

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CAMPUS DE PATOS – PB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA**

FRANCISCO ROSERLÂNDIO BOTÃO NOGUEIRA

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PARA O DIAGNÓSTICO DE
MASTITE OVINA**

**PATOS-PB
2014**

FRANCISCO ROSERLÂNDIO BOTÃO NOGUEIRA

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PARA O DIAGNÓSTICO DE
MASTITE OVINA**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Medicina Veterinária da Universidade Federal de
Campina Grande, como requisito para a obtenção do
título de Doutor em Medicina Veterinária.**

**Prof. Dr. Bonifácio Benício Souza
Orientador**

**PATOS-PB
2014**

FRANCISCO ROSERLÂNDIO BOTÃO NOGUEIRA

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PARA O DIAGNÓSTICO DE
MASTITE OVINA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Medicina Veterinária da Universidade Federal de
Campina Grande como requisito para a obtenção do
título de Doutor em Medicina Veterinária.

Patos, _____/_____/_____

Prof. Dr. Bonifácio Benício de Sousa
Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Patos-PB
Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária

Prof. Dr. Dermeval Araujo Furtado
Universidade Federal de Campina Grande – Campus Campina Grande-PB
UAEA/CTRN/UFCG

Prof. Dr. Edísio Oliveira de Azevedo
Universidade Federal de Sergipe
Departamento de Medicina Veterinária

Prof.^a Dra. Rosângela Maria Nunes da Silva
Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Patos-PB
Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária

Prof.^a Dra. Sara Vilar Dantas Simões
Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Patos-PB
Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária

Dedico à minha família...

AGRADECIMENTOS

Embora este trabalho esteja identificado por um autor, sua conclusão jamais seria possível se tal autor pretendesse realizá-lo sozinho. Este é, portanto, fruto da dedicação e da contribuição direta ou indireta de muitas pessoas. Neste sentido, reservo este espaço para dizer muito obrigado a todas elas.

RESUMO

Esta tese é composta por três artigos que abordam o uso da termografia infravermelha (TIV) na Medicina Veterinária, como ferramenta auxiliar em diagnósticos de patologias e processos inflamatórios, tecnologia que é capaz de identificar alterações de temperatura na superfície da pele como resultado de processos inflamatórios subcutâneos. O primeiro artigo é uma revisão bibliográfica sobre o uso da TIV, suas potencialidades, limitações e principais patologias que foram objeto de pesquisas: laminite; dermatite digital; febre aftosa; Língua azul complexo de doenças respiratória dos bovinos e mastite. O segundo, apresenta um estudo que avaliou o uso da TIV no diagnóstico de mastite em ovelhas deslanadas. O diagnóstico de mastite foi baseado nos achados clínicos, *California Mastitis Test* (CMT) e cultura e isolamento microbiológico; além da determinação do fibrinogênio plasmático como indicador de processo inflamatório. Com os termogramas das mamas das ovelhas, foi possível identificar diferenças entre as Temperaturas Superficiais das Glândulas (TSG) das metades mamárias saudáveis 34,28°C, com mastite subclínicas 33,8°C e aquelas com mastite clínica em estágio crônico 33,04°C. O terceiro artigo trata da utilização da TIV para identificar as TSG de ovelhas não lactantes e sua relação com a estrutura e a atividade tecidual da glândula. As ovelhas foram fotografadas e, em seguida, mastectomizadas para a coleta de fragmento de tecido e avaliação histopatológica, quando se observou a presença de células de defesa, do estroma, parênquima e tecido adiposo. Em seguida, as glândulas foram classificadas em ativas, inativas e atrofiadas. Os resultados indicaram que a maior presença de células de defesa resultou em maior a TSG 31,8°C, 32,6°C, 33,8°C e 34,58° C quando a presença foi discreta, leve, moderada e acentuada, respectivamente. Quanto à atividade, as glândulas atrofiadas apresentaram menor temperatura que as ativas e inativas com 32,4°C, 34,2°C e 34,3°C, respectivamente, resultado da acentuada presença do estroma em substituição ao parênquima como resposta de cicatrização a processos inflamatórios.

Palavras-chave: Termograma. Histopatologia. Glândula. Mamária.

ABSTRACT

This thesis consists of three papers that discuss the use of Infrared Thermography (IRT) in veterinary medicine as an aid in the diagnosis of diseases and inflammatory processes tool. Technology able to identify temperature changes on the skin surface as a result of subcutaneous inflammatory processes. The first article is a literature review on the use of TIV, their strengths, limitations and main pathologies that have been the object of research: laminitis, digital dermatitis, foot and mouth disease, bluetongue, bovine respiratory disease and mastitis complex. The second presents a study which evaluated the use of IRT in the diagnosis of mastitis in sheep. The diagnosis of mastitis was based on clinical findings, California Mastitis Test (CMT) and microbiological culture and isolation, and the determination of plasma fibrinogen as a marker of inflammation. With thermograms of the breasts of the sheep was possible to identify differences between the Gland Surface Temperatures (TSG) of healthy mammary gland 34.28 ° C, with subclinical mastitis 33.8 ° C and those with chronic clinical mastitis at 33.04 ° C. The third article deals with the use of (IRT) to identify non-lactating sheep TSG and its relation to the structure and tissue activity. The sheep were photographed and after mastectomy for collecting tissue fragment and histopathological evaluation, the presence of immune cells, stromal, parenchyma and adipose tissue when observed. Then the glands were classified as active, inactive and atrophic. Then the glands were classified as active, inactive and atrophic. The results indicated that the greater the presence of cells of higher defense TSG 31.8 ° C, 32.6 ° C, 33.8 ° C and 34.58 ° C when the presence was slight, mild, moderate and severe, respectively. As for the activity, the atrophied glands showed lower temperature than the active and inactive 32.4 ° C, 34.2 ° C and 34.3 ° C, respectively as a result of strong presence of stroma replacing the parenchyma, healing of the inflammatory processes.

Key words: Thermogram. Histopathology. Gland. Mammary.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1** – Foto termográfica de um bezerro onde se podem visualizar dois pontos de temperatura. Na extremidade auricular (Sp1), área com menor temperatura e na órbita do olho (Sp2), área com temperatura mais elevada. 26
- Figura 2** – Relação entre os achados de CMT e TSG de vacas em dois estudos, (POLAT *et al.*, 2010) e (COLACK *et al.*, 2008). 26

CAPÍTULO II

- Figura 1** – Concentração do fibrinogênio plasmático (mg/dl) de ovelhas deslanadas, em função das alterações específicas nas glândulas mamárias, $p < 0,0153$. Δ Média, \square média + desvio padrão, I média + 2* desvio padrão. 42
- Figura 2** – Temperatura média da superfície das metades mamárias de ovelhas deslanadas, em função do diagnóstico clínico da glândula mamária, $p < 0,0079$. Δ média, \square média + desvio padrão, I média + 2* desvio padrão.. 43
- Figura 3** – Temperatura superficial média das metades mamárias de ovelhas deslanadas, em função das alterações específicas na mama, $p < 0,0001$. Δ média, \square média + desvio padrão, I média + 2* desvio padrão..... 43
- Figura 4** – Imagens termográficas das mamas de ovelhas: A) sem alteração, B) nódulos pequenos nas duas metades, C) nódulo médio na esquerda e grande na direita, D) diminuição da consistência em ambas as metades..... 44

CAPÍTULO III

- Figura 1** – Temperatura superficial média das metades mamárias de ovelhas, em função do infiltrado de células de defesa, (A) $p = 0,0256$. Temperatura superficial média das metades mamárias em função da atividade glandular, (B) $p = 0,0031$ 54
- Figura 2** – Corte histológico das glândulas mamárias. Em (a) Glândula Ativa, em detalhe, alvéolos com secreção glandular (*), (b) Glândula Inativa com alvéolos sem secreção glandular (*), (c), Glândula atrofiada com destruição alveolar (*) e (d) infiltrado inflamatório mononuclear, periductal e intersticial (*), HE, (a-d) obj. 10x..... 55
- Figura 3** – Termogramas de glândulas mamárias de ovelhas, não lactantes. I – TSG esquerda 35,47°C e TSG direita 35,53°C; II TSG esquerda 33,41°C e TSG direita 33,16°C; III TSG esquerda 34,78°C e TSG direita 32,8°C; IV – TSG esquerda 35,06° e TSG direita 36,19°C..... 55

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1.** Resultados das temperaturas de glândulas de ovelhas saudáveis com mastite clínica e mastite subclínicas, utilizando a TIV. 27

CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Números e percentagens de metades mamárias de ovelhas deslanadas em rebanhos no semiárido Paraibano, segundo exame clínico e microbiológico. 42

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
REFERÊNCIAS.....	12
CAPITULO I – USO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA MEDICINA VETERINÁRIA: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico de patologias...	14
RESUMO	14
ABSTRACT	14
1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 PRINCÍPIOS, VANTAGENS E LIMITAÇÕES NO USO DA TIV COMO AUXILIAR EM DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS EM ANIMAIS	15
1.2 USO DA TIV NO DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS DE ANIMAIS	17
1.2.1 Enfermidades podais.....	17
1.2.2 Dermatite digital	18
1.2.3 Febre aftosa	18
1.2.4 Língua azul.....	19
1.2.5 Complexo das doenças respiratórias dos bovinos	20
1.2.6 Mastite.....	20
2 CONCLUSÕES.....	22
REFERÊNCIAS.....	23
CAPITULO 2 – TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelha.....	28
RESUMO	28
ABSTRACT	29
1 INTRODUÇÃO.....	29
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
2.1 ANIMAIS E O LOCAL DO EXPERIMENTO.....	31
2.2 OBTENÇÃO DAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS – TERMOGRAMAS	32
2.3 EXAME CLÍNICO	32
2.4 CONCENTRAÇÃO DE FIBRINO GÊNIO PLASMÁTICO.....	33
2.5 COLETA E ANÁLISE DAS SECREÇÕES LÁCTEAS	34
2.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	34
3 RESULTADOS.....	35
4 DISCUSSÕES	36
5 CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS.....	39
CAPÍTULO 3 – TEMPERATURA SUPERFICIAL E CARACTERÍSTICAS HISTOLÓGICAS DA GLÂNDULA MAMÁRIA OBTIDAS POR MEIO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA EM OVELHAS NÃO LACTANTES.....	45
RESUMO	46
ABSTRACT	46
1 INTRODUÇÃO.....	47
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
3 RESULTADOS.....	50
4 DISCUSSÃO	51
5 CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS.....	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56

INTRODUÇÃO

O uso da temperatura como indicador de saúde tem seus primeiros indícios no século sexto a.C, porém, somente no século X a referida variável foi associada ao estado geral de saúde, de modo que sua associação à inflamação foi estudada neste período. . O monitoramento da temperatura nesta época é incerto, porém, há relatos detalhados sobre a relação entre a febre e as doenças nos escritos de Hipócrates. (ATKINS, 1982).

Muitos estudos relatam os mecanismos que levam ao aumento da temperatura sistêmica ou local que está associado às patologias, bem como às técnicas e metodologias de monitoramento. Na Medicina Veterinária, o uso do tato (através da palpação) e do termômetro clínico, são as principais práticas adotadas na rotina da clínica para monitorar a temperatura, os quais apresentam algumas características: necessidade de contenção do animal sempre que for executá-las; a segunda, é uma prática invasiva, e seu uso se limita a aferir a temperatura sistêmica. Registre-se que a primeira permite monitorar temperaturas locais, embora seja pouco eficiente, posto que depende de significativas mudanças de temperatura.

Se considerar-se os méritos e as limitações da palpação e do termômetro clínico, novas tecnologias e técnicas são estudadas para a elas associar-se quanto ao monitoramento da temperatura, tida como indicador do estado de saúde dos animais. Nesta perspectiva, o uso da Termografia Infravermelha (TIV) tem recebido atenção nos últimos anos, devido à capacidade de captar a radiação térmica emitida por qualquer corpo, como resultado de sua temperatura absoluta (BOUZIDA *et al.*, 2009, CHURCH *et al.*, 2014). Nos organismos vivos, esta energia resulta de uma relação entre a termogênese e a termólise, onde a primeira pode ser influenciada por vários fatores, como taxa metabólica, interação com o ambiente e respostas imunológicas – associadas a pirógenos exógenos e/ou endógenos – com alteração sistêmica (febre) ou localizada (hiperemia e/ou edema).

A TIV apresenta, como principais vantagens, o fato de ser uma técnica não invasiva; por meio dela é possível detectar pequenas variações de temperatura, e é de fácil mobilidade, (SCHAEFER *et al.*, 2012, GLOSTER *et al.*, 2011, REDAELLI *et al.*, 2013, DUNBAR *et al.*, 2009). Uma boa câmera tem como desvantagem, por sua vez, um custo elevado (REDAELLI *et al.*, 2013) e é escassa a produção de conhecimento que permita seu uso na rotina da clínica veterinária, de modo que é imprescindível haver parâmetros mais específicos, posto que muitos fatores podem influenciar a temperatura da superfície da pele, desde aqueles ligados diretamente ao animal como raça, idade e estágio de lactação, até os relacionados ao ambiente (temperatura, umidade relativa do ar e irradiação solar).

A mastite em ovelhas, embora de etiologia variada, apresenta como característica principal o desenvolvimento de processos inflamatórios na glândula mamária que podem desencadear perdas econômicas significativas, Peixoto *et al.*, (2010). O diagnóstico nos estágios iniciais da doença é um dos fatores limitantes ao seu controle e tratamento. Baseados no princípio de que os processos inflamatórios geram calor, Martins *et al.*, (2013) sugerem que o uso da TIV pode ajudar a melhorar o diagnóstico desta patologia, pois ela foi capaz de identificar mastite subclínica em ovelhas.

A capacidade de identificar pequenas mudanças de temperatura na superfície da pele um pouco antes do aparecimento de sinais clínicos da doença também foram reportados por Gloster *et al* (2011) estudando febre aftosa em cervídeos, Alsaod & Büscher (2012) estudando laminite em vacas, e Schaefer *et al.*, (2012), estudando complexo das doenças respiratórias dos bovinos.

Com objetivo de contribuir para a produção de conhecimento sobre o uso da TIV como ferramenta auxiliar em diagnósticos, realizou-se este trabalho para avaliar o potencial de seu uso no diagnóstico de mastite em ovelhas. O trabalho está organizado em três capítulos. Capítulo I é uma revisão bibliográfica que aborda potencialidades, limitações e principais usos da TIV na Medicina Veterinária, em especial, no diagnóstico de laminite, dermatite digital, febre aftosa, língua azul, complexo de doenças respiratórias dos bovinos e mastite. Capítulo II é um trabalho de campo realizado em dois rebanhos de ovelhas deslanadas, com objetivo de estudar o uso da TIV como ferramenta auxiliar no diagnóstico de mastite em ovelhas, criadas para produção de carne. O capítulo III teve como objetivo utilizar a TIV para identificar a relação entre a estrutura e o funcionamento da glândula mamária de ovelhas não lactantes com a temperatura superficial da glândula.

REFERÊNCIAS

ALSAAOD, M. e BÜSHER, W. Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows. **Journal Dairy Science**. v. 95, n.2, p.735-42, 2012.

ATKINS E. Fever: Its History, Cause and Function. **The Yale Journal Of Biology And Medicine** v.5, p.283-28, 1982.

BOUZIDA, N.; BENDANA, A.; Maldague, X. P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, v. 34 p.120-6, 2009.

CHURCH, J.S.; HEGADOREN, P. R.; PAETKAU, M. J.; et al. Influence of environmental factors on infrared eye temperature. **Research in Veterinary Science**, v. 96, p.220-6, 2014.

DUNBAR, M. R.; JOHNSON, S. R.; RHYAN, J.C; et al. Use of infrared thermography to detect thermographic changes in mule deer (*Odocoileus hemionus*) experimentally infected with foot-and-mouth disease. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v.40, n.2, p.296-301, 2009.

GLOSTER, J.; EBERT, K.; GUBBINS, S. et al., Normal variation in thermal radiated temperature in cattle: implications for foot-and-mouth disease detection. **BMC Veterinary Research** v.7, n.73, p.1746-6148, 2011.

MARTINS R.F. S.; PAIM T. do p., de A. C., DALLAGO S. L. B. et al., Mastitis detection in sheep by infrared thermography. **Res. Vet. Sci.** 94:722–724. 2013.

PEIXOTO, R. M.; MOTA, R. A.; COSTA, M. M. Mastite em pequenos ruminantes no Brasil. **Pesq. Vet. Bras.** v.30, n.9 p. 754-62, 2010.

REDAELLI, V.; BERGERO, D.; ZUCCA, E. et al., Use of Thermography Techniques in Equines: Principles and Applications. **Journal of Equine Veterinary Science**, p.1-6. 2013.

SCHAEFFER A.L., COOK N. J., BENCH C., CHABOT J.B. et al. The noninvasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. **Res. Vet. Sci.** 93:928–35. 2012.

CAPÍTULO 1

USO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA MEDICINA VETERINÁRIA: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico de patologias?

THERMOGRAPHY INFRARED USE IN VETERINARY MEDICINE : A Tool To assist in the diagnosis of diseases ?

Francisco Roserlândio Botão Nogueira¹
Bonifácio Benício de Souza²
Maria das Graças Xavier de Carvalho³

RESUMO

Na perspectiva de produzir conhecimentos sobre o uso da Termografia Infravermelha (TIV) na Medicina Veterinária, como auxiliar em diagnóstico de patologias, pesquisas foram desenvolvidas com diversas espécies animais em diferentes condições de saúde, como no estudo de laminite, dermatite digital, febre aftosa, língua azul, complexo de doenças respiratórias dos bovinos e mastite. Os estudos apontam a TIV como uma ferramenta capaz de identificar alterações locais e sistêmicas de temperatura, expressas na superfície da pele, com a vantagem, em muitos casos, de identificá-las ainda no início da doença, mesmo antes do aparecimento dos primeiros sinais clínicos, tornando-a, assim, uma tecnologia que pode ajudar a aumentar a eficiência dos diagnósticos.

Palavras-chave: Termografia infravermelha. Diagnóstico. Febre. Mastite.

ABSTRACT

From the perspective of producing knowledge about the use of Infrared Thermography (IRT) in veterinary medicine as an aid in diagnosis of diseases, research has been carried out with several animal species in different health conditions. Some have studied its use in: laminitis, digital dermatitis, foot and mouth disease, bluetongue, bovine respiratory disease and mastitis complex. Studies point to (IRT) as a tool to identify local and systemic changes in temperature, expressed on the surface of the skin. With the advantage, in many cases yet to identify changes in disease onset, even before the onset of clinical signs. Making it a technology that can help increase the efficiency of diagnosis.

Key words: Infrared thermography. Diagnosis. Fever. Mastitis.

¹Campus Sousa – curso de Medicina Veterinária – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB. Rua Presidente Tancredo Neves, s/n, Jardim Sorrilândia, Sousa, PB 58.800-970, Brasil. Autor para correspondência. E-mail: chico.nogueira@pq.cnpq.br.

²Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), Campus de Patos, Caixa Postal 64, Patos, PB 58.708-110. E-mail: bonifacio@pq.cnpq.br.

³Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária, UFCG, CSTR, Campus de Patos, Caixa Postal 64, Patos, PB 58.708-110. E-mail: mgxc@bol.com.br.

1 INTRODUÇÃO

Doenças infecciosas e/ou inflamatórias comprometem o desempenho de rebanhos, por alterar o metabolismo e a fisiologia dos animais, afetando o bem-estar animal e resultando em perdas econômicas. O diagnóstico precoce da doença é importante na adoção e no sucesso da terapia, bem como na prevenção e controle, principalmente quando os animais são mantidos em confinamento. Porém, os tradicionais exames clínicos e laboratoriais utilizados na rotina possuem algumas limitações, como a exigência de intenso trabalho, pois requerem a captura e a contenção dos animais, fato que onera a atividade, além de colocá-los em situação estressante. A observação visual, por sua vez, permite abordar um grande número de animais, não necessitando contê-los, porém tem baixa eficiência para detectar a doença ainda no seu início (SCHAEFER et al., 2004).

Com o intuito de suprir esta demanda, vários estudos foram realizados com Termografia Infravermelha (TIV), principalmente nas duas últimas décadas, como ferramenta auxiliar em diagnóstico de patologias de animais domésticos. O investimento nesta tecnologia está baseado em sua capacidade de captar a radiação térmica emitida pelo corpo, como resultado de sua temperatura absoluta (BOUZIDA et al., 2009; CHURCH et al., 2014). Nos organismos vivos, esta energia resulta de uma relação entre a termogênese e a termólise, de modo que a primeira pode ser influenciada por vários fatores, como taxa metabólica, interação com o ambiente e com respostas imunológicas, associadas a pirógenos exógenos e/ou endógenos, com alteração sistêmica (febre) ou localizada (hiperemia e/ou edema).

1.1 PRINCÍPIOS, VANTAGENS E LIMITAÇÕES NO USO DA TIV COMO AUXILIAR EM DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS EM ANIMAIS

A circulação e o sangue são a base para o uso da termografia, que captura, na pele, suas atividades, como um padrão fisiológico dinâmico. Assim, a imagem termográfica aparece como um gráfico de representação da radiação emitida pela superfície da pele, o qual é então transformado em uma imagem visível. Quando há alterações na circulação dos tecidos adjacentes à pele, sua temperatura também sofrerá alteração, mudando o padrão de cor no termograma (REDAELLI et al., 2013), quantitativamente observado em cada pixel, que representa um ponto de temperatura (Figura 1, que segue).

O uso da TIV se deve, principalmente, à vantagem de ela não ser uma técnica invasiva,

podendo ser usada sem a necessidade de captura ou contenção dos animais (SCHAEFER et al., 2012); tem a possibilidade de ser utilizada como um método de prevenção, identificando a elevação da temperatura antes do aparecimento dos primeiros sinais clínicos, o que pode ser utilizado como um sinal de alerta para a observação do animal (GLOSTER et al, 2011; REDAELLI et al., 2013); analisa a resposta fisiológica, pois fornece resultados das alterações teciduais ao longo do tempo, avaliando a dinâmica do tecido e eventuais complicações fisiológicas dele (ÇETINKAYA & DEMIRUTKU, 2013), (REDAELLI et al.,2013); é de fácil mobilidade (DUNBAR et al.,2009)

Mesmo com essas vantagens, alguns fatores podem limitar o uso da TIV como ferramenta auxiliar em diagnóstico de patologias, fatores que podem ser divididos em três grupos; 1. Equipamento, 2. Animal e 3. Ambiente. Relacionado ao equipamento, uma boa câmera termográfica apresenta custo elevado (EDDY et al., 2001), (REDAELLI et al., 2013). Alguns fatores relacionados diretamente ao animal podem influenciar o resultado do termograma, tais como: realização de atividade física – que eleva a temperatura superficial devido ao aumento da taxa metabólica e circulação periférica dos músculos esqueléticos (BERRY et al., 2003); presença de resíduos orgânicos ou inorgânicos no local a ser fotografado (esterco, lama ou tecido necrosado) alteram a temperatura (RODRÍGUEZ et al., 2008); o estágio de lactação que influencia a temperatura da pele da mama, que, no pico da lactação, está em maior atividade física e metabólica tornando-se mais quente (MARTINS et al., 2013). Sobre o ambiente, destaca-se a influência do ciclo circadiano sobre a temperatura, principalmente da glândula mamária, que é um dos principais fatores observados no uso da TIV para diagnóstico de mastite, bem como, o efeito da exposição à radiação solar direta (BERRY et al., 2003); o conforto térmico oferecido pelo ambiente no momento, ou antes, da obtenção do termograma, pois a situação de hipertermia ou hipotermia influenciam no resultado do termograma (NOGUEIRA et al., 2013). Além da temperatura, umidade relativa do ar e emissividade do tecido também devem ser observados, porém, podem ser ajustados no equipamento durante a obtenção do termograma (KUNC et al., 2007).

Muitas das limitações apresentadas ao uso da TIV podem ser minimizadas com cuidados no momento do seu uso, bem como, com a produção de conhecimentos que permitam padronizar sua aplicação, em condições diversas.

1.2 USO DA TIV NO DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS DE ANIMAIS

1.2.1 Enfermidades podais

Patologias podais são comuns em equinos e vacas leiteiras, tendo como um dos primeiros e principais sinais, o aumento da temperatura local, resultado do processo inflamatório da região dos cascos (vasodilatação) como resposta imunológica à ação do agente etiológico ou trauma, embora nem sempre detectado no seu estágio inicial pelos métodos clínicos tradicionais. Apoiado nesta hipótese Turner (1998), sintetizou o resultado de 254 casos de laminite em equinos atendidos na Universidade de Minnesota entre os anos de 1993 e 1997. Segundo o autor, a TIV gerou informações importantes em 86% dos casos estudados, identificando pontos de alterações com o aumento da temperatura, resultado dos processos inflamatórios agudos ou hemorragias, ou diminuição da temperatura devido à presença marcada de edema ou tecido necrótico. Também auxiliou no direcionamento de outros exames, como a localização para realizar ultrassonografia, radiografia e/ou biópsias. Os resultados permitiram afirmar que o uso da tecnologia como auxiliar no diagnóstico de laminite é eficiente e pode identificar alterações nas partes altas e baixas dos membros em cavalos, ajudando, inclusive, a acessar áreas com dores na região plantar.

Nos casos de cavalos com laminite, observa-se um incremento de temperatura na derme coronária, aumentando a diferença em relação à parede do casco, que normalmente é de 1°C à 2°C (EDDY et al., 2001). Utilizando a TIV em diagnósticos de laminite em cavalos com lesões agudas (ÇETINKAYA & DEMIRUTKU, 2013), também encontraram incremento que variou entre 0,5°C a 1,5°C nas áreas suspeitas de lesões agudas, quando comparadas a áreas não suspeitas. Enquanto SOROKO et al., (2013) observaram um incremento de 1,25°C em animais que apresentaram algumas lesões nas partes inferiores dos membros.

Os estudos revelaram que a TIV identificou mudança de temperatura no estágio subclínico da doença, quando ainda não apareciam os sinais cardinais da inflamação e alterações locomotoras, fazendo desta uma técnica com potencial para identificar alterações inflamatórias nos membros dos equinos, ainda em estágios iniciais, onde os métodos clínicos de observação e palpação não identificariam.

Assim como em cavalos, a TIV também tem sido utilizada no diagnóstico de doenças dos cascos em vacas leiteiras como, por exemplo, a laminite, estudada por Nikkhah et al., (2005) que a apresentam como capaz de identificar mudanças na temperatura do casco

resultante da alteração na circulação sanguínea local. Os autores observaram que vacas, no início da lactação, tiveram temperaturas da derme coronária maiores que aquelas do final da lactação. Resultados semelhantes foram encontrados por Alsaod e Büscher (2012) quando observaram que vacas com menos de 200 dias de lactação possuíam temperatura da banda coronária superior àquelas com mais de 200 dias, ambas com cascos saudáveis. Achados que podem indicar a susceptibilidade destes animais, neste estágio de lactação a processos inflamatórios ou a presença da doença no seu estágio subclínico.

1.2.2 Dermatite digital

No diagnóstico da dermatite digital em vacas Alsaod et al., (2014) encontraram uma diferença de 2,55°C entre os cascos saudáveis e os doentes, com 30,09°C e 32,64°C, respectivamente. Quando comparados os estágios infeccioso e não infeccioso, a temperatura da derme coronária foi de 33,28°C e 32,52°C, indicando maior atividade vascular durante a infecção local. Também experimentaram dois locais para monitorar a temperatura, a derme coronária e a pele logo acima. Para a derme coronária, a sensibilidade foi de 89,1% e a especificidade de 66,6% ao passo que, para a pele, foi de 60% e 62,5%, indicando que, neste caso, a derme coronária foi o melhor local para monitorar a temperatura.

1.2.3 Febre aftosa

Dada a importância econômica que pode ter a febre aftosa na relação comercial entre países criadores de gado bovino, seu diagnóstico, prevenção e controle devem ter elevado nível de eficiência. Com o intuito de contribuir com esta eficiência, estudos adotaram a TIV como tecnologia auxiliar neste processo. Rainwater-Lovet et al., (2009) recomendaram o uso da TIV como ferramenta auxiliar no diagnóstico de rebanhos com suspeita de febre aftosa, associando-a a outros exames laboratoriais, tendo em vista que a câmara conseguiu detectar incremento de temperatura do casco e no olho de animais infectados, mesmo antes de aparecerem os sinais clínicos, como as vesículas. Ainda apontam que o uso do equipamento pode contribuir para reduzir o trânsito de pessoas em fazendas onde há suspeita ou confirmação de surto, pois as imagens podem ser feitas e enviadas via rede sem fio para serem analisadas longe do possível surto e auxiliarem na tomada de decisões. Achados semelhantes foram encontrados (GLOSTER et al., 2011) com a ressalva de que a temperatura do casco não

é o melhor indicador, devido à influência que este sofre do solo que, por sua vez, muda de temperatura em função da umidade e da temperatura do ambiente. O olho apresentou-se como melhor parte para monitorar a temperatura superficial e indicar um estado febril nos animais.

Dunbar et al., (2009) também estudaram o uso da TIV como auxiliar no diagnóstico da febre aftosa, ao utilizar uma espécie da família Cervídea, o *Odocoileus hemionus*, que, como muitas outras espécies silvestres, podem ser acometidos pela doença e/ou servirem de fonte de infecção para rebanhos domésticos. A conclusão do trabalho é que a TIV foi eficiente no monitoramento da temperatura dos animais infectados, concordando com Gloster et al., (2011), os quais afirmaram que a área do olho é o local mais preciso para identificar alterações sistêmicas na temperatura. Nos estudos trabalhados, a temperatura dos animais infectados alterou-se um dia antes de aparecerem as lesões de casco. Diante desses resultados, os autores defendem seu uso em sistemas de monitoramento, prevenção e controle da febre aftosa.

1.2.4 Língua azul

Utilizando câmera termográfica Diego et al. (2013) identificaram uma forte correlação entre a temperatura retal e a temperatura superficial do olho de ovinos inoculados com vírus da língua azul. Os animais positivos tiveram temperatura retal superior à 40°C e superficial do olho superior a 38,5°C. Segundo os autores, o uso da TIV foi eficiente na identificação dos animais doentes, com o mínimo de esforço, reduzindo as ações de contenção e manuseio na realização do exame clínico – foram contidos somente aqueles que tiveram incremento de temperatura, reduzindo o estresse dos animais que, por sua vez, influenciaria na liberação de biomoléculas como citocinas, proteínas de fase aguda ou hormônios, com ação direta na resposta inflamatória.

Considerando que a febre é uma das primeiras alterações fisiológicas provocadas em decorrência da doença, e o uso da TIV para identificar o incremento de calor na superfície da pele dos animais neste estágio é eficiente, Diego et al. (2013) recomendam seu uso e ainda afirmam a possibilidade de adotá-la para monitorar continuamente a temperatura de animais sentinelas utilizados em programas de vigilância, com a vantagem de reduzir o número de animais a serem examinados clinicamente e a quantidade de amostras coletadas e enviadas para diagnóstico confirmatório em laboratórios, contribuindo para a redução dos custos, pois só seriam abordados aqueles que apresentassem temperatura elevada.

1.2.5 Complexo das doenças respiratórias dos bovinos

Embora o complexo das doenças respiratórias dos bovinos seja uma patologia multifatorial, ele tem, como um dos primeiros e principais sinais clínicos, a febre. Baseados nesta resposta orgânica, Schaefer et al. (2007) montaram um experimento com finalidade de avaliar a TIV como auxiliar no diagnóstico desta patologia em bezerros. Os resultados foram satisfatórios, considerando que a eficiência foi de 71% – bem maior que os 55% do método clínico padronizado e adotado pela indústria de carnes e derivados. Ainda apresentou a vantagem de identificar animais com temperaturas elevadas em decorrência da doença quatro a seis dias antes do aparecimento dos primeiros sinais clínicos. As temperaturas médias da órbita do olho foram 37,49°C para animais positivos e 37,29°C para aqueles negativos, entre quatro a seis dias antes dos primeiros sinais e 38,34°C nos positivos e 37,29°C nos negativos no dia dos primeiros sinais. Schaefer et al., (2012) encontraram uma eficiência de 93% e as temperaturas médias das órbitas oculares foram 36,7°C para animais positivos e 34,91°C para os negativos. Os resultados foram obtidos a partir de um sistema automatizado e não invasivo para o diagnóstico, utilizando a TIV, com a finalidade de identificar animais no estágio inicial da doença. O sistema foi instalado de maneira que as câmeras ficassem direcionadas para os bebedouros, as quais fotografavam as regiões laterais da cabeça dos animais, sempre que eles tinha acesso à água.

Em ambos os trabalhos que estudaram a TIV como auxiliar no diagnóstico do complexo de doenças respiratórias dos bovinos, os resultados a apresentaram com eficiência para tal finalidade, com as seguintes vantagens: identificar a doença ainda no início, mesmo antes do aparecimento dos primeiros sinais clínicos; reduzir os custos com terapias; além de não ser invasiva podendo ter seus dados facilmente enviados a centros de controle, o que aumenta a biossegurança.

1.2.6 Mastite

Um grande desafio para criadores de vacas leiteiras, bem como para aqueles que criam cabras e ovelhas, é o controle da mastite, doença infecciosa que traz perdas econômicas significativas para os criadores. Muitas vezes, a ausência do diagnóstico precoce é um fator limitante e decisivo para o sucesso do tratamento. Pesquisadores como Polat et al., (2010) estudaram a TIV com o objetivo de utilizá-la para aumentar a eficiência do diagnóstico desta

patologia. Pesquisaram sua eficiência no diagnóstico de mastite subclínica, comparando-a com Contagem de Células Somáticas (CCS) e *California Mastitis Test* (CMT) e observaram uma correlação de $r=0,73$ entre a Temperatura Superficial da Glândula (TSG) mamária e CCS e de $r=0,86$ com o CMT. Os quartos mamários com mastite subclínica apresentaram temperatura média de $35,80^{\circ}\text{C}$ para CCS maior que 400.000 células/mL e $33,45^{\circ}\text{C}$ naqueles saudáveis com CCS menor que 400.000 células/mL. COLAK et al., (2008) também encontraram alta relação entre a TSG e CMT em vacas (Figura 2).

Os resultados das pesquisas apresentadas na Figura 2, com alta relação entre CMT e TIV indicam o potencial desta como ferramenta para diagnóstico de mastite subclínica em vacas. Embora Rodríguez et al. (2008) não tenham encontrado correlação entre CCS e TSG de vacas, eles reportaram que a TIV não foi eficiente para este fim, principalmente nas mastites agudas ou subclínicas. Hovinen et al. (2008) defenderam que sua maior eficiência está em identificar a mastite clínica, pois, em seu trabalho, quando inocularam lipolissacarídeos de *Escherichia coli* em glândulas mamárias de vacas sadias, identificaram que o incremento na TSG somente ocorreu quatro horas após a inoculação, associado a leves sinais sistêmicos, como o aumento da temperatura retal.

Considerando os estudos que apresentam a TIV como promissora no diagnóstico de mastite em vacas, observa-se que os incrementos de temperatura entre glândulas saudáveis ou com mastite, são diferentes entre os resultados das pesquisas. Hovinen et al. (2008) encontraram um incremento de TSG entre 1°C e $1,5^{\circ}\text{C}$ na superfície da mama de vacas com mastite clínica quando comparadas àquelas saudáveis. No estudo de Polat et al. (2010), a diferença foi de $2,3^{\circ}\text{C}$ maior para mastite clínica.

As sensibilidade e especificidade identificadas no estudo de Polat et al. (2010) foram, respectivamente, de 95,6% e 93,6% para a TIV e de 88,9% e 98,9%, para o CMT. Gharagozloo et al. (2003) encontraram sensibilidade de 84,1% para o CMT. Os resultados indicam que a TIV pode ser mais sensível, porém um pouco menos específica que o CMT no diagnóstico de mastite subclínica em vaca, fato que permite, a estes autores, concluir que a TIV apresentou sensibilidade para detectar alterações na temperatura da pele causada pela mastite subclínica.

Assim como nos estudos em vacas, o uso da tecnologia em ovelhas mostrou que as metades mamárias com mastite subclínica apresentam temperaturas maiores que aquelas com mastite clínica ou saudáveis. Na mastite subclínica, por ser um processo mais agudo, há uma maior vasodilatação e fluxo sanguíneo, ao passo que na mastite clínica em estágio avançado, com presença de edema, observa-se compressão dos vasos e redução do fluxo sanguíneo na

superfície da pele (MARTINS et al., 2013). Também estudando mastite em ovelhas Nogueira et al. (2013), encontraram temperaturas superficiais médias diferentes entre mamas de ovelhas saudáveis, com mastite clínica e com mastite subclínica (Tabela 1).

Na tabela 1, observa-se que os dois trabalhos apresentam resultados diferentes. Primeiro, as temperaturas que, independentemente do estado de saúde das glândulas, foram sempre maiores no trabalho 1. Segundo, são achados divergentes entre a temperatura das glândulas com mastite subclínica e as das glândulas saudáveis. Onde, no trabalho 2, foi maior nas mamas saudáveis. Ambas as diferenças, possivelmente, devem-se às diferentes metodologias que esses autores utilizaram. No Trabalho 1, foram utilizadas somente ovelhas recém paridas com mamas no pico da atividade lactogênica, ao passo que, no Trabalho 2, os animais encontravam-se em vários estágios de lactação, com a glândula em vários estágios de desenvolvimento. Na segunda diferença, um fator importante a ser observado é que no Trabalho 1 utilizaram-se CMT e CCS como diagnóstico para mastite subclínica, ao passo que, no Trabalho 2, só foi utilizado o CMT, o que pode, neste caso, ter contribuído para gerar falsos positivos ou negativos para mastite subclínica. Já quando a comparação é entre mamas saudáveis e entre aquelas com mastite clínica, os dois trabalhos seguem um padrão semelhante, pois em ambos, as saudáveis apresentaram temperatura maior, porém com explicações diferentes. Martins et al. (2013) defenderam que esta diferença seja devido à presença de edema que comprime os vasos sanguíneos e impede o fluxo de sangue, contribuindo para a redução da TSG, pois caracterizou as mastites encontradas como agudas. Nogueira et al. (2013) reportaram, por sua vez, que a diferença é resultado da atividade de deposição de tecido conjuntivo em resposta às lesões provocadas no parênquima glandular, pois algumas das mamas diagnosticadas com mastite possuíam alterações na consistência da glândula ou presença de nódulos à palpação, achados indicativos de um processo crônico com substituição de tecido parenquimatoso por tecido conjuntivo – com menor atividade metabólica.

2 CONCLUSÕES

As pesquisas analisadas na revisão bibliográfica demonstram o potencial da TIV como ferramenta importante para auxiliar o diagnóstico de doenças em animais domésticos, porém, há limitações por não identificar a etiologia, sendo, portanto, recomendado seu uso associado a outras técnicas diagnósticas, sejam clínicas, ou outros métodos por imagem ou laboratoriais.

Embora a TIV apresente grande potencial, é unanimidade entre os trabalhos a necessidade do desenvolvimento de mais pesquisas para, por exemplo, se estabelecer parâmetros e referências de temperaturas das várias espécies animais em diferentes condições biológicas e ambientais, para que a tecnologia possa ser utilizada com maior precisão e eficiência na prática veterinária.

REFERÊNCIAS

ALSAAOD, M.; BÜSCHER, W. Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows. **Journal Dairy Science**. V.95, n.2, 735-42, 2012. Disponível em: <<http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302%2812%2900026-4/fulltext>> Acesso em: 17 de dez de 2013. DOI: 10.3168/jds.2011-4762

ALSAAOD, M. et al. A field trial of infrared thermography as a non-invasive diagnostic tool for early detection of digital dermatitis in dairy cows. **The Veterinary Journal**. V.199, p.281-5, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090023313006205>> Acessado em 25 de fev de 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.11.028>.

BERRY, R.J. et al. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. **Canadian Journal of Animal Science**. V.83, p.687-93, 2003. Disponível em: <<http://pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/A03-012>> Acesso em: 12 jul. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4141/a03-012>.

BOUZIDA, N. et al. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**. V.34, n.3, p.120-6, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456508001228>> Acesso em: 12 jul. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2008.11.008>.

ÇETİNKAYA, M. A.; DEMİRUTKU, A. Thermography in the assessment of equine lameness. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**. V.36, n.1, p.43-8. Disponível em: <<http://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/issues/vet-12-36-1/vet-36-1-7-1102-791.pdf>> Acesso em: 25 fev. 2014. DOI: 10.3906/vet-1102-791

COLAK, A. et al. Short Communication: Early Detection of Mastitis Using Infrared Thermography in Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**. V. 91, n.11, p.4.244-8, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203020870972X>> Acesso em: 12 jul. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-1258>

CHURCH, J.S. et. al. Influence of environmental factors on infrared eye temperature . **Research in Veterinary Science**. V.96, p. 220-6. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034528813003664#>> Acesso em: 25 fev. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.11.006>

DIEGO, A. C. P. de, et al. The use of infrared thermography as a non-invasive method for fever detection in sheep infected with bluetongue virus. **The Veterinary Journal**. V.198, p.182-6, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090023313003365>> Acesso em: 25 de fev. de 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.07.013>

et al. Use of infrared thermography to detect thermographic changes in mule deer (*odocoileus hemionus*) experimentally infected with foot-and-mouth disease. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**. V.40, n.2, p.296–301, 2009. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1638/2008-0087.1>> Acesso em: 25 fev. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1638/2008-0087.1>.

EDDY, A.L. et al. The Role of Thermography in the Management of Equine Lameness. **The Veterinary Journal**. V.162, p.172-81, 2001. Disponível em: <<http://vetmoves.com/wp-content/uploads/2008/08/eddy-et-al-vet-journal-20011.pdf>> Acesso em: 25 fev. 2014. DOI: 10.1053/tvj.2001.0618.

GLOSTER, J. et al. Normal variation in thermal radiated temperature in cattle: implications for foot-and-mouth disease detection. **BMC Veterinary Research**. V. 7 n.73, 2011. Disponível em: <<http://www.biomedcentral.com/1746-6148/7/73>> Acesso em: 17 dez. 2013. DOI: 10.1186/1746-6148-7-73.

HOVINEN, M. et al. Detection of Clinical Mastitis with the Help of a Thermal Camera. **Journal of Dairy Science**. V. 91, n.12, p.4592-8, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030208709251>> Acesso em: 12 jul. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-1218>

KUNC, P. et al. **Infrared thermography as a tool to study the milking process: a review**. *Agricultura Tropica et Subtropica*. V.40, n.1, p.29-32, 2007. Disponível em: <http://www.agriculturaitz.czu.cz/pdf_files/vol_40_1_pdf/KUNC.pdf> Acesso em: 12 jul. 2012.

MARTINS, R. F. S. et al. Mastitis detection in sheep by infrared thermography. **Research in Veterinary Science**. V. 94, p.722-4, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034528812003244>> Acesso em: 25 fev. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2012.10.021>.

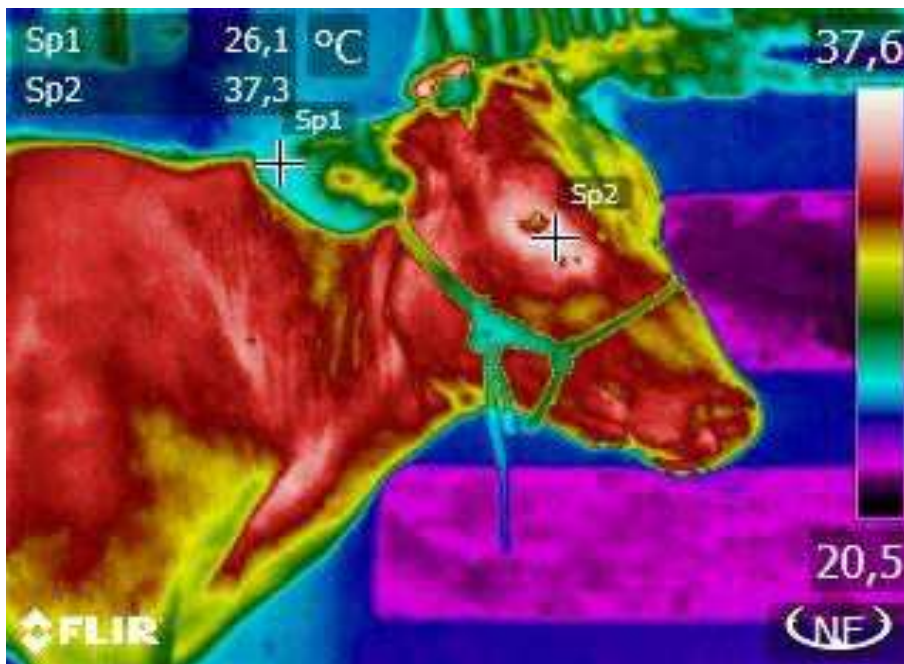
NG, E.Y.K. et al. Analysis of IR thermal imager for mass blind fever screening. **Microvascular Research**. V. 68, p.104-9, 2004. Acesso em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026286204000548>> Acesso em: 12 jul. 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mvr.2004.05.003>

NIKKHAH, A. et al. Short Communication: Infrared Thermography and Visual Examination of Hooves of Dairy Cows in Two Stages of Lactation. **Journal of Dairy Science**. V.88, n.8 p.2749-53, 2005. Disponível em: <<http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0022-0302/PIIS0022030212000264.pdf>> Acesso em: 1º mar 2014. DOI: 10.3168/jds.2011-4762.

NOGUEIRA, F.R.B. et al. Termografia infravermelha: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelha. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**. V. 35, n.3, p.289-97, 2013. Disponível em: <http://www.rbm.com.br/pdf/artigos/28-11-2013_19-22RBMV014.pdf> Acesso em: 25 fev. 2014.

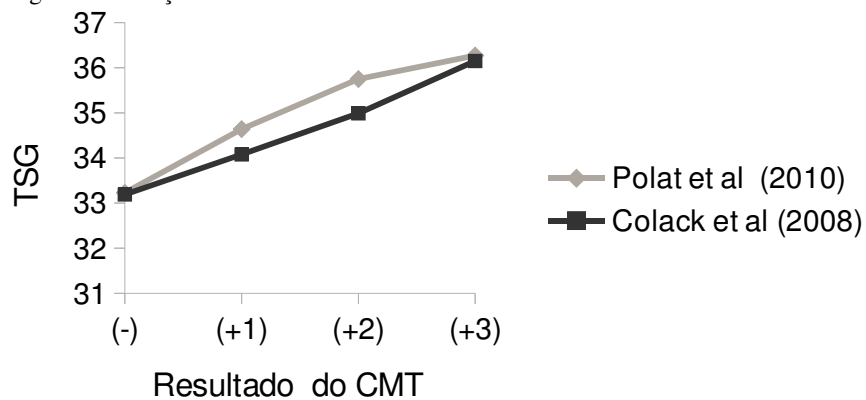
- POLAT, B. et al. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. V.93, n.8, p.3525-32, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203021000370X>> Acesso em: 12 jul. 2012. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2807>.
- RAINWATER-LOVETT, K. et al. Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. **The Veterinary Journal**. V.180, n.3, p. 17-324, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090023308000129>>. Acesso em: 12 jul. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.01.003>
- REDAELLI, V. et al. Use of Thermography Techniques in Equines: Principles and Applications. **Journal of Equine Veterinary Science**, p.1-6. 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0737080613004644>> Acesso em: 25 fev. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2013.07.007>.
- RODRÍGUEZ, P. del C. et al. Aplicación de la termografía en el estudio de la ubre de los grandes rumiantes y en sus posibles complicaciones patológicas. **Revista Complutense de Ciências Veterinárias**. V. 2, n. 2 p. 66-72, 2008. Disponível em: <<http://revistas.ucm.es/index.php/RCCV/article/view/RCCV0808220066A/22517>> Acesso em: 12 jul. 2012.
- SOROKO, M. et al. The Effectiveness of Thermographic Analysis in Equine Orthopedics. **Journal of Equine Veterinary Science**. V. 33, p.760-2, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0737080612008738>>. Acesso em: 25 fev. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2012.11.009>.
- SCHAEFER, A. L. et al. Early detection and prediction of infection using infrared thermography. **Canadian Journal of Animal Science**. V.84, n.1, p.73-80, 2004. Disponível em: <<http://pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/A02-104>> Acesso em: 27 dez. 2013. DOI: 10.4141/A02-104.
- SCHAEFER A.L. et al. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. **Research in Veterinary Science**. V.83, n.3 p.376-84, 2007. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034528807000100>> Acesso em: 12 jul. 2012.
- SCHAEFER A.L. et al. The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. **Research in Veterinary Science**. V.93, p.928-35, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034528811003833>> Acesso em : 17 dez. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.09.021>.
- TURNER, T. A. Use of Thermography in Lameness Evaluation. **AEEP Proceedings**. V.44, p.224-6, 1998. Disponível em: <<http://www.ivis.org/proceedings/AAEP/1998/Turner.pdf>> Acesso em: 12 jul. 2012.

Figura 1 – Foto termográfica de um bezerro onde se visualizam dois pontos de temperatura; na extremidade auricular (Sp1), área com menor temperatura, e na órbita do olho (Sp2), área com temperatura mais elevada.



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Figura 2 – Relação entre os achados de CMT e TSG de vacas em dois estudos.



Fonte: Polat et al. (2010) e Colack et al. (2008).

Tabela 1 – Resultados das temperaturas de glândulas de ovelhas saudáveis com mastite clínica e mastite subclínicas, utilizando a Termografia Infravermelha.

Autores	Mamas saudáveis (°C)	Mamas com Mastite clínica (°C)	Mamas com mastite subclínica (°C)
Trabalho 1 [Martins <i>et al</i> (2013)]	37,04	36,67	37,46
Trabalho 2 [Nogueira <i>et al</i> (2013)]	34,28	33,04	33,8
Diferenças entre os trabalhos	2,76	3,63	3,66

Fonte: Adaptado pelo autor de – Martins et al. (2013) e Nogueira et al. (2013)

CAPÍTULO 2

TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelha⁴

INFRARED THERMOGRAPHY: an assistant tool in the diagnosis and prognosis of mastitis in sheep

Francisco Roserlândio Botão Nogueira⁵
 Bonifácio Benício de Souza⁶
 Maria das Graças Xavier de Carvalho⁷
 Felício Garino Junior⁸
 Ana Valéria Mello S. Marques⁹
 Rodrigo Formiga Leite¹⁰

RESUMO

Estudos e pesquisas sobre mastite em ovelhas são necessidades urgentes, para fundamentar estratégias ou programas de prevenção, tratamento e controle. Para tanto, é imprescindível que se desenvolvam técnicas e procedimentos diagnósticos de fácil e rápida aplicação e que possam ser utilizados em campo. A termografia infravermelha (TIV) é apontada, em alguns estudos que analisam a mastite bovina, como uma ferramenta dotada de tais características. Considerando os resultados promissores da TIV, objetivou-se, com este trabalho, estudá-la como ferramenta auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelhas deslanadas. Foram avaliadas 49 ovelhas das raças Santa Inês, Dorper e mestiças resultantes dos cruzamentos entre ambas. Um total de 98 metades mamárias foram avaliadas clinicamente, tendo como referência: simetria; consistência; presença de nódulos e aspectos do leite. Também foram realizados California Mastitis Teste (CMT) e exame microbiológico das secreções lácteas. As imagens termográficas foram obtidas entre 06h30min e 07h30min da manhã, com os animais à sombra. O índice de temperatura e umidade (ITU) médio para o horário foi de 68,9. As Temperaturas Superficiais das Glândulas (TSG) obtidas nas imagens termográficas foram 34,28°C(+1,2674), 33,04°C(+1,4423) e 33,8°C(+1,1126) nas metades saudáveis, com mastite clínica e subclínicas, respectivamente. A TSG também variou, significativamente, em função das alterações na consistência do tecido das glândulas com mastite clínica, indicando variados estágios do processo inflamatório. As metades com

⁴ Capítulo publicado em forma de artigo na Revista Brasileira de Medicina Veterinária no número 35, volume 3, páginas 289-97, jul/set 2013

⁵ Médico-veterinário, Me., Campus Sousa do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB. Rua Presidente Tancredo Neves, s/n Jardim Sorrilândia – Sousa/PB CEP: 58800-970. E-mail: francisco.nogueira@ifpb.edu.br Cel: (83) 8149-4616 *(autor para correspondência).

⁶ Zootecnista – Dr. Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG UFCG / Centro de Saúde e Tecnologia Rural CSTR / Campus de Patos – PB Cx.P.: 64 – CEP: 58708-110 bonifacio@pq.cnpq.br

⁷ Médica-Veterinária, Dr^a., Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG UFCG / Centro de Saúde e Tecnologia Rural CSTR / Campus de Patos – PB Cx.P.: 64 – CEP: 58708-110 mgxc@bol.com.br

⁸ Biólogo, Dr. Hospital Veterinário da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG. UFCG / Centro de Saúde e Tecnologia Rural CSTR / Campus de Patos – PB Cx.P.: 64 – CEP: 58708-110 garinofjr@hotmail.com

⁹ Médica-Veterinária, Dr^a., Campus Sousa do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB. Rua Presidente Tancredo Neves, s/n Jardim Sorrilândia – Sousa/PB CEP: 58800-970 anavaleriavet@hotmail.com

¹⁰ Médico-Veterinário, Campus Sousa do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB. Rua Presidente Tancredo Neves, s/n Jardim Sorrilândia – Sousa/PB CEP: 58800-970. rodrigoformigaleite@gmail.com

consistência diminuída e nódulos pequenos foram as que apresentaram menores valores médios, $30,1^{\circ}\text{C}(+0,708)$ e $32,7^{\circ}\text{C}(+1,379)$, seguidas por consistência aumentada $33,5^{\circ}\text{C}(+1,407)$, nódulo grande $33,9^{\circ}\text{C}(+1,056)$, sem alteração $33,9^{\circ}\text{C}(+1,168)$ e nódulo médio $34,1^{\circ}\text{C}(+0,340)$. A TIV, associada a outras técnicas, como exame clínico, apresenta potencial para ser uma ferramenta auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelhas, podendo ajudar na tomada de decisão e na adoção de práticas de manejo nos rebanhos.

Palavras-chave: Inflamação. Glândula mamária. Ovino. Semiárido.

ABSTRACT

The production of knowledge about mastitis in sheep is an immediate necessity to base prevention, treatment and control strategies or programs. In order to do so, it is required to develop easy-to-adopt diagnosis techniques and procedures to be used in field. Infrared thermography (IRT) is pointed in some dairy cattle mastitis studies as a tool which presents these characteristics. Considering the positive results produced by IRT, the present work is aimed at studying it as assistant tool in the diagnosis and prognosis of mastitis in sheared sheep. It was evaluated 49 sheep of the breeds Santa Inês, Dorper, or crossbreed resulting from both. A total of 98 half mammary gland was clinically evaluated, using as reference symmetry, consistency, existence of nodules, and milk aspect. It was also performed the California Mastitis Test (CMT) and microbiological test of milk secretions. Thermographic images were obtained from 06h30 to 07h30, with animals resting in the shadow. The average temperature and humidity index (THI) at that time was 68.9. Gland superficial temperatures (GST) obtained from thermographic images were $34.28^{\circ}\text{C}(+1.2674)$, $33.04^{\circ}\text{C}(+1.4423)$, and $33.8^{\circ}\text{C}(+1.1126)$ in the healthy halves, with clinical mastitis, and subclinical mastitis, respectively. GST also presented some significant variation due to alterations in the consistency of the clinically diseased tissue, thus indicating several stages in the inflammatory process. Halves with decreased consistency and small nodules presented lower average values of $30.1^{\circ}\text{C}(+0.708)$ and $32.7^{\circ}\text{C}(+1.379)$, followed by increased consistency $33.5^{\circ}\text{C}(+1.407)$, large nodule $33.9^{\circ}\text{C}(+1.056)$, with no alteration $33.9^{\circ}\text{C}(+1.168)$, and medium nodule $34.1^{\circ}\text{C}(+0.340)$. Associated with other techniques such as clinical exams, IRT has great potential to be an assistant tool in the diagnosis and prognosis of mastitis in sheep, and it may help in taking decisions and adopting herd management practices.

Keywords: Infrared thermography. Mastitis. Sheep. Semi-arid.

1 INTRODUÇÃO

A mastite é o resultado da resposta imunológica a algum tipo de agressão sofrida pelo tecido mamário, com consequências imediatas para o animal, por provocar dor e desconforto, fato que influencia, diretamente, o seu bem-estar e por consequência, na eficiência produtiva dos rebanhos, pois reduz a produtividade ao elevar os custos de produção.

A mastite possui etiologias variadas, porém, as mais estudadas são as de origem

microbiana, principalmente as bacterianas. Existe uma diversidade de estudos sobre mastite, principalmente em bovinos, cujos conhecimentos contribuíram para o desenvolvimento de técnicas e procedimentos de diagnósticos já padronizados que permitem, inclusive, a identificação em estágios iniciais da doença, fato que amplia as possibilidades de sucesso no tratamento, além de permitir o desenvolvimento de programas de manejo baseados na prevenção e controle. Porém, como afirmaram Arsenault et al. (2008), em ovelhas criadas para produção de carne, poucos estudos foram realizados.

A escassez de pesquisas sobre esta patologia, em ovinos, associada à baixa eficiência dos diagnósticos são alguns dos principais fatores que limitam o tratamento e a prevenção. Alguns trabalhos já foram desenvolvidos em várias partes do mundo mas, na sua maioria, o objetivo principal foi estudar a etiologia e/ou epidemiologia (FTHENAKIS, 1994; LAFI et al., 1998; AL-MAJALI & JAWABREH, 2003; SILVA et al., 2010; FOTOU et al., 2011).

Pouco se sabe, também, sobre seus impactos no desempenho dos rebanhos. Embora não se disponha de estudos mais sistematizados sobre seus impactos, é possível inferir que sua presença nos rebanhos ovinos, assim como nos bovinos, contribui significativamente para a diminuição do desempenho produtivo dos animais, devido ao seu principal efeito fisiológico, a redução na produção de leite. Tal efeito se expressa mesmo nos rebanhos de ovinos deslanados, cuja finalidade principal é a produção de carne. Nestes, o leite das ovelhas lactantes é o principal alimento para as crias nos primeiros dias de vida e sua diminuição ou ausência terá efeito imediato na sobrevivência e no peso ao desmame dos borregos, como afirmaram Arsenault et al. (2008).

Produzir conhecimentos sobre o comportamento da mastite em ovelhas é uma necessidade urgente para fundamentar estratégias ou programas de prevenção, tratamento e controle. Para tanto, é imprescindível que se desenvolvam técnicas e procedimentos diagnósticos de fácil e rápida aplicação e que possam ser utilizados em campo.

Algumas técnicas de diagnóstico utilizadas em bovinos são adotadas para os ovinos como, por exemplo: exame clínico; identificação da alteração das células de defesa na glândula mamária, pelas técnicas de contagem de Células Somáticas (CCS) ou California Mastitis Teste (CMT) e Isolamento do microrganismo (MAVROGENISA et al., 1995; GONZALEZ-RODRIGUEZ & CLRRNENES 1996; SUAREZ et al., 2002; SILVA et al., 2010; MCDOUGALL et al., 2001).

Uma técnica que está sendo estudada para se estabelecer um diagnóstico de processos inflamatórios em medicina humana e veterinária é a termografia infravermelha (TIV). Técnica baseada no princípio de que todos os corpos formados de matéria emitem certa carga de

radiação infravermelha, proporcional a sua temperatura. Esta radiação pode ser capturada em um termograma que expressa o gradiente térmico em um padrão de cores (EDDY et al., 2001).

A temperatura de superfície dos animais depende do fluxo sanguíneo e da taxa metabólica dos tecidos subcutâneos (NIKKHAH et al., 2005). Muitas infecções que desencadeiam processos inflamatórios, como resposta imunológica, alteram o fluxo sanguíneo e por consequência, a temperatura na região afetada (Berry et al., 2003). Alterações de superfície da pele podem ser detectadas, utilizando a TIV, com sucesso (BOUZIDA et al., 2009).

Na medicina humana, a TIV tem recebido maior atenção em áreas como avaliação da termorregulação (BOUZIDA et al., 2009), procedimento cirúrgico (WEERD et al., 2011), diagnósticos intravascular por imagem (VERHEYE et al., 2004), reumatologia (RING 2004), fisiologia da respiração (LEWIS et al., 2011) e câncer de mama (WISHART et al., 2010, Bezerra et al., 2012); na medicina veterinária, são desenvolvidas pesquisas nas áreas de: mastite bovina (BERRY et al., 2003, NIKKHAH et al., 2005, COLAK, et al., 2008, HOVINEN et al., 2008, RODRIQUÉZ et al., 2008, POLAT et al., 2010), lesões inflamatórias e problemas locomotores em equinos (EDDY, et al., 2001; FONSECA, et al., 2006; BASILE et al., 2010), doença respiratória em bezerros (SCHAEFER et al., 2007; SCHAEFER, et al., 2011) diagnóstico de febre aftosa (RAINWATER-LOVETT et al., 2009), avaliação de comportamento e bem-estar animal (STEWART et al., 2005, LUDWIG et al., 2007, KOTRBA et al., 2007, MCCAFFERTY et al, 2011, Paim, et al., 2012) e avaliação da produção de gás metano por vacas leiteiras (MONTANHOLI et al., 2008).

Muitos estudos apresentam a TIV como potencial ferramenta para auxiliar no diagnóstico de processos inflamatórios nas várias espécies de animais mamíferos. Considerando este potencial, objetivou-se, com este trabalho, estudar o uso da termografia infravermelha como ferramenta auxiliar no diagnóstico de mastite em ovelhas deslanadas, criadas para a produção de carne.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ANIMAIS E O LOCAL DO EXPERIMENTO

Foram avaliadas 49 ovelhas das raças Santa Inês, Dorper e mestiças resultantes dos cruzamentos entre ambas. Os animais estavam distribuídos em dois rebanhos, um no

município de Sousa-PB – no Campus do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia-IFPB – com 29 animais, e o outro no município de Condado-PB, com 20 animais. Ambos os municípios estão localizados na mesorregião do sertão paraibano, sob influência do clima semiárido. Os dois rebanhos recebiam práticas de manejo semelhantes, com os animais liberados para o pastejo algumas horas após o nascer do sol e recolhidos para o curral no final da tarde.

2.2 OBTENÇÃO DAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS – TERMOGRAMAS

Os termogramas foram obtidos entre 06h30min e 07h30min da manhã, com os animais à sombra. O índice de temperatura e umidade (ITU) médio para o horário foi de 68,9. Os animais foram mantidos de pé com os membros pélvicos levemente afastados e a cauda levantada, para enquadramento centralizado da região caudal das duas metades da glândula. A câmera foi mantida a uma distância aproximada de 1 metro do animal, sempre colocada a um ângulo de 90° em relação ao solo.

A câmera utilizada foi um Termovisor da marca Fluke, modelo Ti25®, equipada com um microbolômetro que permite uma matriz de plano focal de 160 x 120 pixels e um sensor digital, que permite obter o termograma como parte de uma imagem digital. A câmera possui um calibrador interno para calibração automática da temperatura. A emissividade utilizada foi 0,98 e precisão de 0,1°C. As imagens termográficas geradas tinham resolução 160 X 120 pixels, onde cada pixel representa um ponto de temperatura.

Uma vez transferidas para o computador, os termogramas foram avaliados com o auxílio do software SmartView 3.2, disponibilizado pelo fabricante da câmera. Para análise das temperaturas, foram desenhados quadrados de 10x10 pixels, que acumulam a captação de 100 pontos de temperatura e apresentam a máxima, média e mínima da área onde estão localizados. Os quadros foram colocados nas regiões mais centrais das glândulas e na região caudal do membro pélvico esquerdo sobre os músculos semimembranáceo e semitendíneo.

2.3 EXAME CLÍNICO

Foi realizado exame clínico geral de cada animal, bem como inspeção e palpação da glândula mamária, segundo metodologia descrita por (FEITOSA 2008). Este teve como objetivo identificar os processos inflamatórios em outros órgãos diferentes das glândulas mamárias. Achados deste gênero colocaram os animais em condição de impossibilidade de

participarem da pesquisa.

Durante a inspeção, observou-se, principalmente: simetria; presença de processos inflamatórios e cicatrizes ou corpos estranhos (umidade, esterco, terra) na superfície da pele. Durante a palpação, avaliaram-se alterações específicas do tecido glandular, as quais foram classificadas como: sem alteração; com presença de nódulo pequeno, médio ou grande e com consistência aumentada ou diminuída. Para classificar os nódulos, adotou-se, como referência, o tamanho aproximado, em centímetros, de 1-3 para pequenos, 3-5 para médios e maior que 5 para grande.

A avaliação da secreção láctea foi realizada, quanto ao aspecto, utilizando-se a caneca de fundo escuro para observar a cor ou a presença de grumos, pus ou sangue. Em seguida, foi realizado o *California Mastitis Test* (CMT) como indicador da concentração de células de defesa na glândula. Adotou-se a seguinte classificação: negativo, quando a reação foi negativa ou apresentou traços; positivo, quando a reação foi 1+, 2+ ou 3+.

A avaliação clínica e o CMT permitiram realizar o diagnóstico de cada metade das glândulas, classificadas como saudável, com mastite clínica ou mastite subclínica. As metades saudáveis não apresentaram nenhum sinal clínico e foram negativas no CMT. Foram consideradas com mastite clínica, as metades que apresentaram alguma alteração no tecido glandular identificada durante a palpação e/ou alteração no aspecto da secreção láctea, como a presença de grumos, sangue ou pus. As glândulas que apresentaram consistência aumentada somente foram consideradas com mastite clínica quando associadas a outros achados, como alteração no tamanho e consistência dos linfonodos mamários. Nos casos em que foi observada qualquer reação positiva no CMT, sem achado clínico, o diagnóstico foi considerado de mastite subclínica.

2.4 CONCENTRAÇÃO DE FIBRINOGENIO PLASMÁTICO

A concentração de fibrinogênio plasmático foi determinada através da técnica de precipitação térmica (SCHALM, 1970). O sangue foi obtido por meio de venopunção na jugular, em tubos com sistema a vácuo, contendo ácido etilenodiaminotetracetato dissódico. As amostras foram identificadas, refrigeradas e assim mantidas até a análise.

No laboratório do Hospital Veterinário de Patologia e Clínica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), as amostras foram descongeladas e, posteriormente, homogeneizadas. Preencheram-se dois tubos capilares com posterior vedação de uma de suas extremidades. Em seguida, esse material foi centrifugado a 12.000rpm por dez minutos e, a

partir do sobrenadante, determinou-se a concentração da proteína plasmática total (PPT), com o auxílio de um refratômetro. Os tubos capilares remanescentes foram acondicionados em Banho-Maria a 57°C por cinco minutos e, em seguida, recentrifugados a 12.000rpm por cinco minutos. Por meio deste tubo capilar, pôde-se efetuar outra análise refratométrica do sobrenadante, obtendo-se a concentração das proteínas plasmáticas, neste momento, sem o fibrinogênio precipitado. Por diferença de concentração entre os dois valores de proteína plasmática, obteve-se a concentração do fibrinogênio plasmático em mg/dL.

2.5 COLETA E ANÁLISE DAS SECREÇÕES LÁCTEAS

Após os testes de triagem, foram coletadas amostras de secreção láctea de cada metade das glândulas mamárias. Antes, os tetos foram devidamente desinfetados, lavados com solução de hipoclorito de sódio a 1% e secos individualmente com papel toalha descartável; em seguida, realizou-se a antissepsia com álcool iodado (2,5%) e coletaram-se as amostras em frascos estéreis, os quais foram encaminhados – devidamente acondicionados em caixas térmicas com gelo – ao laboratório de microbiologia do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Campina Grande – HV/UFCG.

No laboratório, as amostras foram semeadas em meio Agar sangue ovino 5% e Agar MacConkey, incubadas a 37°C, sendo realizadas leituras com 24 a 72 horas de incubação. Nos microrganismos isolados, foram realizados exames bacterioscópicos pelo método de Gram, submetidos às seguintes provas de identificação: produção de catalase; coloração de Gram; coagulação de plasma de coelho; urease; indol; motilidade em ágar semissólido; esculina; acidificação de carboidratos; oxidação-fermentação em meio de Hugh e Leifson; produção de H₂S; crescimento em TSI; ágar citrato de Simmons; "Camp Test"; VM/VP, oxidase.

2.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Cada metade de glândula foi considerada como uma unidade de análise, para efeitos de tratamento estatístico. Foi utilizado o teste-t para observar a variabilidade das médias das temperaturas superficiais das glândulas (TSG). A análise de correspondência foi utilizada para observar a associação entre o diagnóstico microbiológico e o diagnóstico clínico. Para avaliar a relação entre o diagnóstico clínico, as alterações clínicas específicas da glândula e a TSG ou a concentração de fibrinogênio plasmático, os dados foram distribuídos em um gráfico tipo Box-plot associado ao teste Kurskal-Wallis. Médias e frequências também foram utilizadas

para apresentar os dados. O valor de significância, considerado para todas as análises, foi $p < 0,05$. Utilizou-se o software STATISTICA 10.0.

3 RESULTADOS

Foram avaliadas clinicamente e gerados termogramas de 98 (2x49 metades mamárias) glândulas mamárias, porém, para o exame microbiológico, só foram obtidas secreções lácteas de 85 metades, conforme se observa na Tabela 1.

Quanto aos achados específicos de alteração do tecido glandular, observados durante a palpação, 38,78% (38/98) das metades mamárias não apresentaram nenhuma alteração, 30,61% (30/98) apresentaram nódulos pequenos, 13,27% (13/98) nódulos médios, 4,08% (4/98) nódulos grandes, 9,18% (9/98) consistência aumentada e 4,08 (4/98) consistência diminuída.

A frequência dos resultados do exame microbiológico variou também em função do tipo de alteração encontrado nas glândulas. Aquelas metades com nódulos grandes tiveram a maior taxa de isolamento 75% (3/4), seguidas pelas de consistência aumentada com 55% (5/9). Nos achados de consistência diminuída, foram 25% (1/4), nódulo pequeno 30,43% (7/23) e nódulo médio 30% (3/10). Ainda foram isolados micro-organismos em 31,43% (11/35) das metades sem alteração.

A concentração de fibrinogênio plasmático variou em função do diagnóstico: saudável; mastite clínica e mastite subclínica, com $p < 0,006$ atingindo maior média nas ovelhas que tiveram diagnóstico de mastite clínica 412,3(+148,43); as que se mostraram com mastite subclínica e saudáveis, apresentaram 346,46mg/dl (+124,59) e 266,66mg/dl (+108,4) de média, respectivamente. Esta proteína também variou significativamente em função dos achados de alterações no tecido glandular (Fig. 1).

As TSG obtidas nas imagens termográficas apresentaram diferenças significativas entre os resultados do diagnóstico clínico (Fig. 2). As TSG nas glândulas saudáveis, com mastite clínica ou subclínicas foram 34,28°C(+1,2674), 33,04°C(+1,4423) e 33,8°C(+1,1126), respectivamente.

Quando associadas as TSG com as alterações específicas do tecido glandular, também foi encontrada uma relação significativa, conforme se observa na Figura 3, sendo que metades com consistência diminuída e nódulos pequenos foram as que apresentaram menores valores, 30,1°C(+0,708) e 32,7°C(+1,379), seguidas por consistência aumentada 33,5°C(+1,407), nódulo grande 33,9°C(+1,056), sem alteração 33,9(+1,168) e nódulo médio 34,1°C(+0,340).

Nas glândulas sem alteração e/ou saudáveis, a temperatura é distribuída de forma relativamente uniforme, e é semelhante nas duas metades das glândulas, 34,2°C na esquerda e 34,0°C na direita, (Fig. 4A). Enquanto nas glândulas com alterações é possível observar heterogeneidade na distribuição de cores na imagem, com maior variação entre a mínima e máxima, o que indica variações de temperatura às vezes na mesma metade ou entre as duas metades. A imagem 4B teve média de 31,9°C na glândula esquerda e 31,4°C na direita e os achados clínicos foram nódulos pequenos nas duas. Na imagem 4C, os achados clínicos foram nódulo médio e grande na esquerda e direita com médias de 34,2°C e 32,6°C respectivamente. Na imagem 4D, por sua vez, as temperaturas médias foram de 29,3°C e 30,4°C e o achado clínico foi diminuição de consistência ou flacidez em ambas as metades.

4 DISCUSSÕES

O exame microbiológico é considerado uma importante prova para o diagnóstico de mastite, no entanto, o crescimento de microrganismos das secreções lácteas só foi possível em 39,6% (21/53) das glândulas com diagnóstico de mastite clínica. Marogna et al. (2010) ao estudar a mastite em ovelhas, verificaram uma taxa de isolamento de 81% nas secreções obtidas de glândulas com algum sinal clínico. O mesmo fato foi observado por (SILVA et al., 2010) que obtiveram isolamento microbiano em 71,4% das glândulas nas mesmas condições. Segundo estes autores, o não isolamento do microrganismo é um achado multifatorial e pode envolver eliminação espontânea da infecção, baixa concentração de patógenos na secreção láctea, alteração no padrão de eliminação do micro-organismo, localização intracelular e técnicas inadequadas de coleta. Considerando que os procedimentos técnicos foram rigorosamente seguidos, os outros fatores ajudam a explicar a baixa taxa de isolamento, pois, neste estudo, os diagnósticos de mastite clínica foram todos de curso crônico, o que contribui para a eliminação espontânea da infecção ou, no mínimo, para a diminuição da concentração do microrganismo.

As 98 metades de glândulas estudadas apresentaram significativa diferença de temperatura superficial entre elas, com média 33,9°C (+1,445), mínima 29,4°C e máxima de 36,8°C e $p=0,000$. Também foi possível observar uma associação entre esta e o diagnóstico clínico (Fig. 2). Aquelas que se mostraram com mastite clínica, apresentaram TSG menor que as saudáveis ou com mastite subclínica 1,24°C e 0,76°C respectivamente. Resultado diferente dos encontrados por Hovinen et al. (2008), Polat et al. (2010), que, ao se utilizarem da mesma técnica para diagnosticar mastite em vacas, encontraram elevação da temperatura nos casos

de mastite clínica. Os resultados desses autores eram esperados, pois processos inflamatórios aumentam o metabolismo do tecido com incremento na geração e irradiação de calor (BERRY et al., 2003).

A diferença entre o resultado descrito por aqueles autores e este estudo é explicada pelo fato de eles terem avaliado casos de mastite clínica aguda. Neste, só foram encontradas metades mamárias com mastite clínica crônica, caracterizada pela alteração na consistência do tecido glandular e presença de nódulos.

Fthenakis & Jones (1990) inocularam *Staphylococcus* spp em glândulas saudáveis de ovelhas e observaram, no exame histopatológico, que, naquelas inoculadas havia infiltração massiva de neutrófilos, do 4º ao 11º dia após a inoculação, característica de um processo pró-inflamatório. Após o 18º dia, os principais achados foram: infiltração de linfócitos; destruição alveolar e proliferação de tecido conjuntivo fibroso – processo anti-inflamatório ou de reparação, o que resultou em áreas com consistência diferenciadas identificadas à palpação, principalmente, como nódulos. A substituição do tecido alveolar por tecido conjuntivo fibroso, em alguns casos, pode ser total (ALAWA et al., 2000).

O tecido conjuntivo, devido a sua estrutura e composição bioquímica, é o que apresenta menor consumo de oxigênio e atividade metabólica (WHITEHOUSE & BOSTRÖM, 1962). Isso sugere uma explicação para o fato de as metades que apresentaram nódulos pequenos terem apresentado áreas com menor temperatura; são áreas resultantes do processo de reparação tecidual nas quais o tecido alveolar é substituído por tecido conjuntivo fibroso que gera e irradia menos calor que o tecido glandular (Fig. 3 e 4B). Os nódulos grandes e médios ainda devem apresentar maior atividade pro-inflamatória, embora alguns nódulos grandes apresentem baixa temperatura (Fig. 4C).

As hipóteses acima são reforçadas pelos achados da concentração de fibrinogênio plasmático, que foram maiores nas ovelhas que apresentaram nódulos grandes em suas mamas e reduziram à medida que os nódulos diminuíram o tamanho (Fig. 1). Este fato aponta para uma relação entre os achados clínicos, o estágio inflamatório e a TSG.

Não se pode afirmar em qual estágio inflamatório se encontram cada uma das metades mamárias, nem que concentrações de fibrinogênio apresentam valores de fibrinogenemia, com exceção das metades que apresentaram nódulos grandes. Entretanto, a concentração dessa proteína de fase aguda guarda uma associação com os tipos de alterações no tecido, fato indicativo de que há algum estágio inflamatório, pois, segundo (COSTA et al., 2010), ela é um bom indicador de mastite em ovelhas, posto que sua síntese se mantém aumentada desde o início até o final dos sinais clínicos da doença.

A maior concentração média de fibrinogênio (600mg/dl) foi encontrada nas ovelhas que tinham nódulos grandes em suas mamas, embora com TSG muito semelhantes aquelas sem alteração. Pode-se considerar como hipótese, que os nódulos grandes caracterizam-se por um processo de transição entre os estágios pró e anti-inflamatórios e com a evolução haverá aumento ou redução na temperatura superficial da glândula. As que apresentaram as menores TSG tiveram as mais baixas concentrações de fibrinogênio, nas com nódulos pequenos 370mg/dl(+123,79) e consistência diminuída 350mg/dl (+57,53), próximo aquelas sem alteração 326,31mg/dl (+132,91), indicando o final do processo inflamatório. Esta hipótese aponta para a necessidade do estudo e desenvolvimento de padrões de uso da TIV, considerando, por exemplo, a patogenia da mastite em ovelhas.

Embora os estudos venham mostrando resultados promissores, alguns fatores devem ser observados durante uso desta tecnologia. Considerando a alta correlação entre a TSG e a temperatura da pele sobre os músculos do membro pélvico esquerdo, $r=0,700$ e $p<0,0000$ e sendo a pele o principal órgão de termorregulação dos animais homeotérmicos, pode-se afirmar que o processo de termorregulação é um fator importante a ser observado durante o uso da TIV. Assim, deve-se observar a condição de conforto térmico dos animais, pois animais em hipo ou hipertermia podem dificultar e/ou diminuir a eficiência do diagnóstico.

Além do conforto térmico, devem ser observados durante o uso da câmera, fatores como: umidade da pele, presença de resíduos orgânicos e inorgânicos (esterco, solo, restos placentários) e tamanho do pelo, que também pode influenciar na real temperatura de superfície (RODRÍGUEZ et al., 2008); condições ambientais (KUNC et al., 2007); exposição a radiação solar, e atividade física dos animais (BERRY, et al. 2003); regiões ou estruturas do animal, que por sua localização anatômica apresentam, naturalmente, temperaturas mais elevadas, como a prega inguinal (RODRÍGUEZ et al., 2008).

5 CONCLUSÕES

A termografia permite identificar diferenças de temperaturas entre as metades mamárias saudáveis ou com mastite subclínicas daquelas com mastite clínica em estágio crônico.

As metades mamárias com alterações específicas na consistência e/ou presença de nódulos apresentaram temperaturas diferentes, quando comparados entre elas ou com as metades sem alteração, sugerindo diferentes estágios evolutivos do processo inflamatório no tecido glandular.

A termografia infravermelha, se associada ao diagnóstico clínico e/ou microbiológico, tem potencial para ser uma importante ferramenta no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelhas e auxiliar na tomada de decisões, bem como, na adoção de novas práticas de manejo em rebanhos de ovelhas deslanadas.

REFERÊNCIAS

- ALAWA, J.P.; NGELE, M.B. & OGWU, D. Chronic caprine mastitis in Nigerian goat breeds: microbiological flora and histopathological findings. **Small Ruminant Research** n° 35:203-207, 2000.
- AL-MAJALI; A.M. & JAWABREH, S. Period prevalence and etiology of subclinical mastitis in Awassi sheep in southern Jordan. **Small Ruminant Research** n° 47:243-248, 2003.
- ARSENAULT, J.; DUBREUIL, P.; HIGGINS, R. et al. Risk factors and impacts of clinical and subclinical mastitis in commercial meat-producing sheep flocks in Quebec, Canada. **Preventive Veterinary Medicine.**, n° 87, p. 373-93, 2008.
- BASILE, R.C.; BASILE, M.T.; FERRAZ, G. C. et al. Equine inflammatory process evaluation using. **ARS Veterinaria**, n° 2, p. 077-81, 2010.
- BERRY, R. J.; KENNEDY, A. D.; SCOTT, S. L. et al. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. **Canadian Journal of Animal Science**, n° 83, p.687-93, 2003.
- BEZERRA, L. A.; OLIVEIRA, M.M.; ROLIM, T.L. et al. Estimation of breast tumor thermal properties using infrared images. 2012.
- BOUZIDA, N.; BENDADA, A.; MALDAGUE, X. P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, n° 34:120-26, 2009.
- COLAK, A.; POLAT, B.; OKUMUS, Z. et al. Early detection of mastitis using Infrared thermography in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 91:4244–4248, 2008.
- COSTA, N. de A. C; SIMÃO, L.C.V.; SANTOS, R. A. dos et al. Proteinograma e teores de cobre, ferro e zinco no soro sanguíneo de ovelhas da raça Santa Inês com mastite experimental por *Staphylococcus aureus*. **Pesq. Vet. Bras.** n° 5, p.435-42, 2010.
- EDDY ,A.L.; VANHOOGMOED, L.M. & SNYDER, J.R. The Role of Thermography in the Management of Equine Lameness. **The Veterinary Journal**, n° 162, p.172-81, 2001.
- FEITOSA, F.L.F. *Semiologia Veterinária: a arte do diagnóstico*. 2. ed. São Paulo: Roca, 2008. 754p.
- FONSECA, B.P.A.; ALVES, A.L.G; NICOLETTI, J.L.M. et al. Thermography and Ultrasonography in Back Pain Diagnosis of Equine Athletes. **Journal of Equine Veterinary Science**, n° 26, p.507-16, 2006.

FOTOU, K.; TZORA, A.; VOIDAROU, Ch. et al. Isolation of microbial pathogens of subclinical mastitis from raw sheep's milk of Epirus (Greece) and their role in its hygiene. **Anaerobe**. N°17, p. 315-19, 2011.

FTHENAKIS, G. C. Prevalence and aetiology of subclinical mastitis in ewes of Southern Greece. **Small Ruminant Research**, n° 13, p. 293-300, 1994.

FTHENAKIS, G. C. & Jones, J.E.T. The Effect of Inoculation of Coagulase-negative Staphylococci into the Ovine Mammary Gland. **J. Comp. Path.** N° 102, p. 211-19, 1990.

GONZIILEZ-Rodriguez; M.C. & Cárrnenes, P. Evaluation of the California mastitis test as a discriminant method to detect subclinical mastitis in ewes. **Small Ruminant Research**, n° 21, p.45-250, 1996.

HOVINEN, M.; SIIVONEN, J.; TAPONEN, S. et al. Detection of Clinical Mastitis with the Help of a Thermal Camera. **J. Dairy Sci.**, n° 91:4592-98, 2008.

KOTRBA, R.; KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P. et al. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, n° 32, p. 355-9, 2007.

KUNC, P.; KNÍŽKOVÁ, I.; PŘIKRYL, M. et al. Infrared thermography as a tool to study the milking process: a review. **Agricultura Tropica et Subtropica**, n° 1, p.29-32, 2007.

LAFI, S.Q.; AL-MAJALI, A.M.; ROMAN, M.D. et al. Epidemiological studies of clinical and subclinical ovine mastitis in Awassi sheep in northern Jordan. **Preventive Veterinary Medicine**, n° 33, p. 171-81, 1998.

LEWIS, G.; GATTO, R.G. & PORGES, S.W. A novel method for extracting respiration rate and relative tidal volume from infrared thermography. **Psychophysiology**, n° 48, p. 877-87, 2011.

LUDWIG, N.; GARGANO, M.; LUZI, F.; et al. Technical note: applicability of infrared thermography as a noninvasive measurement of stress in rabbit. **World Rabbit Sci.**, n° 15, p. 199- 206, 2007.

MAROGNA. G.; ROLESU, S.; LOLLAI, S. et al. Clinical findings in sheep farms affected by recurrent bacterial mastitis. **Small Ruminant Research**, n° 88, p.119-25, 2010.

MAVROGENISA, P., KOUMAS, A., KAKOYIANNISB, C.K. et al. Use of somatic cell counts for the detection of subclinical mastitis in sheep. **Small Ruminant Research**, n° 17, p. 79-84, 1995.

MCCAFFERTY, D.J.; GILBERT, C.; PATERSON, W. et al. Estimating metabolic heat loss in birds and mammals by combining infrared thermography with biophysical modelling. **Comparative Biochemistry and Physiology**, n° 158, p. 337-45, 2011.

MCDUGALL, S.; MURDOUGH, P.; PANKEY, W. et al. Relationships among somatic cell count, California mastitis test, impedance and bacteriological status of milk in goats and sheep in early lactation. **Small Ruminant Research**, n° 40, p. 245-54, 2001.

MONTANHOLI. Y.R.; ODONGO, N.E.; SWANSON, K.C. et al. Application of infrared

thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). **Journal of Thermal Biology**, n° 33, p. 468-75, 2008.

NIKKHAH, A.; PLAIZIER, J. C.; EINARSON, M. S. et al. Infrared Thermography and Visual Examination of Hooves of Dairy Cows in Two Stages of Lactation. **J. Dairy Sci.**, n° 88, p. 2749-53, 2005.

PAIM, T. do P.; BORGES, B.O.; LIMA, P. de M.T. et al. Thermographic evaluation of climatic conditions on lambs from different genetic groups. **Int J Biometeorol**, 2012.

POLAT, B.; COLAK, A.; CENGIZ, M. et al. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, n° 93, p. 3525-32, 2010.

RAINWATER-LOVETT, K.; PACHECO, J.M.; PACKER, C. et al. Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. **The Veterinary Journal**, n° 180, p. 317-24, 2009.

RING, E.F.J. The historical of development imaging in medicine. **Rheumatology**, n° 43, p. 800-2, 2004.

RODRÍGUEZ, P. del C.; MATAMOROS, A. S.; VALILLA, J.C. et al. posibles complicaciones patológicas. **RCCV**, n° 2:66-72, 2008.

SCHAEFER, A.L.; COOK, N.J.; CHURCH, J.S. et al. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. **Research in Veterinary Science**, n° 83, p. 376-84, 2007.

SCHAEFER, A.L.; COOK, N.J.; BENCH, C. et al. The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. **Res. Vet. Sci.**, DOI:10.1016/j.rvsc.2011.09.021, 2011.

SCHALM, O.W. Clinical significance of plasma protein concentration. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 157, n.11, p. 1672-3, 1970.

STEWART, M., WEBSTER, JR., SCHAEFER, AL. et al. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. **Animals Welfare**, n° 14, p. 319-25, 2005.

SILVA, N. S.; SILVEIRA, J.A.S.; PINHEIRO, C.P. et al. Etiologia e perfil de sensibilidade de bactérias isoladas de ovelhas com mastite na região nordeste do estado do Pará. **Pesq. Vet. Bras.**, 12:1043-1048, 2010.

SUAREZ, V. H.; BUSETTI, M.R.; MIRANDA, A.O., Calvino, L.F., Bedotti, D.O. & Canavesio, V. R. Effect of Infectious Status and Parity on Somatic Cell Count and California Mastitis Test inPampinta Dairy Ewes. **J. Vet Med.**, 49:230–234 .2002.

VERHEYE, S.; MEYER, G.R.Y.; KRAMS, R. et al. Intravascular thermography: Immediate functional and morphological vascular findings. **Eur. Heart Jour.**, n° 25, p. 158-65, 2004.

WEERD, L.; MERCER, J.B.; & WEUM, S. Dynamic Infrared Thermography. **Clin Plastic Surg.**, n° 38, p. 277-92, 2011.

WISHART, G.C.; CAMPISI, M.; BOSWELL, M. et al. The accuracy of digital infrared imaging for breast cancer detection in women undergoing breast biopsy. **EJSO.**, n° 36, p. 535-40, 2010.

WHITEHOUSE, M.W. & BOSTRÖM, H. The effect of some anti-inflammatory (anti-rheumatic) drugs on the metabolism of connective tissues. **Biochemical Pharmacology**, n° 11, p. 1.175-201, 1962.

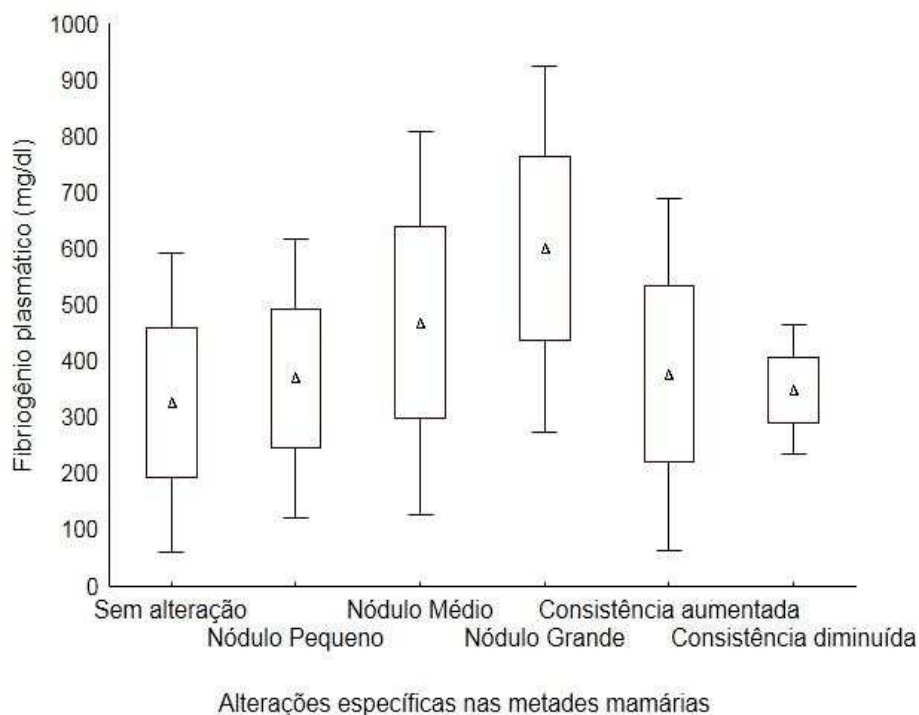
Tabela 1 – Números e percentagens de metades mamárias de ovelhas deslanadas em rebanhos no semiárido Paraibano, segundo exame clínico e microbiológico¹.

Exame clínico da glândula	Microbiológico negativo		Microbiológico positivo		Total
	Nº	%	Nº	%	
Saudável	15	88,24	02	11,76	17
Mastite clínica	32	60,38	21	39,62	53
Mastite sub clínica	08	53,33	07	46,67	15
Total	55		30		85

Fonte: dados da pesquisa, 2015

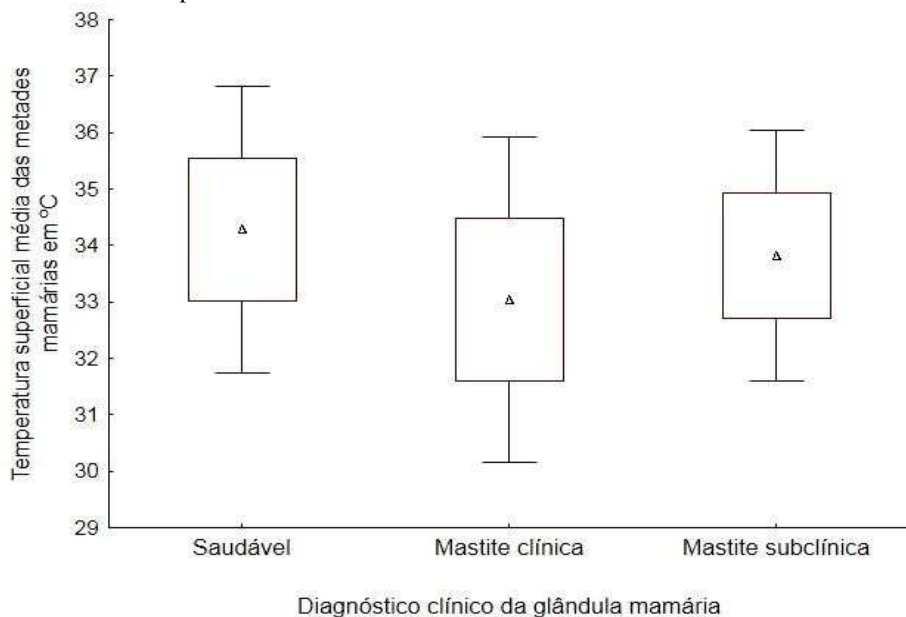
Nota: (1) Inertia=,06359 Chi²=5,4055 df=2 p=,06704

Figura 1 – Concentração do fibrinogênio plasmático (mg/dLI) de ovelhas deslanadas, em função das alterações específicas nas glândulas mamárias, p<0,0153. Δ Média, □ média + desvio padrão, I média + 2* desvio padrão.



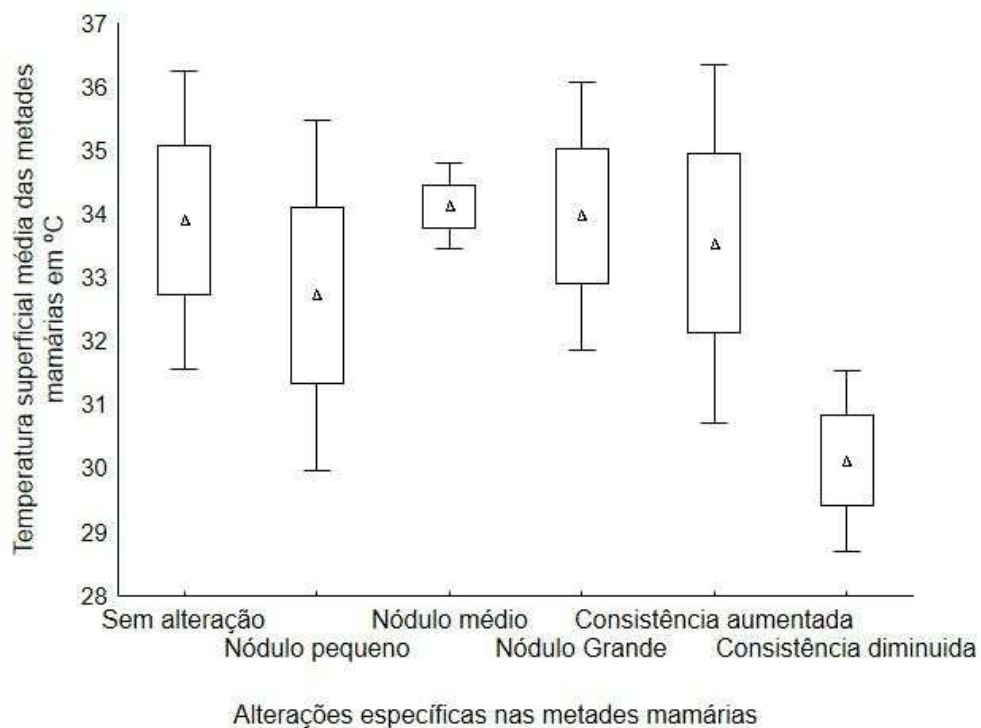
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 2 – Temperatura média da superfície das metades mamárias de ovelhas deslanadas, em função do diagnóstico clínico da glândula mamária, $p < 0,0079$. Δ média, \square média + desvio padrão, I média + 2* desvio padrão.



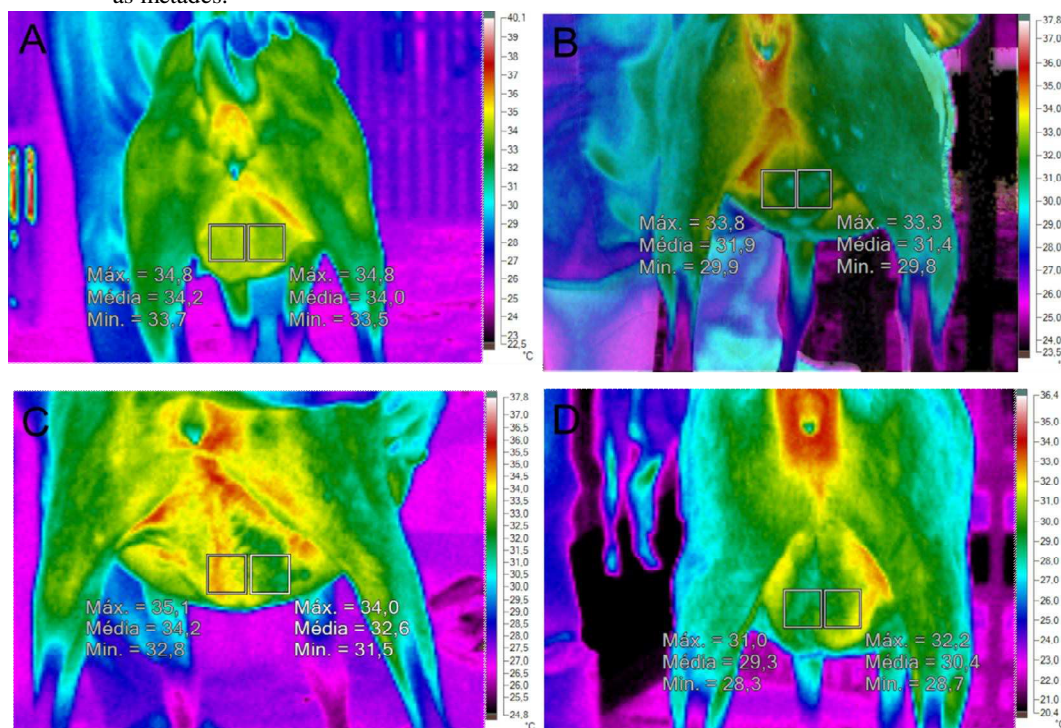
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 3 – Temperatura superficial média das metades mamárias de ovelhas deslanadas, em função das alterações específicas na mama, $p < 0,0001$. Δ média, \square média + desvio padrão, I média + 2* desvio padrão.



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 4 – Imagens termográficas das mamas de ovelhas: A) sem alteração, B) nódulos pequenos nas duas metades, C) nódulo médio na esquerda e grande na direita, D) diminuição da consistência em ambas as metades.



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

CAPÍTULO 3

**TEMPERATURA SUPERFICIAL E CARACTERÍSTICAS HISTOLÓGICAS DA
GLÂNDULA MAMÁRIA OBTIDAS POR MEIO DA TERMOGRAFIA
INFRAVERMELHA EM OVELHAS NÃO LACTANTES**

**Temperatura superficial da glândula mamária de ovelhas não lactantes, obtida
por termografia infravermelha: relação com atividade histológica¹**

Francisco R. B. Nogueira²
Bonifácio B. de Souza³
Maria das G. X. de Carvalho³
Roseane de A. Portela.² e Rodrigo F. Leite²

RESUMO

Utilizou-se a termografia infravermelha (TIV) para identificar a temperatura na superfície da glândula mamária de ovelhas não lactantes e sua relação com a estrutura e a atividade tecidual. Foram utilizadas 12 matrizes de ovelhas indicadas como descarte, as quais tiveram suas mamas fotografadas com uma câmera termográfica da marca Fluke, modelo Ti25®; em seguida, foram mastectomizadas e coletados fragmentos de tecido da glândula mamária para avaliação histopatológica a partir da qual foram observadas a intensidade de células de defesa, do estroma, parênquima e tecido adiposo que permitiram classificar as glândulas em ativas, inativas e atrofiadas. Os principais resultados indicaram que quanto maior a presença de células de defesa, maior a Temperatura Superficial da Glândula (TSG) 31,8°C, 32,6°C, 33,8°C e 34,58°C quando discreta, leve, moderada e acentuada, respectivamente. Quanto à atividade das glândulas atrofiadas, estas apresentaram menor temperatura que as ativas e inativas, com 32,4°C, 34,2°C e 34,3°C, respectivamente, resultado da acentuada presença do estroma em substituição ao parênquima. Infere-se, portanto, que a TIV pode ser utilizada para identificar incremento na TSG de ovelhas não lactantes, como resultado de atividades de células inflamatórias – indicativo de mastite ou de deposição de tecido conjuntivo – cicatrização.

Palavras-chave: Termografia infravermelha. Mastite em ovelhas. Histologia. Glândula mamária.

ABSTRACT

Infrared thermography (IRT) was used to identify the temperature on the surface of the mammary gland of non-lactating sheep and its relation to the structure and tissue activity. 12 arrays of discharge sheep were used as indicated. 12 sheep were used, whose breasts were photographed with a thermographic camera trademark Fluke, Ti25 ® model. They were then

¹Recebido emAceito para publicação em

² Campus Sousa – curso de Medicina Veterinária – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB. Rua Presidente Tancredo Neves, s/n, Jardim Sorrilândia, Sousa, PB 58800-970, Brasil. Autor para correspondência. E-mail: chico.nogueira@pq.cnpq.br

³ Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal de Campina Grande (CSTR/PPGMV/UFPG), Campus de Patos, Caixa Postal 64, Patos, PB 58708-110.

mastectomy and tissue fragments of the mammary gland were collected for histopathological evaluation. In this the amount of cells defes, classified as discrete, mild, moderate and severe were observed. The amount and organization of the stroma, parenchyma and fatty tissue that allowed classify glands: Active, inactive and atrophic. The results indicated that a greater presence of immune cells increase the surface temperature of the gland, with 31.8 ° C when the presence was discreet, light 32.6 °C, 33.8 ° C and 34.58 ° C moderate severe. As for the activity atrophied glands showed lower temperature than the active and inactive, 32.4 ° C, 34.2 ° C and 34.3 ° C, respectively. Result of the growth of the stroma replacing the parenchyma. It is inferred therefore that IRT can be used to identify TSG increase in non-lactating sheep, as a result of inflammatory cell activity – indicative of mastitis or deposition of connective tissue – healing.

WORDKEYS: Infrared thermography. Mastitis in ewes. Histology. Mammary gland.

1 INTRODUÇÃO

A Termografia infravermelha (TIV) é uma tecnologia que a cada dia ganha mais atenção na Medicina Veterinária. Seu uso como ferramenta auxiliar no diagnóstico de patologias que geram aumento de temperatura dos tecidos, seja sistêmico ou local, se justifica por sua capacidade de identificar pequenas diferenças de temperatura na superfície da pele. Como resultado de processos inflamatórios subcutâneos, imperceptíveis pelos métodos clínicos tradicionais de diagnóstico, tal tecnologia pode ajudar a identificar as patologias precocemente (SCHAEFER et al., 2012 e ALSAOD & BÜSCHER, 2012).

Por esta característica, estudos voltados para a avaliação de sua aplicabilidade no diagnóstico de mastite são desenvolvidos e apresentam resultados promissores inclusive no diagnóstico de mastite subclínica em vacas (COLACK et al., 2008 e POLAT et al., 2010). No estudo de mastite em ovelhas, Martins, et al (2013) concluíram que a tecnologia é também eficiente para diagnosticar a mastite subclínica, pois nestas, assim como nos estudos em vacas, a temperatura superficial da glândula apresentou-se aumentada, quando se compararam glândulas saudáveis com doentes, como resultado da atividade inflamatória. (NOGUEIRA et al., 2013), também utilizando a TIV no diagnóstico de mastite em ovelhas, encontraram maior eficiência no diagnóstico da mastite clínica.

Embora demonstre resultados promissores, seu uso com a finalidade de auxiliar diagnóstico, principalmente de mastite, requer mais estudos, considerando, inclusive, que o tecido mamário possui atividade cíclica com diminuição e aumento da taxa metabólica e circulação sanguínea, o que pode gerar, em cada estágio deste ciclo, uma temperatura naturalmente diferente.

Considerando as limitações e a necessidade de produção de conhecimento em torno do uso desta tecnologia, este trabalho teve como objetivo utilizar a termografia infravermelha para identificar a temperatura superficial da glândula mamária e sua relação com a estrutura histológica e o funcionamento em ovelhas não lactantes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas 12 ovelhas, matrizes de descarte, não lactantes, das raças Santa Inês, Dorper, ou mestiças – resultantes do cruzamento entre as duas. Os animais foram provenientes do rebanho do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFPB, Campus Sousa-PB. As ovelhas pastavam durante o dia em campos de pasto nativo e, à noite, eram mantidas em instalações coletivas, com piso suspenso de madeira e cobertas com telha de barro. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) médio foi de 70 no horário da obtenção dos termogramas.

Os termogramas foram obtidos entre 06h00min e 06h30min da manhã, com os animais à sombra, mantidos de pé, com os membros pélvicos levemente afastados e a cauda levantada, para enquadramento centralizado da região caudal das duas metades da glândula mamária. A câmera foi mantida a uma distância aproximada de 1 a 1,5 metros do animal, sempre posicionada a um ângulo de 90° em relação ao solo. A câmera utilizada foi um Termovisor da marca Fluke, modelo Ti25® equipada com um microbolômetro que permite uma matriz de plano focal de 160 x 120 pixels e um sensor digital, que permite obter o termograma como parte de uma imagem digital. A câmera possui um calibrador interno para calibração automática da temperatura. A emissividade utilizada foi 0,98 e precisão de 0,1°C. As imagens termográficas geradas tinham resolução 160 X 120 pixels, onde cada pixel representa um ponto de temperatura. Uma vez transferidas para o computador, os termogramas foram avaliados com o auxílio do software SmartView 3.2, disponibilizado pelo fabricante da câmera. Para análise das temperaturas, foram desenhados quadrados de 10x10 pixels, que acumulam a captação de 100 pontos de temperatura e apresentam a máxima, média e mínima da área onde estão localizados os quadros, nas regiões mais centrais das glândulas.

Após a termografia, as ovelhas foram submetidas à mastectomia, sob o seguinte protocolo: tranquilização com Cloridrato de Xilazina a 2% (Rompum®), via intramuscular, na dose de 0,2 mg/kg, que é suficiente para intervenções cirúrgicas em pequenos ruminantes (MASSONE, 2011). Depois de tranquilizados, os animais foram posicionados em decúbito dorsal, sendo efetuadas a tricotomia e assepsias da região da glândula mamária e adjacências,

com clorexidina a 0,5% em solução alcoólica, seguida da anestesia local infiltrativa com Cloridrato de Lidocaína a 1% com vasoconstritor, totalizando 20 mL por animal.

O período trans-cirúrgico se deu, inicialmente, com incisão cutânea elíptica em torno das metades mamárias, seguido do dissecamento do tecido glandular. Os ligamentos laterais da mama e o suspensório foram seccionados e parte deles retirados juntamente com as glândulas. Os principais vasos (veia e artéria pudendas externas, veia e artéria perineais ventrais e veia subcutânea abdominal) foram ligados com fio catgut zero cromado. Após a completa remoção das glândulas mamárias realizou-se redução do espaço morto e, posteriormente, colocou-se um dreno Penrose Nº 2 na ferida cirúrgica (KERSJES, et al. 1985). Na dermorráfia, utilizaram-se pontos de sutura tipo Wolff com fio nylon 0,40.

No pós-operatório, foram utilizadas 10mg/kg de oxitetracilina (Terramicina LA®), via intramuscular, com intervalo de 72 horas, perfazendo 3 aplicações; e 5mg/kg de fenilbutazona (Equipalazone®), via intramuscular, durante 4 dias seguidos (ANDRADE, 2002). O tratamento da ferida operatória foi realizado com álcool iodado e pasta repelente (Ünguento Vallée®) diariamente durante 15 dias. O dreno foi retirado da ferida quando não havia mais sinal de secreção sero-sanguinolenta, o que aconteceu geralmente em torno do 3º dia pós-cirúrgico.

Foram coletados fragmentos de tecidos das mamas esquerda e direita guiados pelas alterações de temperaturas expressas no termograma, através de palpação. Os fragmentos foram devidamente identificados e fixados em solução de formalina a 10%, processados em parafina e coradas por hematoxilina-eosina (HE).

Durante a avaliação microscópica, foram observadas características e quantidades de tecido glandular, adiposo, conjuntivo, células de defesa (mononucleares e polimorfonucleares) e *corpora amylacea*, bem como, suas distribuições e organizações entre o parênquima e o estroma. Sendo classificados como discreto, leve, moderado e acentuado.

Esta classificação direcionou outra, que considerou o padrão de atividade de cada metade mamária, como ativa, inativa e atrofiada. O padrão ativo foi definido quando os lóbulos apresentavam alvéolos desenvolvidos, revestidos por células epiteliais alveolares com limites indistinguíveis e citoplasma não corado, e com material eosinofílico (secreção glandular) no lúmen. O inativo foi definido como parênquima glandular com lóbulos menores de alvéolos fechados, presença parcial de material no lúmen e um aumento no estroma interlobular. O epitélio alveolar apresentava citoplasma predominantemente visível. Nos padrões ativo e inativo considerou-se, também, a intensidade de tecido adiposo e *corporea amylacea*, variando de discreto a acentuado. O atrofiado foi definido quando a glândula

apresentou substituição moderada à acentuada do parênquima glandular por tecido conjuntivo imaturo a maduro. Neste padrão, observou-se uma variação de ausência a discreta presença de células adiposas e *corpora amylacea*.

Cada metade de glândula foi considerada como uma unidade de análise para efeitos de tratamento estatístico. As variáveis quantitativas (TSG) e qualitativas (presença de células de defesa e o padrão de atividade da glândula) foram associadas em um gráfico tipo Box-plot com o teste Kurskal-Wallis e valor de significância $p < 0,05$. Médias e frequências também foram utilizadas para apresentar os dados. Utilizou-se o software STATISTICA 12-Trial.

3 RESULTADOS

Os achados relacionados à presença de células de defesa foram predominantemente de células mononucleares (linfócitos, plasmócitos e macrófagos). Na Fig. 1A observa-se sua influência nas médias das TSG, onde uma maior presença de células de defesa incide em maior temperatura média, 31,8°C, 32,6°C, 33,8°C e 34,58°C para presenças discreta, leve, moderada e acentuada, respectivamente, com $p = 0,0256$.

A classificação histológica das glândulas quanto a sua funcionalidade, permitiu identificar 37,5% das glândulas como ativas, 37,5% como inativas e 25% como atrofiadas, com TSG média de 34,2°C, 34,3°C e 32,4 °C respectivamente, com $p = 0,0031$, como demonstrado na Fig. 1B. Essa classificação é demonstrada histologicamente na Fig. 2a, 2b, 2c, e 2d. Em 2ª, observa-se uma glândula ativa com parênquima bem desenvolvido, estroma e tecidos adiposos escassos. Havia alvéolos em atividade com secreção glandular no lúmen comprovados pela presença de material eosinofílico. Na imagem 2b, observa-se uma glândula inativa com parênquima pouco desenvolvido, estroma e tecido adiposo mais evidentes. Os alvéolos estavam retraídos e a maioria não continha secreção glandular. A imagem 2c apresenta uma glândula atrofiada, caracterizada por parênquima pouco evidente, acentuada presença de estroma – tecido conjuntivo imaturo – e ausência de tecido adiposo. Nota-se destruição alveolar e perda da arquitetura lobular. Em 2d, observa-se acentuada presença de células de defesa, principalmente mononucleares, localizadas ao redor do ducto e no interstício, caracterizando um foco inflamatório.

Detalhes dos termogramas são apresentados na Fig. 3, onde se observam os mapas de cores gerados em cada glândula mamária em função da temperatura que esta irradia. Na imagem (I) as mamas esquerda e direita são ativas, com presença de células de defesa (PCD) moderada e acentuada e TSG 35,47°C e 35,53°C, respectivamente; em (II) a mama esquerda é

ativa com PCD moderada e TSG 33,41°C, a direita é uma glândula inativa com PCD moderada e TSG 33,16°C; em (III) a mama esquerda é ativa com PCD acentuado e TSG 34,78°C, a direita é uma glândula atrofiada com PCD moderado e temperatura 32,8°C; em (IV) as mamas esquerda e direita são inativas com PCD moderado e acentuado e TSG 35,06° e 36,19°C, respectivamente.

4 DISCUSSÃO

A identificação do aumento gradativo da TSG associado à maior presença de células de defesa na glândula mamária, com 1,9°C de diferença entre as metades com infiltrado leve e acentuado, indica uma possível influência destas sobre o incremento da temperatura. Incremento também encontrado em glândulas de ovelhas que apresentaram atividade inflamatória, diagnosticadas com mastite subclínica (Martins et al. 2013). Estas tiveram TSG 0,42°C maiores que as saudáveis. Relação entre atividade inflamatória da mama e TSG obtiveram também Colack et al. (2008) e Polat et al. (2010), quando encontraram correlação positiva e significativa entre a contagem de células somáticas e TSG de vacas com mastite subclínica. Considerando que glândulas com mastite subclínica ainda não apresentam os sinais cardinais de um processo inflamatório, clinicamente observáveis, embora tenham uma maior presença de células de defesa, pode-se inferir que a maior atividade destas células é suficiente para incrementar a temperatura superficial da glândula mamária.

Muito embora todas as ovelhas deste experimento fossem não lactantes, suas glândulas apresentavam estágios diferentes de involução, o que permitiu classificar aquelas que apresentaram atividade mais acentuada como ativas e aquelas com menor atividade como inativas. Tal classificação foi guiada pelos resultados de Katica et al. (2012) quando observaram que aspectos histológicos da parte ativa da glândula durante a lactação apresentaram parênquima glandular bem desenvolvido com estroma pouco evidente, em forma de reduzidas trabéculas e células adiposas em quantidade mínima. Os alvéolos se apresentavam em diferentes dimensões, diminuídos ou aumentados, com secreção láctea em quantidade variável. Em glândulas involuídas, identificaram que a parte ativa da glândula mamária é diminuída, porém, com lobularidade bem definida, redução do diâmetro dos alvéolos glandulares, secreção glandular espessa e abundante *corporea amylacea*, todas as características visíveis durante o período seco em relação ao de lactação. Achados semelhantes foram obtidos por Tatarczuch et al. (1997) estudando a involução da glândula mamária de ovelhas considerando mudanças no parênquima glandular e no epitélio alveolar,

com redução do diâmetro dos alvéolos em diferentes estágios involutivos.

Embora em níveis de atividades diferentes, as mamas ativas e inativas não apresentaram diferenças significativas quanto a TSG – 0,1°C. Quando, por hipótese, as inativas deveriam apresentar temperaturas menores, por possuírem menor atividade metabólica e circulação sanguínea local diminuída. Tal semelhança pode-se explicar por duas razões. Primeiro, o fato de todas as ovelhas serem não lactantes, portanto, mesmo as glândulas ativas tinham baixa atividade, produzindo apenas secreção glandular; segundo, as glândulas que compõem o padrão inativo 50% (4) apresentaram acentuada presença de células de defesa, destas 75% (3) tinham temperatura >35°C. As mamas ativas com presença de células de defesa leve à moderada tiveram TSG 34,1°C, ao passo que, as inativas, 33,7°C. Assim, a intensidade de células pró-inflamatórias está contribuindo diretamente para que elas possuam temperatura semelhante às ativas. Segundo Tatarczuch et al. (1997), um elevado número de linfócitos está presente em grandes quantidades no tecido glandular no início do processo involutivo, o que, em muitos casos, pode levar a um processo inflamatório.

As glândulas atrofiadas apresentaram temperatura 2,2°C e 2,1°C inferiores às ativas e inativas, respectivamente. Histologicamente, foi confirmado pela acentuada presença de tecido conjuntivo de cicatrização em substituição ao parênquima. De acordo com Alawa et al (2000), esta substituição, em alguns, pode ser total; e, para Whitehouse & Boström (1962), o tecido conjuntivo, devido à sua estrutura e composição bioquímica, é o que apresenta menor consumo de oxigênio e atividade metabólica, confirmando a hipótese levantada por Nogueira et al. (2013) segundo a qual as menores TSG observadas estavam associadas à deposição de tecido conjuntivo, como atividade de reparação tecidual das lesões provocadas por processos inflamatórios – mastites.

Os achados permitem inferir que a TIV pode ser uma ferramenta importante para auxiliar a detecção de anormalidades na glândula mamária, resultante da mudança estrutural e conseqüentemente funcional. Seu uso pode ser, inclusive, aplicado para investigar alterações na atividade de células pró-inflamatórias na glândula mamária de ovelhas durante o estágio inicial do processo involutivo, visto que este é um período mais propício à infecção, devido a perda da barreira física por diminuição do epitélio alveolar, o que explica uma maior atividade celular como segunda linha de defesa (NICKERSON et al., 1989).

Embora capaz de identificar mudanças de temperaturas na superfície das mamas de ovelhas em função de alterações estruturais e funcionais da glândula, seja pela atividade pró-inflamatória ou cicatricial, a TIV não é capaz de identificar sua etiologia, portanto, seu uso, como defendem Rainwater-lovet et al. (2009) é mais eficiente quando associado a outros

métodos de diagnóstico, como exames clínicos e/ou laboratoriais.

Assim, observa-se, neste estudo, que a TIV pode ser utilizada para identificar ovelhas, dentro de um rebanho, com alterações na TSG para que possam ser submetidas a exames mais específicos para o diagnóstico de mastite, como isolamento microbiológico e/ou Contagem de Células Somáticas, funcionando como uma ferramenta de triagem e monitoramento.

5 CONCLUSÕES

A termografia infravermelha identificou alterações de temperatura nas glândulas mamárias de ovelhas em função do padrão histológico.

As mamas com maior presença de células inflamatórias tiveram temperaturas maiores, ao passo que, aquelas com substituição do tecido parenquimatoso por estroma apresentaram as menores temperaturas.

Embora apresente potencial para auxiliar o diagnóstico de mastite em ovelhas, seu uso ainda necessita de produção de conhecimentos que permitam determinar parâmetros de temperatura da superfície da glândula mamária, considerando o estado de saúde, ciclo reprodutivo e estágio de desenvolvimento da glândula, bem como, melhor definir detalhes metodológicos do seu uso em função de fatores ambientais.

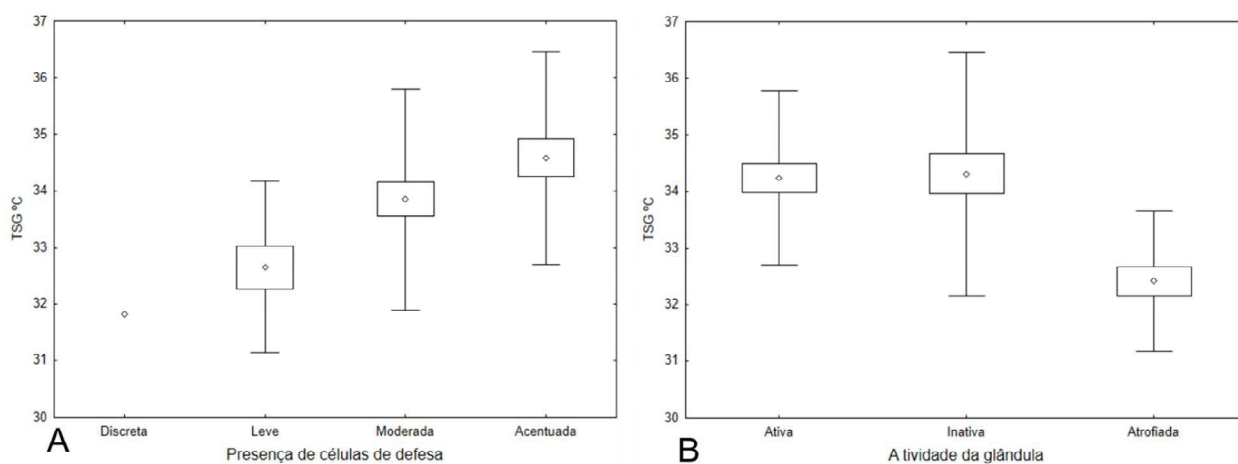
REFERÊNCIAS

- ALAWA, J.P.; NGELE, M.B.; OGWU, D. 2000. Chronic caprine mastitis in Nigerian goat breeds: microbiological flora and histopathological findings. **Small Rum. Res.** n° 35, p.203-7.
- ALSAAOD, M.; BÜSCHER, W. 2012. Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows. **J. Dairy Sci.** v. 95, n.2, p. 735-42.
- ANDRADE, S. F. , 2002. **Manual de Terapêutica Veterinária.** 2ª ed. Roca, São Paulo. 697p.
- COLAK, A., POLAT, B., OKUMUS, Z. et al. Early detection of mastitis using Infrared thermography in Dairy Cows. **J. Dairy Sci.** n. 91, p. 4244-8.
- KATICA, A.; MLAČO, N.; HAMAMDŽIĆ, M. et al. 2012. Comparative description of the mammary gland of dubska pramenka during the dry period and lactation. **Biot. Ani. Hus.** n. 28, p.723-32.
- KERSJES, A. W.; NÉMETH, F.; RUTGERS, J. E. 1985. **Atlas of large animal surgery.** Williams & Wilkins, Baltimore, London. 143p.
- LEITE, R. F. 2013. Termografia infravermelha: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite. **Rev. Bras. Med. Vet.** n. 35, p. 289-97.
- MASSONE, F. 2011. **Anestesiologia Veterinária: Farmacologia e Técnicas - Texto e Atlas.** 6ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 467p.
- MARTINS, R.F. S.; PAIM T. do P.; de A. C., DALLAGO; S. L. B, de Melo C. B., Louvandini H., McManus C. 2013. Mastitis detection in sheep by infrared thermography. **Res. Vet. Sci.** n. 94, p.722-4.
- NICKERSON, S.C. Immunological Aspects of Mammary Involution. 1989. **J. Dairy Sci.** n.72, p.1665-78.
- NOGUEIRA, F.R.B.; SOUZA B. B.; CARVALHO M. das G. X.; Garino Junior, F., Marques A. V. M. S.,
- POLAT, B.; COLAK, A.; CENGIZ, M. et al. 2010. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. **J. Dairy Sci.** n. 93, p. 3525-32.
- RAINWATER-LOVETT, K.; PACHECO, J.M.; PACKER, C.; et al. 2009. Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. **The Veterinary Journal** n. 180, p. 317-24.
- WHITEHOUSE M.W. & BOSTRÖM H. 1962. The effect of some anti-inflammatory (anti-rheumatic) drugs on the metabolism of connective tissues. **Biochem. Pharmacol.**, n. 11, p.1175-201.

SCHAEFER A.L.; COOK N.J.; BENCH C. et al. 2012. The noninvasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. **Res. Vet. Sci.** n. 93, p.928-35.

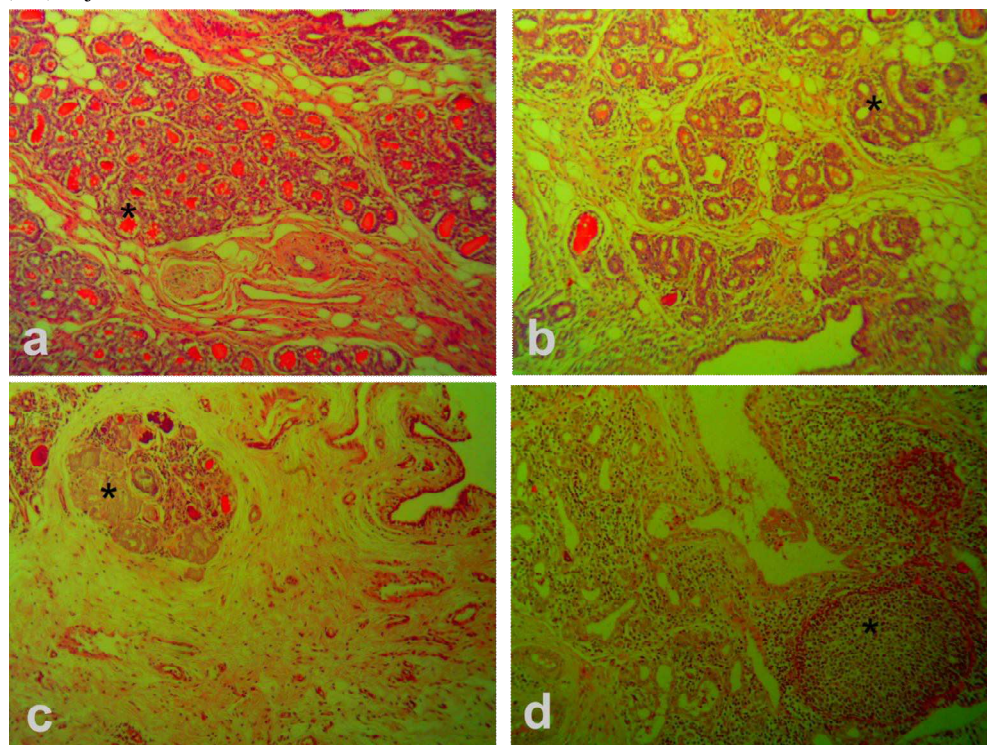
TATARCZUCH L.; PHILIP C.; LEE C.S. 1997. Involution of the sheep mammary gland. **J. Anat.** n. 190, p. 405-16.

Figura 1 – Temperatura superficial média das metades mamárias de ovelhas, em função do infiltrado de células de defesa, (A) $p=0,0256$. Temperatura superficial média das metades mamárias em função da atividade glandular, (B) $p=0,0031$.



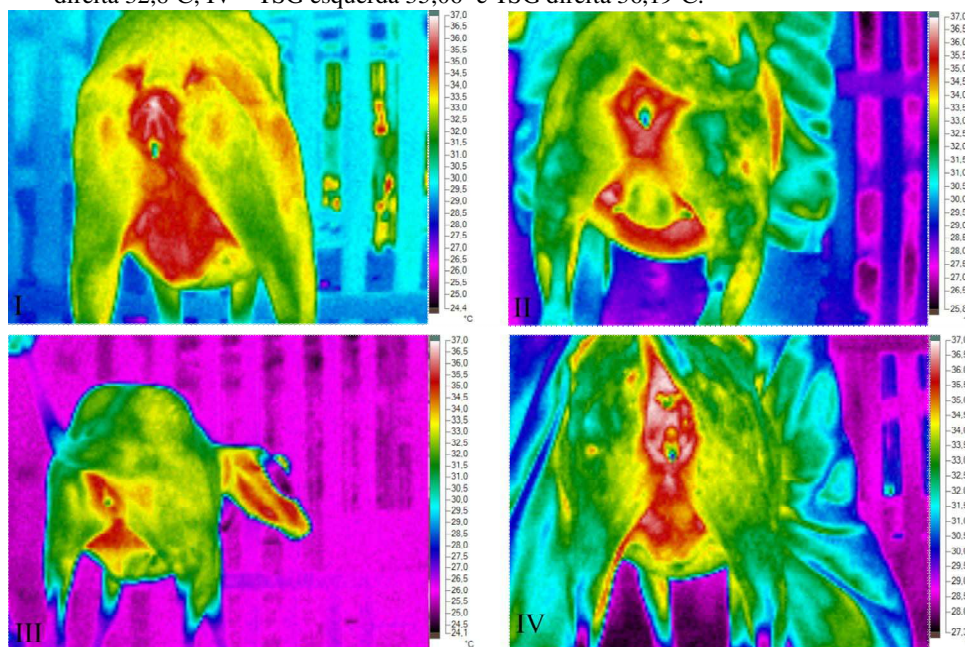
Fonte: Dados da pesquisa, 2014

Figura 2 – Corte histológico das glândulas mamárias. Em (a) Glândula Ativa, em detalhe, alvéolos com secreção glandular (*), (b) Glândula Inativa com alvéolos sem secreção glandular (*), (c), Glândula atrofiada com destruição alveolar (*) e (d) infiltrado inflamatório mononuclear, periductal e intersticial (*), HE, (a-d) obj. 10x.



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Figura 3 – Termogramas de glândulas mamárias de ovelhas, não lactantes. I – TSG esquerda 35,47°C e TSG direita 35,53°C; II TSG esquerda 33,41°C e TSG direita 33,16°C; III TSG esquerda 34,78°C e TSG direita 32,8°C; IV – TSG esquerda 35,06° e TSG direita 36,19°C.



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Várias pesquisas têm apresentado a termografia infravermelha como ferramenta promissora para auxiliar o diagnóstico de doenças em animais domésticos. Principalmente quanto àquelas patologias que apresentam, como sinais clínicos iniciais, o aumento da temperatura, seja sistêmico ou localizado.

Por sua capacidade de identificar alterações de temperatura na superfície da mama de ovelhas, a termografia infravermelha apresenta potencial como ferramenta auxiliar no diagnóstico de mastite, nesta espécie. Porém, deve ser associada a outros métodos de investigação que potencializem sua eficiência.

Embora com potencial, seu uso como ferramenta clínica ainda necessita de conhecimentos que possam determinar, por exemplo, a influência do ciclo reprodutivo e do estágio de desenvolvimento da glândula na temperatura da pele, bem como, melhor definir detalhes metodológicos de seu manuseio em função de fatores ambientais.