análise multivariada, notas de aula INF 766, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v.2, 2000.

SANTOS, M. V., AND L. F. L FONSECA. **Estratégias para controle de mastite e melhoria na qualidade do leite: conceitos sobre mastite bovina e métodos diagnósticos**. Barueri: São Paulo: Manole, 314 p. 2007.

COLAK, A. ET AL. Short communication: early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. **Journal of Dairy Science**., Champaign, v. 91, n. 11, p. 4244–4248, 2008.

DE OLIVEIRA, Augusto José et al. Mastite clínica e subclínica em pequenas propriedades leiteiras no município de Araguari-MG. **Veterinária Notícias**, v. 19, n. 1, 2013.

COSTA, E.O.; BENITES, N.R.; THIERS, F.O.; RIBEIRO, A.R.; GARINO JR, F.; SILVA, J.A.B. Somatic cell levels in relation to CMT scores performed on bulk tank

samples correlated to subclinical level in São Paulo and Minas Gerais states dairy herds. **Napgama**, v. 3, n. 2, p. 14-18, 2000.

THIERS, F. D. O., Benites, N. R., Ribeiro, A. R., & COSTA, E. D. Correlação entre contagem direta de células somáticas e o teste de “California Mastitis Test”(CMT) no leite de vacas. **Napgama**, ano II, n. 4, p. 9-12, 1999.

HAMANN, J.; REDETZKY, R.; GRABOWSKI, N. Th. Diagnostic potential of the California mastitis test to detect subclinical mastitis. **Mastitis Newsletter**, v. 26, p. 15-21, 2005.

SARGEANT, J. M., LESLIE, K. E., SHIRLEY, J. E., PULKRABEK, B. J., & LIM, G. H. Sensitivity and specificity of somatic cell count and California Mastitis Test for identifying intramammary infection in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 9, p. 2018-2024, 2001.

SILVA, E. R.; ARAÚJO, A. M.; ALVES, F. S. F.; PINHEIRO, R. R.; SAUKAS, T. N. Associação entre o California Mastitis Test e a Contagem de Células Somáticas na avaliação da saúde da glândula mamária caprina. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci**, v. 38, n. 1, p. 46-48, 2001.

PEREIRA, A.R.; SAIRRES, G.A.; MACHADO, P.F. et al. Correlações entre a produção de leite, contagem de células somáticas, porcentagens de gordura, proteína, lactose e sólidos totais nas ordena da manhã e tarde. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM MASTITES, 3., 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 1999. p.146.