



Universidade Norte do Paraná

CENTRO DE PESQUISA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM SAÚDE E PRODUÇÃO DE RUMINANTES

DOUGLAS BEGA DIGIOVANI

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA
DIAGNÓSTICA PARA DETECÇÃO DA MASTITE SUB-
CLÍNICA BOVINA**

DOUGLAS BEGA DIGIOVANI

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA
DIAGNÓSTICA PARA DETECÇÃO DA MASTITE SUB-
CLÍNICA BOVINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Produção de Ruminantes (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina - UEL e Universidade Norte do Paraná - UNOPAR), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saúde e Produção de Ruminantes.

Orientador: Prof. Dr. Edson Luis de Azambuja Ribeiro.

Arapongas
2014

DOUGLAS BEGA DIGIOVANI

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA
DIAGNÓSTICA PARA DETECÇÃO DA MASTITE SUB-CLÍNICA
BOVINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Produção de Ruminantes (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina [UEL] e Universidade Norte do Paraná [UNOPAR]), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saúde e Produção de Ruminantes.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edson Luis de Azambuja Ribeiro
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Celso Koetz Júnior
Universidade Norte do Paraná

Prof. Dra. Marlise Pompeo Claus
Instituto Federal Catarinense

Londrina, ____ de _____ de ____.

Dedico este trabalho aos meus pais, Gil e Vânia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e todas as oportunidades que me proporcionou.

Ao orientador Edson Luís de Azambuja Ribeiro pela disponibilidade e orientação neste trabalho.

Ao Professor, Celso Koetz Júnior, orientador e amigo, por ter confiado em mim e por não medir esforços para meu aprendizado.

Aos demais professores por terem contribuído com seus ensinamentos e também a todos os funcionários por sua atenção e dedicação.

Aos componentes da banca examinadora por terem acrescentado de certa forma ao meu trabalho.

Aos amigos Luis Afonso Marques Claus, Flavio Barca Júnior, Flavio Guiselli Lopes, Danylo Cintra Medeiros de Lima e todos que, de certa forma, contribuíram para a realização desse trabalho.

A todos os amigos que fiz durante o período da pós graduação que puderam contribuir com a minha formação.

Aos meus pais Gil e Vânia por todo o carinho e esforço para que eu vença mais esta etapa de minha vida, e, por sempre terem acreditado em mim, sem eles nada disso seria possível.

Aos meus Irmãos Giovanna e Vitor pelos conselhos.

A todos os amigos que acreditaram em mim e sempre estiveram ao meu lado.

“Não há vergonha em perder batalhas na vida, mas deve haver arrependimento por não enfrentá-las.”

Carlos Hilsdorf.

DIGIOVANI, Douglas Bega. **Termografia infravermelha como ferramenta diagnóstica para detecção da mastite sub-clínica bovina**. 2014. 28p. Dissertação de Mestrado Acadêmico Saúde e Produção de Ruminantes (Mestrado Acadêmico em Saúde e Produção de Ruminantes) – Universidade Norte do Paraná, Arapongas, 2014.

RESUMO

A mastite é uma doença de grande importância econômica na pecuária leiteira mundial. Atualmente tem-se aumentado a preocupação dos consumidores sobre as condições de bem estar às quais os animais são submetidos. Assim, a utilização de novas tecnologias com a intenção de melhorar o bem estar animal e ter um diagnóstico precoce de enfermidades que também acarretam em perdas econômicas são cada vez mais essenciais. O objetivo foi avaliar a utilização da termografia infravermelha como ferramenta diagnóstica, não invasiva, para detecção precoce da mastite sub-clínica em bovinos leiteiros. O estudo foi realizado em propriedade rural no município de Apucarana – PR (23° 33' 03" S e 51° 27' 39" W) no mês de julho de 2013. Os dados coletados foram imagens infravermelhas da superfície do úbere, do olho e Califórnia Mastite Teste de cada quarto e a temperatura retal. A análise dos animais com CMT negativo revelou que existe diferença entre a temperatura médias dos quartos anterior quando comparados com posterior ($p=0,001$). A média e o desvio padrão das temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) obtidas por termografia infravermelha anterior (TIA) foi $30,91 \pm 1,89$ enquanto a termografia infravermelha posterior (TIP) foi $32,28 \pm 1,99$. Entretanto, não existe diferença entre os lados direito e esquerdo ($p=0,399$). A temperatura média da termografia infravermelha do lado direito (TILD) foi de $31,43 \pm 2,03$ já a para o lado esquerdo (TILE) foi $31,76 \pm 2,07$. Não existe interação entre posição e lado ($p=0,763$). A comparação das temperaturas da termografia infravermelha posterior (TIP) entre os animais com CMT positivo e CMT negativo não revelou diferença em relação às mesmas ($p=0,236$) sendo que as temperaturas médias da termografia infravermelha posterior (TIP) para animais negativos e positivos foi respectivamente, $32,03 \pm 1,96$ e $32,65 \pm 1,89$. Na análise dos 96 quartos anteriores com CMT positivo, comparados aos quartos com CMT negativo, observou-se existência de diferença entre as temperaturas médias da termografia infravermelha anterior (TIA) dos animais CMT positivos $32,35 \pm 2,35$ e as temperaturas médias da termografia infravermelha anterior (TIA) dos animais CMT negativos $31,00 \pm 2,20$ ($p=0,025$). Os valores do coeficiente de correlação da temperatura média da superfície do úbere (TMU) e da temperatura ocular (TO) e da temperatura retal (TR) foram respectivamente, 0,577 e 0,475 ($p=0,000$). A utilização da termografia infravermelha como ferramenta diagnóstica para detecção precoce parece ser promissora. Entretanto, para o estabelecimento de um protocolo para sua utilização, devem-se levar em consideração os fatores que podem interferir nos seus resultados tais como horário de realização, condições ambientais, atividade, alimentação e outras práticas de manejo.

Palavras-chave: Bem estar animal. Mastite bovina. Diagnóstico precoce. Método não invasivo. Termografia infravermelha.

DIGIOVANI, Douglas Bega. **Infrared thermography as a diagnostic tool for subclinical bovine mastitis detection**. 2014. 28p. Dissertação de Mestrado Acadêmico Saúde e Produção de Ruminantes (Mestrado Acadêmico em Saúde e Produção de Ruminantes) – Universidade Norte do Paraná, Arapongas, 2014.

ABSTRACT

Mastitis is a disease of great economic importance in the global dairy industry. Currently there has been growing concern among consumers about the welfare conditions to which the animals are subjected. The use of new technologies with the intention of improving animal welfare and have an early diagnosis of diseases also lead to economic losses are increasingly essential. The objective was to evaluate the use of infrared thermography as a noninvasive diagnostic tool for early detection of sub-clinical mastitis in dairy cattle. Study was conducted in a farm in the city of Apucarana - PR (23 ° 33 ' 03 " S and 51 ° 27' 39 " W) in July of 2013. The data collected were, infrared images of the surface of the udder, eye and California Mastitis Test each quarter and rectal temperature. The analysis of the negative animals with CMT revealed that there is a difference between the average temperature of the front quarters when compared with rear quarters ($p=0.001$). The average and standard deviation of temperature (°C) obtained by front infrared thermography (FIT) was 30.91 ± 1.89 while the rear infrared thermography (RIT) was 32.28 ± 1.99 . However, there is no difference between the right and left sides ($p = 0.399$). The average temperature of the infrared thermography on the right side (ITRS) was 31.43 ± 2.03 now to the left side (ITLS) was 31.76 ± 2.07 . There is no interaction between position and side ($p = 0.763$). The temperature comparison of rear infrared thermography (RIT) between animals with positive and negative CMT, showed no difference between than ($p=0.236$) and that temperature average of rear infrared thermography (RIT) for negative and positive animals was 32.03 respectively, ± 1.96 and 32.65 ± 1.89 . In the analysis of 96 front quarters with positive CMT, compared to quarters with negative CMT, was observed existence of difference between the average temperatures of the front infrared thermography (FIT) of CMT positive animals 32.35 ± 2.35 and the average temperatures of front infrared thermography (FIT) CMT negative animals 31.00 ± 2.20 ($p=0.025$). The values of the correlation coefficient of the average surface temperature of the udder (ASTU) and ocular temperature (OT) and rectal temperature (RT) medium were respectively 0.577 and 0.475 ($p=0.000$). The use of infrared thermography as a diagnostic tool for early detection seems to be promising. However, to establish a protocol for utilization must be taken into consideration the factors that may influence the results such as time of achievement, environmental conditions, activity, feeding and other management practices.

Key words: Animal welfare. Bovine mastitis. Early diagnosis. Noninvasive method. Infrared thermography.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCS	Contagem de células Somáticas
CMT	Califórnia Mastite Teste
TI	Termografia Infravermelha
TR	Temperatura Retal
TMU	Temperatura Média da Superfície do Úbere
TO	Temperatura Ocular
ALD	Antero Lateral Direita
ALE	Antero Lateral Esquerda
PD	Posterior Direita
PE	Posterior Esquerdo
TIA	Termografia Infravermelha Anterior
TIP	Termografia Infravermelha Posterior
TILD	Termografia Infravermelha do Lado Direito
TILE	Termografia Infravermelha do Lado Esquerdo
BVD	Diarreia Viral Bovina
Kg	Kilograma
kPa	Unidade de Media (quilo pascal)
°C	Graus Celsius
m	Metros

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA	12
2.2 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E OS PROCESSOS DE ORDENHA	12
2.3 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E MASTITE	14
3 OBJETIVOS	16
3.1 GERAL.....	16
3.2 ESPECÍFICOS.....	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 CARACTERÍSTICAS DA PROPRIEDADE.....	17
4.2 COLETA DE DADOS.....	17
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	18
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	23
ANEXOS	26

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem aumentado a preocupação dos consumidores sobre as condições de bem estar às quais os animais são submetidos em seus processos de produção. Esta demanda de consumidores tem pressionado a cadeia de produção animal a adotar padrões de bem estar animal, com consequências também na qualidade e segurança dos produtos dela oriundos (¹).

A utilização de novas tecnologias com a intenção de melhorar o bem estar animal, seja através da diminuição da manipulação destes para diagnóstico, bem como avaliar o estresse dos animais em seu ambiente de produção de forma não invasiva, têm auxiliado no aumento da qualidade, segurança e produtividade geral (²).

A pecuária leiteira tem raízes históricas e tem se tornado, a cada dia, uma opção para as pequenas e médias propriedades no Brasil. Mas, por envolver um órgão extremamente sensível, a glândula mamária, diferentes rotinas de ordenha, e o próprio fato de usar a ordenha mecânica, podem afetar a saúde e o bem-estar dos animais (³).

Os tetos são as partes mais estressadas do úbere, onde a repetida compressão destes pode causar alterações mecânicas e circulatórias nos tecidos. Há uma série de fatores de ordenha que influenciam a condição dos tetos. Fontes literárias enfatizam a importância do vácuo de ordenha e também a taxa de pulsação e a qualidade das teteiras. Avaliação das tetas e úbere antes e após a ordenha é geralmente baseada em observações visuais, podendo-se usar diferentes métodos e tecnologias (^{4, 5, 6, 7, 8, 9}).

A mastite é uma doença de grande importância econômica na pecuária leiteira mundial. Vários países aderiram à penalização no valor do leite conforme o aumento na contagem de células somáticas total do tanque. Alguns estudos documentaram a frequência da ocorrência da mastite clínica. Consideráveis variações foram encontradas podendo sofrer influências sob as condições ambientais, práticas de manejo e diferenças geográficas nos rebanhos estudados (¹⁰).

Sendo um problema generalizado nas leiterias, além da queda de qualidade e preços do leite, esta enfermidade comum é difícil de tratar, acarreta na queda de produção e aumento dos custos veterinários. A detecção precoce da mastite pode

diminuir o ônus através de aumento da produção de leite, diminuição do leite descartado devido ao tratamento, redução dos custos veterinários e uso de drogas, diminuição dos abates precoces e perdas por morte dos animais infectados bem como o aumento de preços por prêmios de qualidade. Os métodos de detecção de mastite incluem condutividade elétrica Contagem de Células Somáticas (CCS), Califórnia Mastite Teste (CMT) ou isolamento e identificação bacteriana. O monitoramento contínuo da mastite auxilia no gerenciamento e é essencial para o bem estar de um rebanho leiteiro (^{11, 12, 13, 14}).

Com os recentes avanços, tecnologias de imagem ópticas estão se tornando uma ferramenta digital poderosa para diagnósticos objetivos e não invasivos, monitorando as terapias empregadas e para direcionamento de tratamentos. Os recentes desenvolvimentos da imagem e espectroscopia visível e de infravermelho, da imagem espectral, da tomografia óptica de coerência, da imagem confocal, da imagem molecular e da imagem espectral dinâmica têm permitido a visualização de microestrutura de tecidos e permitido quantificar o mapeamento de substâncias exógenas e endógenas de enfermidades específicas, o que está cada vez mais substituindo a forma de uso dessas tecnologias e auxiliando no diagnóstico de diferentes enfermidades (¹⁵).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

A termografia infravermelha (TI) é uma técnica moderna, não invasiva e segura para visualizar o perfil térmico. Todos os objetos na terra geram um calor de radiação na parte infravermelha do espectro luminoso. Esta radiação, por sua vez, se dá em função da temperatura de superfície do objeto, o que permite a câmera calcular e mostrar esta temperatura (¹⁶).

A TI é um exame complementar de imagem ainda emergente de diagnóstico, monitoração e prognóstico na medicina veterinária. No entanto, é um campo já bem estabelecido e de uso rotineiro na engenharia. A principal razão para esse contraste é a falta de métodos precisos de utilização clínica para associar as leituras de temperatura da pele aos fenômenos fisiológicos anormais, uma vez que a temperatura da superfície corporal exposta é altamente dependente das condições ambientais e do metabolismo do indivíduo (¹⁷).

Os estudos desenvolvidos em produção animal compreendem o monitoramento de rebanhos com vistas à detecção de indivíduos doentes, o diagnóstico à distância de doenças epidêmicas específicas, a avaliação testicular de bovinos, a mensuração do nível de stress de forma não invasiva e a eficiência metabólica e produção de metano em gado de leite (^{18, 2, 19, 20, 21}).

2.2 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E OS PROCESSOS DE ORDENHA

A termografia infravermelha (TI) tem sido testada como método auxiliar, tanto na melhora de processos de ordenha quanto na detecção precoce de mastite. Medições termográficas do processo de ordenha foram tomadas por Hamann (⁴), que investigou as respostas de temperatura do úbere à máquina ordenha. Este estudo mostrou que máquinas de ordenha convencionais podem provocar um aumento da temperatura na ponta dos tetos de 2°C.

Caruolo *et al.* (²²) estudaram a relação entre a dimensão interna e as temperaturas de superfície da glândula mamária e da temperatura do leite em caprinos. Os autores utilizaram a TI para medir a temperatura da superfície do úbere e tetos e encontraram um aumento na temperatura dos tetos após o uso do

equipamento de ordenha. Este estudo apóia as conclusões de Eichel ⁽²³⁾, que relatou o aumento da temperatura do teto depois da ordenha em 90% dos animais leiteiros, embora a avaliação do processo utilizado não apresentasse danos significativos aos tetos. Paulrud *et al.* ⁽²⁴⁾ utilizaram a TI para avaliar alternâncias induzidas na ordenha na circulação de fluidos nos tecidos dos tetos, obtendo resultados semelhantes. Os autores concluíram que a TI é útil para estudar e avaliar os efeitos de várias técnicas de ordenha na dinâmica de fluidos nos tetos.

Kejik e Maskova ⁽²⁵⁾ obtiveram termogramas de úbere e avaliaram a relação entre as zonas traumatizadas em tetos e da qualidade da borracha das teteiras. O estudo termográfico mostrou que a ordenha pode causar traumas em certas zonas do úbere e tetos. Os autores apontam que tais traumatismos no decurso da ordenha pode ser a causa de mastite.

Kunc *et al.* ⁽²⁶⁾ investigou a dinâmica das mudanças de temperatura do teto em relação às mudanças de vácuo (40 kPa contra 45 kPa). Após a avaliação dos termogramas foi encontrado que um vácuo de 40 kPa provoca temperaturas inferiores nos tetos do que um vácuo de 45 kPa. Além disso, o autor usou a TI para monitorar a temperatura do úbere em vacas leiteiras saudáveis, sob condições de operação padrão em uma sala de ordenha tipo autotandem, em que todas as especificações técnicas estavam em conformidade com a norma. Uma comparação de todos os termogramas mostra que a ordenha causou mudanças significativas nas tetas, particularmente naquelas que estavam em contato direto com a máquina de ordenha e estavam sujeitas a um estresse significativo. A temperatura do teto foi aumentada em média 2,62°C.

Resultados similares foram relatados por Barth ⁽²⁷⁾ e Kunc *et al.* ⁽²⁶⁾ que estudaram a comparação de revestimentos de borracha. Os resultados mostraram que a ordenha provocou aumento da temperatura dos tetos. Os maiores valores foram obtidos imediatamente após a ordenha. Esta tendência foi registrada em revestimentos. Novos forros (imediatamente após a troca) aumentaram mais a temperatura de tetos que forros mais velhos (imediatamente antes da troca), mas as diferenças não foram estatisticamente significativas.

Schmidt *et al.* ⁽²⁸⁾ encontraram que vacas com alta produção de leite apresentaram maiores temperaturas no úbere pré e pós-ordenha do que vacas com baixas produções. Estes dados sugerem que a TI tem valor como ferramenta de

diagnóstico para avaliar a função do úbere em relação às mudanças de temperatura e o nível de produção de leite. Paulrud *et al.* ⁽²⁹⁾, obtiveram resultados semelhantes.

Kunc *et al.* ⁽²⁶⁾ estudaram por meio do método termográfico o efeito sobre as tetas na ordenha mecânica (vácuo 42,6 kPa), em comparação com a mamada de um bezerro. A temperatura do teto mostrou um aumento significativo tanto após a ordenha quanto a amamentação. O efeito do bezerro mamando na temperatura dos tetos dependente da idade deste bezerro. Bezerros durante o período de colostro (5 dias de idade) estressaram significativamente menos os tetos do que os bezerros mais velhos (20 dias de idade). Além disso, esses bezerros mais velhos estressaram mais os tetos do que a ordenha mecânica.

Berry *et al.* ⁽³⁰⁾ utilizaram TI para investigar os efeitos de fatores ambientais sobre a variação diária na temperatura do úbere. Os autores encontraram um ritmo circadiano da temperatura do úbere e o exercício causa aumento significativo na temperatura do mesmo. Mas a variação diária na temperatura do úbere encontrada foi menor que o aumento de temperatura resultante de uma resposta a mastite induzida. Eles concluíram que a TI tem potencial como uma ferramenta de detecção precoce da mastite, se combinada com monitoramento de fatores ambientais.

2.3 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E MASTITE

Estudos recentes têm-se centrado na utilização da TI (termografia infravermelha) para detectar mastite de forma precoce. Scott *et al.* ⁽³¹⁾ verificaram que a inflamação pode ser detectada mais cedo através das diferenças de temperatura usando TI do que albumina de soro bovino ou de contagem de células somáticas. A concentração de albumina do soro de bovino chega ao seu pico 6 horas após a indução, ao passo que o aumento da temperatura medida através da TI foi evidente dentro de 1 hora de pós-indução da mastite.

Também Berry *et al.* ⁽³⁰⁾ e Willits ⁽¹³⁾ mostraram que a TI apresenta potencial como um método de detecção precoce de mastite. Kennedy ⁽¹⁾ encontrou que infecções que causam mastite muitas vezes provocam aumento de temperatura da superfície do úbere antes que outros sinais clínicos sejam observados. Em mastite induzida experimentalmente, um aumento de 2,3°C foi observada. O autor recomenda que as vacas passem por uma câmara de temperatura controlada, para que se faça a imagem da parte posterior de seus úberes. A câmera conectada a um

computador identificava e gravava vacas cujas temperaturas de superfície do úbere eram superiores ao normal. As vacas sinalizadas pelo sistema poderiam ser acompanhadas, sofrendo uma avaliação mais aprofundada para um possível tratamento.

Martins *et al.* (³²), desenvolveram estudo com o objetivo de avaliar o uso de TI para o diagnóstico da mastite em ovinos. Trinta e sete ovelhas Santa Inês foram avaliadas semanalmente através de imagens de infravermelho obtidos com termógrafo sistema FLIR[®]. O leite foi coletado para contagem de células somáticas e determinação de sua composição. O grupo com mastite clínica teve o maior nível de gordura e de proteína, bem como o nível mais baixo de lactose. As temperaturas de úbere foram maiores para o grupo com mastite subclínica. Os dados de temperatura do úbere foram capazes de classificar corretamente os animais nos grupos de mastite e a análise canônica mostrou que estas temperaturas claramente diferenciavam os grupos de mastite subclínica dos outros. Portanto, este estudo mostrou que as temperaturas do úbere medidas através de TI podem ser utilizadas como método de diagnóstico para a mastite em ovelhas.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a utilização da termografia infravermelha com ferramenta diagnóstica, não invasiva, para detecção precoce da mastite sub-clínica em vacas leiteiras.

3.2 ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho foram realizar Imagens infravermelhas (TI) da superfície do úbere e do olho, Califórnia Mastite Teste (CMT) de cada quarto do úbere e aferir a temperatura retal (TR) de animais da raça Holandesa Preta e Branca da região de Apucarana - PR

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DA PROPRIEDADE

O estudo foi realizado no mês de Julho de 2013 em propriedade rural no município de Apucarana – PR com área total de 90 hectares (23° 33' 03" S e 51° 27' 39" W). Sendo um total 105 bovinos e 48 vacas da raça Holandesa Preta e Branco, lactantes, com idade entre 2 a 13 anos, com 240,92 dias médios em lactação e 25,40 litros de produção média. Os animais eram submetidos ao manejo de semi confinamento, onde após as duas ordenhas diárias recebiam silagem de milho e ração concentrada 22% de proteína, na proporção de 1Kg de ração para cada 3Kg de leite produzido. Após suplementação, pastejo de croast-cross em sistema de piquetes rotacionados.

4.2 COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados anteriormente à ordenha entre as 5 e 7 horas da manhã. Assim, foram realizadas Imagens infravermelhas (TI) da superfície do úbere e do olho, Califórnia Mastite Teste (CMT) de cada quarto do úbere e aferição da temperatura retal (TR).

As imagens térmicas foram obtidas com uma câmera de infravermelho (FLIR T 440) com uma resolução de 0,01°C a aproximadamente 1,5 m de distância do animal com coeficiente de emissão ajustado para 0.97. Foram realizadas imagens, anterolateral esquerda, anterolateral direita (anexo 02), posterior do úbere (anexo 01) e globo ocular (anexo 03). Estas posteriormente foram transferidas para um tablete (Ipad[®]) para análise. As temperaturas das áreas estudadas foram medidas com o aplicativo QuickReport[®]. Também foi aferida a temperatura retal de cada animal com termômetro digital. Logo a seguir, foi realizado o CMT e atribuídos escores que variaram de 0 a 4 sendo que no escore zero não ocorreu formação de precipitado, no escore 1 uma leve precipitação, no escore 2 uma precipitação nítida, mas sem formação de gel, no 3 nítida formação de gel e no escore 4 uma acentuada formação de gel.

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi estudada a correlação entre a temperatura média da superfície do úbere (TMU), temperatura retal (TR) e temperatura ocular (TO).

Os dados obtidos foram apresentados através de análise descritiva dos dados em relação às variáveis mensuradas. Os dados quantitativos contínuos foram comparados através de análise de variância, após a verificação dos pressupostos necessários, com auxílio do pacote estatístico Minitab 13.0. Para a determinação das correlações lineares de Pearson utilizou-se o mesmo pacote estatístico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios, os desvios padrão, coeficientes de variação, valores máximos e mínimos das temperaturas, em graus Celsius, das variáveis estudadas.

Tabela 1. Média, desvio padrão, coeficiente de variação, valores máximo e mínimo da temperatura (°C) anterolateral direita (ALD), anterolateral esquerda (ALE), posterior direito (PD), posterior esquerdo (PE), temperatura retal (TR) e temperatura ocular (TO) das 48 vacas estudadas.

Parâmetro	ALD	ALE	PD	PE	TR	TO
Temperatura Média	31,62	30,85	32,08	32,19	38,32	32,24
Desvio Padrão	2,19	2,32	1,91	2,01	0,35	1,33
Coeficiente de Variação	6,94	7,51	5,96	6,26	0,91	4,14
Temperatura Máxima	36,30	36,00	35,80	36,40	39,50	35,70
Temperatura Mínima	26,90	27,50	26,80	26,80	37,40	28,60
Amplitude	9,40	8,50	9,00	9,60	2,10	7,10

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios, o desvio padrão, coeficiente de variação, valores máximos e mínimos das temperaturas, em graus Celsius, considerando posição (anterior ou posterior) e lado (direito ou esquerdo) de 24 animais que apresentaram CMT negativo em todos os quartos.

Tabela 2. Média, desvio padrão, coeficiente de variação, valores máximo, mínimo da temperatura (°C) anterolateral direita (ALD), anterolateral esquerda (ALE), posterior direito (PD), posterior esquerdo (PE), temperatura retal (TR) e temperatura ocular (TO) das 24 vacas com Califórnia Mastite Teste negativo (CMT NEGATIVO).

Parâmetro	ALD	ALE	PD	PE	TR	TO
Média	30.80	31.02	32.05	32.50	38.37	31.94
Desvio Padrão	1.92	1.90	1.99	2.00	0.38	1.40
Coeficiente de Variação	6.24	6.11	6.21	6.16	1.00	4.38
Máximo	34.40	35.10	35.80	35.60	39.50	34.10
Mínimo	27.30	28.20	28.60	28.10	37.80	28.60
AMPLITUDE	7.10	6.90	7.20	7.50	1.70	5.50

A análise dos animais com CMT negativo revelou que existe diferença entre a temperatura médias dos quartos anterior quando comparados com posterior ($p=0,001$). A média e o desvio padrão das temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) obtidas por termografia infravermelha anterior (TIA) foi $30,91\pm 1,89$ enquanto a termografia infravermelha posterior (TIP) foi $32,28\pm 1,99$. Isso pode ser explicado, segundo Berry *et al.* ⁽³⁰⁾, pelo fato da superfície posterior do úbere estar mais exposta ao ambiente do que a anterior. Entretanto, não existe diferença entre os lados direito e esquerdo ($p=0,399$). A temperatura média da termografia infravermelha do lado direito (TILD) foi de $31,43\pm 2,03$ já a para o lado esquerdo (TILE) foi $31,76\pm 2,07$. Não existe interação entre posição e lado ($p=0,763$). A comparação das temperaturas da termografia infravermelha posterior (TIP) entre os animais com CMT positivo e CMT negativo não revelou diferença em relação às mesmas ($p=0,236$) sendo que as temperaturas médias da termografia infravermelha posterior (TIP) para animais negativos e positivos foi respectivamente, $32,03\pm 1,96$ e $32,65\pm 1,89$.

Colak *et al.* ⁽³³⁾ também não observaram diferenças entre os lados. Entretanto, ao contrário deste estudo não encontraram diferença entre as temperaturas anteriores e posteriores. Isto talvez possa ser explicado pelo fato dos autores terem utilizado ambiente controlado durante o experimento e permitido aos animais um período de descanso de 30 minutos antes da realização das imagens. Para Berry *et al.* ⁽³⁰⁾, métodos de detecção de mastite que dependem das medidas das alterações da temperatura da pele do úbere devem levar em conta suas variações diárias sob várias condições ambientais e um patamar de referência deve ser estabelecido. Deve-se levar em conta as flutuações circadianas da temperatura corporal em vacas de leite já demonstrada por autores como Bitman *et al.* ⁽³⁴⁾.

Na análise dos 96 quartos anteriores com CMT positivo, comparados aos quartos com CMT negativo, observou-se existência de diferença entre as temperaturas médias da termografia infravermelha anterior (TIA) dos animais CMT positivos $32,35\pm 2,35$ e as temperaturas médias da termografia infravermelha anterior (TIA) dos animais CMT negativos $31,00\pm 2,20$ ($p=0,025$). Martins *et al.* ⁽³²⁾ trabalhando com ovelhas também encontraram valores de temperatura da superfície do úbere mais alta em animais com CMT positivo. O que confirma os achados de Colak *et al.* ⁽³³⁾ que encontraram forte correlação ($r=0.92$) entre a temperatura da superfície do úbere e os escores de CMT.

Na tabela 3, pode-se observar que a distribuição de quartos positivos no CMT ocorre de forma semelhante em todos os quartos do úbere, independentemente da localização. O que contraria Berry *et al.* (³⁰), que afirmaram ter escolhido realizar imagens apenas dos quartos posteriores pois esses são onde a maioria dos casos de mastite ocorre.

Tabela 3. Análise descritiva quanto a Mastite sub-clínica verificada através de Califórnia Mastite Teste segundo a localização do quarto: (AD) anterior direito, (AE) anterior esquerdo, (PD) posterior direito, (PE) posterior esquerdo.

Quarto	CMT Positivo	CMT Negativo	Total
AD	11	37	48
AE	6	42	48
PD	6	42	48
PE	11	37	48
Total	34	158	192

Os valores do coeficiente de correlação da temperatura média da superfície do úbere (TMU) e da temperatura ocular (TO) e da temperatura retal (TR) foram respectivamente, 0,577 e 0,475 ($p=0,000$).

A TO é uma medida mais consistente nas mudanças de temperatura do qualquer outra área anatômica tais como nariz, orelha, cascos ou do próprio corpo em resposta ao estresse e a precoce detecção de enfermidades em bovinos como a diarreia viral bovina (BVD) em bezerros (³⁵). Isto sugere que o aumento da temperatura seja resultante de uma maior atividade do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal em resposta ao estresse (³⁶). Assim, sua utilização deve ser considerada para a detecção precoce da mastite.

Muito embora, também exista correlação moderada entre a TR e a TMU a mesma encontra-se dentro do espectro fisiológico (37,5°C à 39,5°C) o que sugere conforme Colak *et al.* (³³), a ausência de efeito sistêmico do CMT positivo.

CONCLUSÃO

A utilização da termografia infravermelha como ferramenta diagnóstica para detecção precoce parece ser promissora. Entretanto, para o estabelecimento de um protocolo para sua utilização devem-se levar em consideração os fatores que pode interferir nos seus resultados tais como horário de realização, condições ambientais, atividade, alimentação e outras práticas de manejo.

REFERÊNCIAS

- (1) Kennedy A. Mastitis detection using infrared thermography. *Western Dairy Digest*. 2004; 5: 15.
- (2) Stewart M, Webster JR, Schaefer AL, Cook NJ, Scott SL. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare* 2005; 14: 319-325.
- (3) Kunc P, Knizkova I, Prikryl M, Maloun J. Infrared thermography as a tool to study the milking process: a review. *Agricultura Tropica e Subtropica*. 2007; 40: 29-32.
- (4) Hamann J. Stimulation and teat tissue reaction. *Kieler Milchwirtschaftlich Forschungsberichte*. 1992; 44: 339-347.
- (5) Isaaksson A, Lind O. Teat reactions in cows associated with machine milking. *Journal of Veterinary Medicine*. 1992; 39: 282-288.
- (6) Burmeister JE, Fox LK, Hillers JK, Hancock DD. Effect of premilking and postmilking teat disinfectants on teat skin condition. *Journal of Dairy Science*. 1998; 81:1910-1916.
- (7) Ramussen MD, Larsen HD. The effect of post milking teat dip and sucking on teat condition, bacterial colonization and udder health. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1998; 39: 443-452.
- (8) Neijenhuis F, Barkema HW, Hogeveen H, Noordhuizen JPTN. Classification and longitudinal examination of callused teat ends in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2000; 83: 2795-2804.
- (9) Zecconi A, Hamman J, Bronzo V, Moroni P, Giovannini G, Piccini R. Relationship between teat tissue immune defenses and intramammary infection. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2000; 480: 287-293.
- (10) Sargeant JM, Scott MH, Leslie KE, Ireland MJ, Bashiri A. Clinical mastitis in dairy cattle in Ontario: frequency of occurrence and bacteriological isolates. *Canadian Veterinarian Journal*. 1998; 39: 33-39.
- (11) Timms L. Mastitis diagnostic. *Western dairy digest*. 2004; 5: 10-11.
- (12) Norberg E. Electrical conductivity of milking as a phenotypic and genetic indicator of bovine mastitis. *Livestock Production Science*. 2005; 96: 129-139.
- (13) Willits S. Infrared thermography for screening and early detection of mastitis infection in working dairy herds. *Proceedings of Informations*. 2005; 42: 1-5.

(14) Viguier C, Arora S, Sushrut A, Gilmartin N, Welbeck K, O'Kennedy R. Mastitis detection: current trends and future perspectives. *Trends in biotechnology*. 2009; 27: 486-493.

(15) Balas C. Review of biomedical optical imaging - a powerful, non-invasive, non-ionizing technology for improving in vivo diagnosis. *Measurement Science & Technology*. 2009; 20: 104020.

(16) Knizkova I, Kunc P, Gurdil GAK, Pinar Y, Selvi KC. Application of infrared thermography in animal production. *Journal of Faculty of Agriculture*. 2007; 22: 329-336.

(17) Brioschi ML. Metodologia de normalização de análise do campo de temperaturas em imagem infravermelha humana. Curitiba: Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2011. 114p. (Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica).

(18) Lustrana DD, Couter GH. Relationship between scrotal infrared temperature patterns and natural-mating fertility in beef bulls. *Journal of Animal Science*. 1997; 75: 767-774.

(19) Montanholi YR, Odongo NE, Swanson KC, Schenkel FS, McBride BW, Miller SP. 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*. 2008; 33: 468-475

(20) Dunbar MR, Johnson SR, Ryan JC, McCollum M. Use of infrared thermography do detected thermographic changes in mule deer (*odocoileus hemionus*) experimentally infected with foot-and-mouth disease. *Journal off Zoo and Wildlife Medicine*. 2009; 40: 296-301.

(21) Poiklainen V, Praks J, Veermae I, Kokin E. Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming. *Agronomy Research*. 2012; 1: 187-194.

(22) Caruolo EV, Jarman RF, Dickey DA. Milk temperature in the claw piece of the milking machine and mammary surface temperature are predictors of internal mammary temperature in goats. *Journal of Veterinary Medicine*. 1989; 37: 61-67.

(23) Eichel H. Temperature of teat skin in dairy cows milked in piped milking parlor. *Monatshefte Fur Veterinarmedizin*. 1992; 47: 193-195.

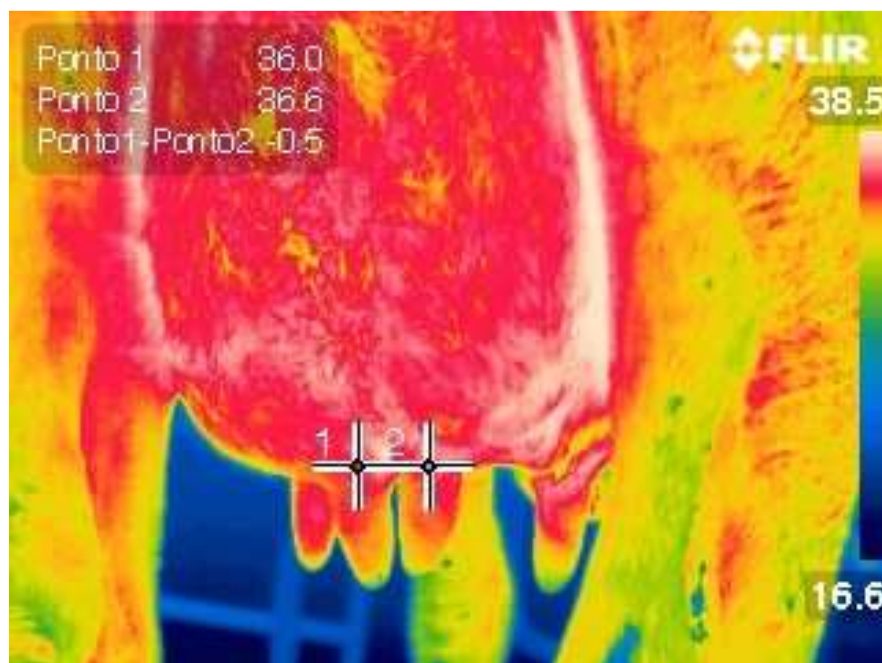
(24) Paulrud O, Clausen S, Andersen PE, Bjerring M, Rasmussen MD. Infrared thermography to evaluate milking induced alterations in teat tissue fluid circulation. *Journal of Animal Science*. 2002; 80: 84-85.

(25) Kejik C, Maskova A. Termographic measurements of teat surface temperature during machine milking. *Zivocisna Vyroba*. 1989; 35: 225-230.

- (26) Kunc P, Knizkova I, Koubkova M. The influence of milking with different vacuum and different design of linear no the change of teat surface temperature. *Czech Journal of Animal Science*. 1999; 44: 131-134.
- (27) Barth K. Basic information to evaluate highly sensitive infrared-tomography-techniques to detect udder inflammations in cows. *Milk Science International*. 2000; 55: 607-609.
- (28) Schmidt S, Bowers S, Dickerson T, Graves K, Willards S. Assessments of udder temperature gradients pre and post milking relative to milk production in Holsteins cows as determined by digital infrared thermography. *Journal of Animal Science*. 2004; 83: 460-461.
- (29) Paulrud O, Clausen S, Andersen PE, Rasmussen MD. Infrared thermography and ultrasonography to indirectly monitor the influence of liner type and overmilking on teat tissue recovery. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 2005; 46: 137-147.
- (30) Berry RJ, Kennedy SL, Scott SL, Kyle BL, Schaefer AL. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Canadian Journal Animal Science*. 2003; 83: 687-693.
- (31) Scott SL, Schaefer AL, Tong AKW, Lacasse P. Use of infrared thermography of early detection of mastitis in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*. 2000; 80: 764-765.
- (32) Martins RFS, Pain TPP, Cardoso CA, Dallago BSL, Melo CB, Louvadini H, McManus C. Mastitis detection in sheep by infrared thermography. *Research in Veterinary Science*. 2012; 94: 722-724.
- (33) Colack A, Polat B, Okumus Z, Kaya M, Yanmaz LE, Hayrli A. Short Communication. Early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. *Journal Dairy Science*. 2008; 91: 4244-4248.
- (34) Bitman J, Lefcourt AM, Wood DL. Stroud, B. Circadian and ultradian rhythms of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 1984; 67: 1014-1023.
- (35) Schaefer AL, Cook N, Tessaro SV, Deregt D, Desroches G, Deubeski PL, Tong AKW, Goson DL. Early detection and prediction of infection using infrared thermography. *Canadian Journal Animal Science*. 2003; 84: p.73-80.
- (36) Cook NJ, Schaefer AL, Warren L, Burwash L, Anderson M, Baron V. Adrenocortical and metabolic responses to ACTH injection in horses: An assessment by salivary cortisol and infrared thermography of the eye. *Canadian Journal Animal Science*. 2001; 81: 621.

ANEXOS

Anexo 01: Imagem de mensuração da temperatura da região posterior do úbere.



Anexo 02: Imagem de mensuração da temperatura da região anterolateral esquerda.



Anexo 03: Imagem de mensuração da temperatura do globo ocular.

