

TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA APLICADA AO DIAGNÓSTICO DE MASTITE SUBCLÍNICA

(Infrared thermography applied in diagnosis of subclinical mastitis)

Hãmara Milaneze de SOUZA¹; Alex Eduardo ZANIBONI²; Aderson Martins VIANA NETO³; Samuel Victor de Alcantara VERAS³; Lina Raquel Santos ARAÚJO^{3*}

¹Pós-Graduação do Ifope Educacional, Rua Gonçalves Dias, 55, Funcionários, Belo Horizonte/MG.

CEP: 30.140-090; ²Pós-Graduação em Agroecologia pela Universidade Estadual de Maringá;

³Faculdade de Veterinária da Universidade Estadual do Ceará.

*E-mail: linaaraujo@gmail.com

RESUMO

A mastite é uma doença inflamatória de alta incidência nos rebanhos leiteiros de todo o mundo, sendo responsável por grandes prejuízos econômicos na cadeia produtiva do leite. Existem diversos testes para a detecção da forma subclínica da doença, sendo os mais utilizados: a contagem de células somáticas (CCS) e o *California Mastitis Test* (CMT). No entanto, esses testes possuem algumas limitações práticas, como a interpretação subjetiva, o que pode resultar em diagnósticos falso-positivos. Diante desses aspectos, novas tecnologias vêm sendo estudadas para auxiliar o diagnóstico precoce da mastite subclínica, dentre as quais a termografia infravermelha (TIV), que é um método não invasivo de diagnóstico por imagem. Dessa forma, o objetivo desta revisão foi discutir sobre a técnica de termografia infravermelha e sua aplicabilidade no diagnóstico de mastite subclínica. A TIV tem sido empregada, com sucesso, em várias áreas da produção animal de precisão, inclusive no diagnóstico de mastite, sendo relatadas alterações térmicas na superfície do úbere antes do aparecimento dos sintomas clínicos e sua correlação com a CCS do leite. O uso dessa tecnologia se mostra promissor para a detecção do estado não saudável do úbere, mesmo na forma subclínica. Entretanto, mais estudos devem ser realizados para que se avalie a aplicabilidade da técnica em rebanhos comerciais.

Palavras-chave: Pecuária leiteira, qualidade do leite, inflamação, saúde do úbere, diagnóstico.

ABSTRACT

Mastitis is an inflammatory disease of high incidence in dairy herds around the world, resulting in great economic losses in the milk production chain. There are several tests to detect the subclinical form of this disease, where the most applied are the somatic cell count (SCC) and the California Mastitis Test (CMT). However, due to their subjectivity, these tests can result in false-positive diagnoses. Therefore, new technologies have been studied for the early diagnosis of subclinical mastitis, including infrared thermography (IRT), which is a non-invasive diagnostic approach. Thus, this review aimed to discuss the infrared thermography technique and its applicability in the diagnosis of subclinical mastitis. The IRT has been successfully applied in numerous areas of precision animal production, including mastitis diagnosis, showing thermal alterations on the udder surface before the onset of clinical symptoms that are linked to milk SCC. Therefore, the use of this technology is a promising strategy to detect the unhealthy udder state, even in the subclinical form. However, further studies should be carried out to assess the applicability of this technique in commercial herds.

Keywords: Dairy farming, milk quality, inflammation, udder health, diagnosis.

INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira encontra-se entre as principais atividades do agronegócio mundial, alcançando uma produção de 816 milhões de toneladas de leite ao ano e desempenhando um papel significativo no fornecimento de alimentos e na geração de empregos. Em 2018, o Brasil registrou uma produção acumulada de 33,4 bilhões de litros de leite, ficando atrás apenas da

Recebido: jan./2022.

Publicado: jun./2022.

União Europeia (154,8 bilhões) e dos Estados Unidos (98,6 bilhões) (EMBRAPA, 2020).

Além da relevância econômica, o leite também se destaca por ser um alimento de significativo valor nutricional. Dessa forma, com o propósito de garantir sua qualidade e proteger a saúde do consumidor, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, tem instituído diferentes Instruções Normativas (IN) ao longo dos anos. Atualmente estão em vigor as IN nº 76 e nº 77 de 26 de novembro de 2018, as quais tratam dos regulamentos técnicos de identidade e características da qualidade do leite cru refrigerado, do leite pasteurizado e do leite pasteurizado tipo A. Além das caracterizações, essas Instruções Normativas também determinam os critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru, em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção oficial (BRASIL, 2018a; BRASIL, 2018b).

Para além dos cuidados na obtenção e manipulação do produto, sabe-se que o estado sanitário do rebanho é um fator primordial para garantir uma produção adequada, quantitativa e qualitativa, do leite. Conforme a Instrução Normativa nº 77, o rebanho deve ser acompanhado por um médico veterinário, a fim de garantir a aplicação dos manejos sanitários de forma adequada, conforme o determinado em normas específicas e nos programas de autocontrole dos estabelecimentos leiteiros, incluindo, o controle sistemático de mastites (BRASIL, 2018b). Dentre as doenças que afetam os rebanhos leiteiros, a mastite subclínica ganha destaque, sendo uma doença com alta incidência nos rebanhos mundiais, responsável por grandes prejuízos econômicos, devido à queda de produção leiteira e dos danos na qualidade do leite em razão de alterações físicas, químicas e organolépticas, bem como do custo de tratamentos e descarte precoce de animais. Ademais, o leite obtido de vacas com mastite subclínica possui um potencial risco à saúde pública vinculado à presença de microrganismos patogênicos e potenciais resíduos de antibióticos utilizados em seu controle e tratamento (WELLNITZ; BRUCKMAIER, 2012; SATHIYABARATHI *et al.*, 2016; MARTINS *et al.*, 2019).

Existem vários testes para a detecção da mastite subclínica, sendo os mais usuais a contagem de células somáticas (CCS; teste laboratorial) e o *California Mastitis Test* (CMT), realizado na propriedade, porém, devido a sua subjetividade, podem resultar em diagnósticos falso-positivos (MARTINS *et al.*, 2019). Diante desses aspectos, novas tecnologias vêm sendo avaliadas para auxiliar o diagnóstico precoce da mastite, dentre elas a termografia infravermelha, um método não invasivo de diagnóstico por imagem (SATHIYABARATHI *et al.*, 2016).

Nesse contexto, o objetivo desta revisão de literatura é demonstrar os fundamentos e a aplicabilidade da termografia infravermelha como ferramenta auxiliar no diagnóstico de mastite subclínica em animais leiteiros.

DESENVOLVIMENTO

Termografia infravermelha

A termografia infravermelha (TIV) é uma técnica de medição da temperatura superficial capaz de medir a radiação infravermelha emitida pelo corpo avaliado, resultando na obtenção de um termograma. No princípio físico da TIV, descrito pelas leis de Planck, Wien e

Recebido: jan./2022.

Publicado: jun./2022.

Stefan-Boltzmann, um corpo que possua uma temperatura superior ao zero absoluto emite radiação eletromagnética no espectro infravermelho (VAINIONPÄÄ, 2014). A relação entre a energia emitida pela superfície do corpo, o comprimento de onda dessa radiação e a temperatura pode ser descrita matematicamente por meio da equação da emissividade (USAMENTIAGA *et al.*, 2014):

$$\text{Emissividade} = \frac{\text{Quantidade de energia emitida pelo corpo na temperatura T}}{\text{Quantidade de energia emitida por um corpo negro na temperatura T}}$$

Contudo, apenas em 1800, foi possível mensurar a radiação infravermelha, quando William Herschel realizou um experimento para aferir o calor além do espectro visível (400 – 700nm; RING, 2006). Essa radiação pode ser detectada por câmera térmica, através de uma matriz de sensores, a qual gera imagens pictóricas proporcionais à temperatura superficial observada, resultando em um termograma, em que cada pixel se relaciona a um valor (PEZESHKI *et al.*, 2011; VAINIONPÄÄ, 2014).

A transferência de calor por radiação é de grande valor na medicina, sendo que a maior parte dessa transferência ocorre no espectro infravermelho, podendo ser visualizada através de imagem térmica eletrônica (RING e AMMER, 2012). Dessa forma, elencar a TIV como ferramenta de diagnóstico é bastante considerável, por ser uma técnica não invasiva que permite a visualização e análise da temperatura superficial por meio da mensuração da radiação infravermelha (SATHIYABARATHI *et al.*, 2016).

Na medicina humana, a Termografia Infravermelha vem sendo aplicada em diversos campos. Riguetto *et al.* (2019) relataram o emprego da TIV na avaliação de pacientes com oftalmopatias graves, enquanto Ribeiro *et al.* (2017) estudaram a utilização da TIV para o diagnóstico e condução de tratamentos em casos de picadas de animais peçonhentos, e ferroadas. Outras áreas como a odontologia, a reumatologia e a medicina do esporte também apresentam estudos descritos em literatura sobre a possibilidade da aplicação desse recurso para a melhoria da eficiência dos diagnósticos e tratamentos (BRIOSCHI *et al.*, 2007; CÔRTE e HERNANDEZ, 2016; AMORIM *et al.*, 2018). Dessa forma, a TIV se mostra uma excelente ferramenta diagnóstica, podendo indicar a presença de processos inflamatórios ou de alterações no metabolismo.

Quando se trata da aplicação na medicina veterinária, a TIV, por ser uma técnica não invasiva, possibilita a realização de exames sem contato direto com o animal, não requerendo sedação e favorecendo o conforto e bem-estar do indivíduo (RING, 2006). Essa técnica também é considerada um método de rápida aplicação, seguro e que permite o monitoramento em tempo real de mudanças fisiológicas que induzem à alteração de temperatura na superfície corporal, favorecendo o diagnóstico precoce (POLAT *et al.*, 2010).

Entretanto, cuidados devem ser tomados para a execução adequada da técnica. Os principais fatores que podem prejudicar a mensuração adequada da temperatura estão relacionados a interferências na transferência da radiação térmica. Dentre as interferências, a emissividade do objeto, as influências atmosféricas e a calibração adequada da distância entre o objeto e o equipamento se mostram relevantes (VAINIONPÄÄ, 2014). Pampariene *et al.* (2016) estudaram e apontaram a influência que a temperatura do ambiente exerce sobre a

Recebido: jan./2022.

Publicado: jun./2022.

utilização da TIV, pontuando ainda que outros fatores também podem afetar os resultados, como: o ângulo da TIV; o momento no qual a TIV é feita (pré ou pós-ordenha); a região analisada; a qualidade e a sensibilidade da câmera térmica; e o *software* utilizado para a leitura das temperaturas.

Para evitar erros durante o diagnóstico por TIV, protocolos padronizados devem ser utilizados, priorizando um período de preparação e estabilização térmica do paciente, e a escolha de um local adequado, tendo em vista o mínimo de interferência ambiental, favorecendo, assim, a reprodutibilidade da mensuração térmica (RING, 2006). Também, fatores físicos, como o grau de sujidade na pele do animal a ser avaliado, devem ser considerados na mensuração, uma vez que a presença de resíduos e umidade interferem no termograma e funcionam como uma barreira que dificulta a passagem da radiação infravermelha (METZNER *et al.*, 2014).

Aplicada em diferentes áreas da medicina veterinária, a TIV tem favorecido a obtenção de importantes resultados científicos que culminam em benefícios práticos, como o auxílio no diagnóstico de processos inflamatórios, isquemia, gangrena, osteoartrite, tendinopatias, miopatias e na avaliação de estresse (STURION *et al.*, 2020). A TIV é considerada uma ferramenta útil, rápida e eficiente na identificação de processos inflamatórios testiculares em gatos (PARANZINI *et al.*, 2019), e auxiliar no diagnóstico de enfermidades em canídeos e felinos selvagens (COSTA, 2018). Além de ser útil na identificação de lesões em animais, a TIV também foi eficiente no controle de qualidade de silagens de milho, permitindo a identificação de pontos de apodrecimento em virtude da perfuração de sacos (SILVA *et al.*, 2021). Dessa forma, a TIV pode ser uma importante ferramenta auxiliar no diagnóstico de processos inflamatórios como a mastite, principalmente em seu estado subclínico, que é de maior desafio diagnóstico.

Mastite subclínica

A mastite se constitui como uma inflamação da glândula mamária que se desenvolve como resposta à presença de fatores causadores de agressão ao úbere. Tal resposta imunológica busca controlar e eliminar os agentes agressores, auxiliando a glândula no retorno a seu estado de normalidade fisiológica. Essa reação inflamatória pode ser ocasionada por diversos agentes, entre eles as infecções de origem bacteriana, como as causadas por *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* e *Mycoplasma spp.* Entretanto, a mastite pode ser provocada ainda por fungos, leveduras e vírus, assim como também por estresse, alterações metabólicas, traumas físicos, produtos químicos, entre outros, podendo acometer todo o úbere ou apenas quartos mamários individuais (ROYSTER e WAGNER, 2015; ADKINS e MIDDLETON, 2018).

Os sintomas clínicos da mastite estão intimamente relacionados com o tipo de agente causador e o tipo de resposta do úbere diante do quadro inflamatório. Conforme a característica da inflamação da glândula mamária e a resposta do organismo, pode-se classificar a mastite em, clínica ou subclínica. A mastite subclínica é caracterizada pela ausência de sinais visíveis de alterações no leite ou no animal, mas ainda assim o bovino é considerado doente, existindo a presença do processo inflamatório no úbere. Mesmo que não perceptíveis visualmente, ocorrem alterações no leite, como o aumento da contagem de células somáticas (CCS), a redução do teor

Recebido: jan./2022.

Publicado: jun./2022.

de cálcio, fósforo, proteína e gordura, e o aumento das concentrações de sódio e cloro. Todos esses aspectos reduzem a qualidade do leite, podendo também levar à diminuição da produção (OVIEDO-BOYSO *et al.*, 2007; ROYSTER e WAGNER, 2015; ADKINS e MIDDLETON, 2018).

O diagnóstico de mastite subclínica é feito a partir de testes auxiliares, sendo os mais comuns o CCS e o CMT. Entretanto, essas técnicas podem ser trabalhosas, subjetivas e não adequadamente precisas para a detecção dos primeiros sinais da doença (ADKINS; MIDDLETON, 2018; MARTINS *et al.*, 2019). Dessa forma, métodos automatizados e confiáveis para a detecção precoce de mastite subclínica estão sendo foco de estudos (SATHIYABARATHI, 2016).

Termografia como técnica para o diagnóstico de mastite

A TIV tem sido empregada com sucesso em diversas áreas da produção animal de precisão. A mensuração de variações na transferência de calor e fluxo sanguíneo, por meio da detecção de pequenas alterações na temperatura corporal, possibilita o mapeamento da mudança térmica e a identificação de distúrbios inflamatórios, vasculares ou neurológicos (VAINIONPÄÄ, 2014). As alterações fisiológicas no animal podem levar a mudanças no fluxo sanguíneo, o que, conseqüentemente, ocasiona mudanças na temperatura da superfície corporal. A TIV possibilita a detecção de alterações sutis da temperatura, auxiliando no diagnóstico precoce de processos inflamatórios antes da visualização de sinais clínicos mais pronunciados, como inchaço ou rubor (POLAT *et al.*, 2010).

Tecidos inflamados apresentam um maior fluxo circulatório. Logo, um dos sinais de inflamação é o calor que surge da vasodilatação local. Porém, o fluxo sanguíneo pode acabar diminuindo devido a fatores como dor ou processos crônicos, provocando na área uma diminuição de temperatura (POLAT *et al.*, 2010; VAINIONPÄÄ, 2014). A mastite, por se tratar de um processo inflamatório, enquadra-se como passível de detecção pela TIV (Fig. 01), sendo relatadas em literatura alterações térmicas na superfície do úbere acometido por mastite antes do aparecimento dos sintomas clínicos (POLAT *et al.*, 2010).

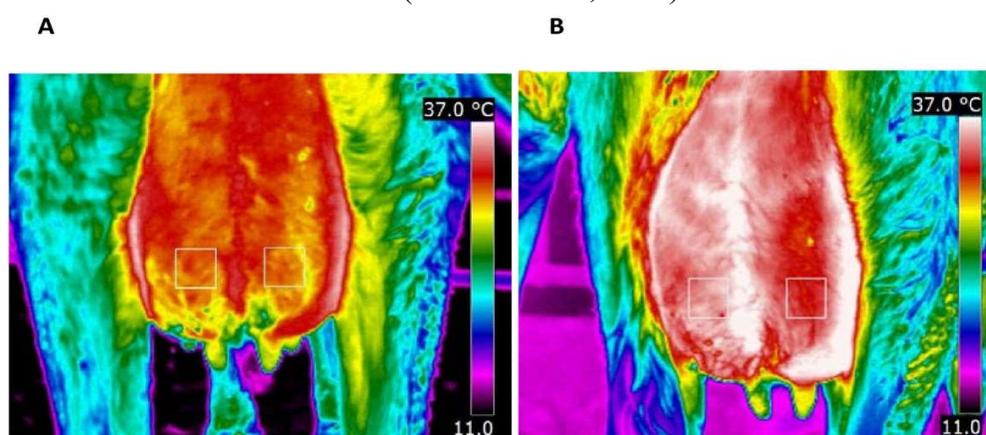


Figura 01: Imagens termográficas da parte caudal do úbere de uma vaca primípara após desafio com *E. coli*.

Obs.: (A) imediatamente após infusão microbiana e (B) após desafio e durante o início da lactação. Demonstrando a ocorrência de aumento na temperatura da pele do úbere após indução do processo infeccioso (PEZESHKI *et al.*, 2011).

Recebido: jan./2022.

Publicado: jun./2022.

Diversos estudos vêm buscando relacionar a variação na temperatura da superfície do úbere com os níveis CCS do leite. Nesse contexto, Polar *et al.* (2010), em um estudo realizado com 62 vacas leiteiras, encontraram uma correlação positiva entre os valores da temperatura da superfície do úbere e a contagem de células somáticas, observando que, quando os níveis de células somáticas aumentaram, os valores de temperatura máxima seguiram a mesma tendência. Resultado semelhante foi observado por Sathiyabarathi *et al.* (2018), ao monitorarem um total de 200 quartos mamários de vacas. A partir dessa monitoração, constatou-se que a média da temperatura da superfície do úbere nos quartos afetados com mastite foi significativamente mais alta que a temperatura nos quartos sadios, sendo 0,8 e 1,1 °C mais alta para mastite subclínica e clínica, respectivamente. Além disso, ao avaliar a mastite em ovinos, Martins *et al.* (2013), em um estudo com 37 ovelhas, observaram uma elevação da temperatura do úbere no grupo positivo para mastite subclínica, sendo capazes de classificar corretamente os animais nos grupos positivos e negativos.

Segundo Polat *et al.* (2010), o rastreamento da mastite subclínica, em rebanhos leiteiros, por mensuração da temperatura da superfície do úbere, tem uma alta capacidade diagnóstica preditiva, semelhante aos testes CMT e CCS. Entretanto, a confiabilidade da técnica em animais com diferentes características corporais, fisiológicas e de condicionamento deve ser determinada individualmente.

Costa (2019), embora ratifique a termografia infravermelha como uma ferramenta sensível a alterações na CCS demonstrando seu potencial de detecção da mastite subclínica, ressalta que o horário de coleta e o manejo da propriedade influenciam os resultados dos termogramas. Nesse sentido, uma elevada temperatura ambiental pode influenciar a temperatura superficial do úbere nos termogramas, resultando em superestimação dos valores obtidos e prejudicando a sensibilidade de detecção da mastite. Isso ocorre em resposta ao estresse térmico, que promove a vasodilatação nas áreas periféricas para favorecer a troca de calor, o que resulta em um maior fluxo sanguíneo e aumento da temperatura na superfície da pele (DALTRO *et al.*, 2017). Portanto, em regiões onde os animais possam estar expostos a condições de estresse térmico, recomenda-se a aquisição dos termogramas em um horário mais ameno do dia. Além disso, animais mantidos em galpões podem sujar seus úberes com o material da cama, o que interfere negativamente no resultado das análises dos termogramas obtidos por meio da câmera infravermelha (METZNER *et al.*, 2014), sendo necessário lavar o úbere antes da obtenção das imagens termográficas (COSTA, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A termografia infravermelha é um método alternativo, não invasivo, que se mostra sensível o suficiente para identificar mudanças na temperatura da superfície da pele do úbere. O uso dessa tecnologia mostrou-se promissor na detecção do estado não saudável do úbere em rebanhos leiteiros, inclusive quando relacionado à variação de CCS. Entretanto, mais estudos devem ser realizados para que se alcance a aplicabilidade da técnica em rebanhos comerciais.

REFERÊNCIAS

- ADKINS, P.R.F.; MIDDLETON, J.R. Methods for diagnosing mastitis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, v.34, n.3, p.479-491, 2018.
- AMORIM, A.M.A.M.; BARBOSA, J.D.S.; FREITAS, A.P.L.D.F.; FERREIRA, J.E.V.; VIEIRA, L.E.M.; SUASSUNA, F.C.M.; MELO, D.P.D. Termografia infravermelha na Odontologia. *HU Revista*, v.44, n.1, p.15-22, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.76, de 26 de novembro de 2018. Aprova Regulamentos Técnicos que fixam a Identidade e as Características de Qualidade que devem apresentar o Leite Cru Refrigerado, o Leite Pasteurizado e o Leite Pasteurizado tipo A, na forma desta Instrução Normativa e do Anexo Único. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 30 de novembro de 2018a. Seção 1, p.9.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.77, de 26 de novembro de 2018. Estabelece os critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru em obrigatório no serviço de informação oficial, na forma desta Instrução Normativa e do seu Anexo. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 30 de novembro de 2018b. Seção 1, p.10.
- BRIOSCHI, M.L.; YENG, L.T.; TEIXEIRA, M.J. Diagnóstico avançado em dor por imagem infravermelha e outras aplicações. *Prática Hospitalar*, v.50, n.1, p.93-98, 2007.
- CÔRTE, A.C.R.; HERNANDEZ, A.J. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v.22, n.4, p.315-319, 2016.
- COSTA, A.L.M. Aplicações diagnósticas da termografia infravermelha em canídeos e felídeos selvagens ex-situ. 2018. 67p. (Dissertação de Mestrado em Conservação da Fauna). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/10981>>. Acesso em: 22 jan 2022.
- COSTA, L.B.S. Termografia como técnica auxiliar na identificação de mastite subclínica. 2019. 34p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/49852/5/2019_dis_lbsdacosta.pdf>. Acesso em: 22 jan 2022.
- DALTRO, D.S.; FISCHER, V.; ALFONZO, E.P.M.; DALCIN, V.C.; STUMPF, M.T.; KOLLING, G.J.; SILVA, M.V.G.B.; MCMANUS, C. Infrared thermography as a method for evaluating the heat tolerance in dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.46, n.5, p.374-383, 2017.
- EMBRAPA. Embrapa Gado de Leite (CNPGL). ANUÁRIO leite 2020: leite de vacas felizes. São Paulo: Texto Comunicação Corporativa, 2020. 102p.
- MARTINS, R.F.S.; DO PRADO PAIM, T.; DE ABREU CARDOSO, C.; DALLAGO, B.S.L.; MELO, C.B.; LOUVANDINI, H.; MCMANUS, C. Mastitis detection in sheep by infrared thermography. *Research in Veterinary Science*, v.94, n.3, p.722-724, 2013.

Recebido: jan./2022.

Publicado: jun./2022.

- MARTINS, S.A.M.; MARTINS, V.C.; CARDOSO, F.A.; GERMANO, J.; RODRIGUES, M.; DUARTE, C.; BEXIGA, R.; CARDOSO, S.; FREITAS, P.P. Biosensors for on-farm diagnosis of mastitis. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, v.7, n.186, p.1-19, 2019.
- METZNER, M.; SAUTER-LOUIS, C.; SEEMUELLER, S.; PETZL, W.; KLEE, W. Infrared thermography of the udder surface of dairy cattle: Characteristics, methods, and correlation with rectal temperature. *The Veterinary Journal*, v.199, n.1, p.57-62, 2014.
- OVIEDO-BOYSO, J.; VALDEZ-ALARCÓN, J.J.; CAJERO-JUÁREZ, M.; OCHOAZARZOSA, A.; LOPÉZ-MEZA, J.E.; BRAVO-PATIÑO, A.; BAIZABAL-AGUIRRE, V.M. Innate immune response of bovine mammary gland to pathogenic bacteria responsible for mastitis. *Journal of Infection*, v.54, n.4, p.399-409, 2007.
- PAMPARIENE, I.; VEIKUTIS, V.; OBERAUSKAS, V.; ZYMANTIENE, J.; ZELVYTE, R.; STANKEVICIUS, A.; MARCIULIONYTE, D. PALEVICIUS, P. Thermography based inflammation monitoring of udder state in dairy cows: sensitivity and diagnostic priorities comparing with routine California mastitis test. *Journal of Vibroengineering*, v.18, n.1, p.511-521, 2016.
- PARANZINI, C.S.; CARDOSO, G.S.; SOUZA, A.K.; PERENCIN, F.M.; MELANDA, C.A.A.; BRACARENSE, A.P.F.R.L.; MARTINS, M.I.M. O uso da termografia infravermelha para avaliar a reação inflamatória após a injeção intratesticular de NaCl 0,9% e cloreto de cálcio 20% com lidocaína 1%. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.71, n.3, p.929-938, 2019.
- PEZESHKI, A.; STORDEUR, P.; WALLEMACQ, H.; SCHYNTS, F.; STEVENS, M.; BOUTET, P.; PEELMAN, L.J.; DE 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.1, p.1-15, 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 of Dairy Science*, v.93, n.8, p.3525-3532, 2010.
- RIBEIRO, J.A.S.; GOMES, G.; BRIOSCHI, M.L.; BARBOSA, S.M.M.; TEIXEIRA, M.J. Inflammation and fever after bothrops snakebite: a brief clinical-epidemiological review through case report and infrared thermography follow-up. *Pan American Journal of Medical Thermology*, v.6, p.87-93, 2021.
- RIGUETTO, C.M.; MINICUCCI, W.J.; MOURA NETO, A.; TAMBASCIA, M.A.; ZANTUT-WITTMANN, D.E. Value of infrared thermography camera attached to a smartphone for evaluation and follow-up of patients with graves ophthalmopathy. *International Journal of Endocrinology*, v.2019, p.1-9, 2019.
- RING, E.F.J. The historical development of thermometry and thermal imaging in medicine. *Journal of Medical Engineering & Technology*, v.30, n.4, p.192-198, 2006.

Recebido: jan./2022.

Publicado: jun./2022.

RING, E.F.J.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiological measurement*, v.33, n.3, p.33-46, 2012.

ROYSTER, E.; WAGNER, S. Treatment of mastitis in cattle. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, v.31, n.1, p.17-46, 2015.

SATHIYABARATHI, M.; JEYAKUMAR, S.; MANIMARAN, A.; JAYAPRAKASH, G.; PUSHPADASS, H.A. SIVARAM, M.; RAMESHA, K.P.; DAS, D.N.; KATAKTALWARE, M.A.; ARUL PRAKASH, M.; DHINESH KUMAR, R. Infrared thermography: A potential noninvasive tool to monitor udder health status in dairy cows. *Veterinary World*, v.9, n.10, p.1075-1081, 2016.

SATHIYABARATHI, M.; JEYAKUMAR, S.; MANIMARAN, A.; JAYAPRAKASH, G.; PUSHPADASS, H.A.; SIVARAM, M.; RAMESHA, K.P.; DAS, D.N.; KATAKTALWARE, M.A.; PRAKASH, M.A.; KUMAR, R.D. Infrared thermography to monitor body and udder skin surface temperature differences in relation to subclinical and clinical mastitis condition in Karan Fries (*Bos taurus* × *Bos indicus*) crossbred cows. *Indian Journal of Animal Sciences*, v.88, n.6, p.694-699, 2018.

SILVA, A.B.B.; PINTO, B.C.; CERETTA, R.F.; SANTOS, R.O.; HELFER, G.A.; COSTA, A.B. Uso da termografia infravermelha para a identificação de lesões em animais e da qualidade de ensilados. *Mostra de Extensão, Ciência e Tecnologia da Unis*, n.2, p.406-406, 2021.

STURION, M.A.T.; FOGAÇA, J.L.; VETTORATO, M.C.; MACHADO, V.M.V. Termografia infravermelha em medicina veterinária –Histórico, princípios básicos e aplicações. *Veterinaria e Zootecnia*. v.27, p.01-20, 2020.

USAMENTIAGA, R.; VENEGAS, P.; GUEREDIAGA, J.; VEGA, L.; MOLLEDA, J.; BULNES, F.G. Infrared thermography for temperature measurement and non- destructive testing. *Sensors*, v.14, n.12, p.3305-3348, 2014.

VAINIONPÄÄ, M. Thermographic imaging in cats and dogs: Usability as a clinical method. 2014. 67p. (Academic Dissertation in Clinical Veterinary Medicine). Doctoral Programme in Clinical Veterinary Medicine, University of Helsinki, 2014.

WELLNITZ, O.; BRUCKMAIER, R.M. The innate immune response of the bovine mammary gland to bacterial infection. *The Veterinary Journal*, v.192, n.2, p.148-152, 2012.