



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ZOOTECNIA

**EFEITO DO EQUIPAMENTO TERMOVISOR SOBRE AS MEDIDAS DE
TEMPERATURA SUPERFICIAL DE DIFERENTES ANIMAIS E REGIÕES
CORPORAIS**

Acadêmica: Aline Da Silva

Dourados - MS

Junho – 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ZOOTECNIA

**EFEITO DO EQUIPAMENTO TERMOVISOR SOBRE AS MEDIDAS DE
TEMPERATURA SUPERFICIAL DE DIFERENTES ANIMAIS E REGIÕES
CORPORAIS**

Acadêmica: Aline da Silva

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Fabiana Ribeiro Caldara

Trabalho de Conclusão de Curso em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de bacharel em Zootecnia.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586e Silva, Aline Da
Efeito do equipamento termovisor sobre as medidas de temperatura superficial de diferentes animais e regiões corporais [recurso eletrônico] / Aline Da Silva. -- 2022.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Fabiana Ribeiro Caldara .
TCC (Graduação em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2022.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Câmera termográfica. 2. Tecnologia. 3. Termografia infravermelha I. Caldara, Fabiana Ribeiro. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EFEITO DO EQUIPAMENTO TERMOVISOR SOBRE AS MEDIDAS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DE DIFERENTES ANIMAIS E REGIÕES CORPORAIS

AUTOR: Aline da Silva

ORIENTADOR: Prof^ª Dr^ª Fabiana Ribeiro Caldara

Aprovado como parte das exigências para a obtenção do grau de bacharel em **ZOOTECNIA** pela comissão examinadora.



Profa. Dra. Fabiana Ribeiro Caldara
(Orientador)



Profa. Dra. Maria Fernanda de Castro Burbarelli – UFGD



Profa. Dra. Fabiana Cavichiolo – UFGD

Data de realização: 24 de junho de 2022

Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia
Presidente da comissão do TCC-Zootecnia

DEDICATÓRIA

À minha tia Josina Germano Gonçalves por sempre acreditar em mim e por todo o apoio durante todos esses anos de caminhada, à minha mãe Ana Germano de Amorim (in memoriam).

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, à Deus e Nossa Senhora Aparecida, minha padroeira por me guiar ao longo de todos esses anos de universidade.

A mim mesma por nunca ter desistido, mesmo com tantas dificuldades e tanto sofrimento, por ter conseguido dar conta de completar meus estudos.

À minha tia Josina Germano Gonçalves por ser meu porto seguro, por sempre me apoiar em minhas decisões e pelo carinho e amor que tem comigo, sei o quanto foi difícil ficar longe, mas cada segundo valerá a pena.

Aos meus amigos de Graduação Agnes, Jaqueline, Juliana, Macio, Karen, Wellington, Adrielly, Henrique, Willian, Giuliano, Iriadne, Ester, Mayra, Gabrielly entre tantos outros, pois sem eles nada disso seria possível. Obrigada pelo apoio, pelo amor, carinho, pela ajuda nas horas mais difíceis, principalmente as minhas meninas Mirelly e Beatriz por todo apoio durante a faculdade. Amo vocês mais que tudo.

Às minhas amigas da minha cidade natal, Caroline, Anna, Geovana e Larissa que mesmo distantes sempre torceram por mim.

À Deise Regina Vieira de Lima e Luciane Antunes, minhas companheiras de apartamento durante todos esses anos da faculdade, obrigada por tudo, vocês foram essenciais na minha vida, amo vocês.

À Prof^a Dr^a Fabiana Ribeiro Caldara, obrigada pelos ensinamentos, pela paciência que teve comigo durante esse processo que foi escrever o trabalho de conclusão de curso, sem você nada disso seria possível.

À aluna de doutorado Bruna Barreto Przybulinski por disponibilizar seu tempo para obter as imagens termográficas, muito obrigada.

À Prof.^a Dr^a Maria Fernanda de Castro Burbarelli pela ajuda na realização das análises estatísticas e colaboração.

A todos os meus professores do curso de Graduação em Zootecnia, que de alguma forma contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal.

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), pela oportunidade de realização deste curso.

MUITO OBRIGADA

RESUMO

O estudo foi realizado com o intuito de comparar as mensurações de temperatura superficial de diferentes animais e regiões corporais, utilizando-se dois termovisores distintos, sendo um equipamento profissional (TESTO modelo 882) e um celular (Caterpillar Cat S60) com um termovisor FLIR acoplado, buscando assim a validação da tecnologia de menor valor econômico. Para a obtenção das imagens foram utilizados 100 frangos de corte com 32 dias de vida, machos, distribuídos em cinco boxes escolhidos aleatoriamente, em que metade dos animais foram fotografados em dia de temperatura amena e a outra metade em um dia de temperatura mais elevada. Foram registradas concomitantemente com os dois equipamentos imagens do peito, dorso e pés (animal com presença de penas). Posteriormente, foram registradas imagens de 12 bovinos machos, sendo que sete deles estavam em local sombreado e cinco soltos a pasto em contato direto com a radiação solar. Os pontos utilizados para obtenção das imagens foram cabeça, flanco e pata traseira (animal com presença de pelos). Foram utilizadas 10 ovelhas a pasto com incidência direta de radiação solar, sendo as imagens registradas na cabeça, dorso e patas traseiras (animal com presença de lã). Posteriormente as imagens foram analisadas em dois *softwares* diferentes o IFSOft e o Flir Reporte Studio, utilizando-se em ambos círculos, retângulos e elipses para marcação das áreas de medidas, obtendo-se assim a média de temperatura do local. A emissividade utilizada foi de 0,95 para frangos e 0,98 para bovinos e ovinos. Houve interação entre o equipamento termovisor utilizado e o local de avaliação da temperatura superficial, contudo para bovinos e ovinos não houve diferença entre o local de mensuração da temperatura nem do tipo de equipamento utilizado. Entretanto, para frangos de corte houve o efeito do termovisor quando o local de mensuração foram os pés, constatando-se que os valores de temperaturas superficiais foram inferiores quando mensurados pelo termovisor acoplado ao celular. Independente do aparelho utilizado a temperatura superficial do peito dos frangos foi superior ao dorso das aves e às três regiões avaliadas em bovinos, o que pode estar correlacionado ao fato de ser uma região desprovida de cobertura (penas). O coeficiente de correlação entre temperatura superficial e aparelhos termovisores testados foi de 0,96821 ($p < 0,0001$), indicando que o termovisor acoplado ao celular pode ser utilizado com acurácia para a mesma finalidade que a câmera termográfica profissional. Para frangos de corte as medidas realizadas no dorso ou peito parecem ser mais indicadas ao se utilizar um termovisor de menor precisão, uma vez que os valores foram semelhantes aos da termográfica profissional.

Palavras-chave: Câmera termográfica, Tecnologia, Termografia infravermelha.

ABSTRACT

The study was carried out in order to compare the surface temperature measurements of different animals and body regions, using two thermal imagers, a professional camera (TESTO model 882) and a cell phone (Caterpillar Cat S60) with a FLIR thermal imager attached, thus seeking to validate the technology with the lowest economic cost. To obtain the images, 100 broilers with 32 days of life were used, males distributed in 5 different boxes chosen randomly, in which half of the animals were photographed on a day with mild temperature and the other half on a day with higher temperature. Images of the chest, back and feet (animal with feathers) were recorded concomitantly with the two equipments. Subsequently, images of 12 male cattle were recorded, seven of which were in a shady place and five were released to pasture in direct contact with solar radiation. The points used to obtain the images were the head, flank and hind paw (animal with fur). Ten sheep were used to graze with direct incidence of solar radiation, and the images were recorded on the head, back and hind legs (animal with the presence of wool). Subsequently, the images were analyzed in two different software, IFSOft and Flir Reporte Studio, using circles, rectangles and ellipses in both software to mark the measurement areas, thus obtaining the average temperature of the place. The emissivity used was 0.95 for chickens and 0.98 for cattle and sheep. There was interaction between the thermal imaging equipment used and the place where the surface temperature was evaluated (feathers, skin, wool), however, for cattle and sheep, there was no difference between the place measured for temperature or the type of equipment used. However, for broilers there was the effect of the thermal imager when the measurement site was the feet, noting that the values of surface temperatures were lower when measured by the thermal imager of the cell phone. Regardless of the device used, the surface temperature of the breast of the chickens was higher than the back, which may be correlated to the fact that it is a region without coverage (feathers). The correlation coefficient between surface temperature and thermal imagers tested was 0.96821 ($p < 0.0001$), indicating that the thermal imager attached to the cell phone can be used for the same purpose as the professional thermographic camera, since according to the analysis a positive correlation between the two equipments, except that for broilers, the temperature of the back or breast would be more indicated if using a thermal imager of lesser precision, since the values were similar to those of the professional thermographic.

Keywords: Thermographic camera, Technology, Infrared thermography.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Homeotermia e termorregulação	13
2.2. Mensurações de temperatura corporal	15
2.3. Termografia infravermelha (TIR)	17
2.4. Termografia infravermelha na Produção Animal	18
2.5. Fatores que podem influenciar as medidas termográficas.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Local.....	21
3.2. Temperatura superficial de frangos de corte (superfície: pele e penas)	22
3.3. Temperatura superficial de Bovinos (superfície: pelos).....	23
3.4. Temperatura superficial de Ovinos (Superfície: lã)	23
3.5. Descrição dos aparelhos termovisores	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5. CONCLUSÃO	28
6. REFERÊNCIAS	29

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Frangos de corte, à esquerda imagem termográfica obtida com termovisor FLIR acoplado ao smartphone CAT60 (Caterpillar). À direita, imagem termográfica obtida com termovisor Testo862, com a forma de uma elipse para obter o cálculo médio da temperatura superficial da pele22
- Figura 2.** Bovinos, à esquerda imagem termográfica obtida com termovisor FLIR acoplado ao smartphone CAT60 (Caterpillar). À direita, imagem termográfica obtida com termovisor Testo 882, com a forma de um retângulo para obter o cálculo médio da temperatura superficial da pele 23
- Figura 3.** Ovinos, à esquerda imagem termográfica obtida com termovisor FLIR acoplado ao smartphone CAT60 (Caterpillar). À direita, imagem termográfica obtida com termovisor Testo 882, com a forma de um retângulo para obter o cálculo médio da temperatura superficial da pele..... 24
- Figura 4.** Câmera de detecção de imagens infravermelhas Testo 88225
- Figura 5.** Câmera de detecção de imagens infravermelhas FLIR acoplada ao Smartphone CAT S60 (Caterpillar)26

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Aplicações da termografia infravermelha em estudos de diversas áreas da produção animal	20
Tabela 2. Informações técnicas da câmera termográfica TESTO 882.....	24
Tabela 3. Informações técnicas da câmera termográfica FLIR acoplada a smartphone CAT S60 (Caterpillar)	25
Tabela 4. Temperatura superficial de diferentes regiões corporais de frangos de corte, bovinos e ovinos, mensuradas por termovisor TESTO 882 e FLIR acoplado a smartphone CAT S60 (Caterpillar)	27
Tabela 5. Temperatura superficial de frangos de corte, bovinos e ovinos, mensuradas por termovisor TESTO 882 e FLIR acoplado a smartphone CAT 60 (Caterpillar)	28

1. INTRODUÇÃO

O raio infravermelho é um tipo de onda eletromagnética de frequência menor que a luz vermelha, dessa forma não fazendo parte do espectro visível ao olho humano. Levando essa afirmativa em consideração a técnica utilizada pelos termovisores torna possível a transformação da energia de radiação, ou seja, desta luz não visível ao olho humano, em imagens visíveis (Nanni Costa et al., 2007). Todo objeto ou corpo que exibe uma temperatura acima de zero absoluto emite radiação infravermelha em razão da agitação das moléculas e dos átomos (Mikail, 2010), e conseqüentemente, quanto maior for essa movimentação, mais quente se encontra esse objeto/corpo emitindo assim maior radiação para o meio.

A termografia infravermelha (TIR) é aplicável em qualquer situação em que o conhecimento do padrão térmico por meio de uma superfície forneça dados significativos de uma estrutura, processo ou sistema (Cortizo et al., 2013), e vem sendo utilizada vastamente em aplicações na indústria, policiamento ostensivo, investigações forenses nas áreas da mecânica, elétrica, civil, sistemas estruturais, militar, busca e salvamento, ciências médicas e veterinárias, auxiliando de forma rápida e segura o diagnóstico de problemas internos de difícil detecção a olho nu.

Na produção animal é utilizada como método não invasivo de mensurações térmicas, possibilitando assim a realização de avaliações de conforto térmico, estresse, emoções entre outras, preservando o bem-estar animal uma vez que para a obtenção das imagens não se necessita de contato direto com o mesmo. Segundo Purohit (2006) as imagens termográficas são muito utilizadas em várias espécies animais para evidenciar processos inflamatórios que estão de certa forma relacionados com as mudanças de temperatura na superfície da pele e para indicar reações fisiológicas do sistema nervoso parassimpático. A TIR também é utilizada na identificação de níveis de estresse em animais, pois uma vez que radiação infravermelha formada no processo permite identificar alterações no fluxo sanguíneo (Stewart et al., 2005).

Os termovisores foram utilizados por Nääs et al. (2010) em frangos de corte para auxiliar na mensuração da produção de calor metabólico das aves. Por sua vez, Moura et al. (2011) fizeram uso da termografia infravermelha para análise de trocas de calor em equinos em condições de treinamento e para detecção de possíveis contusões e inflamações.

Knížková et al. (2007) citam que os aparelhos termovisores são capazes de identificar variações mínimas de temperatura com exatidão, possibilitando por meio da interpretação dos termogramas determinar regiões corporais em que ocorrem alterações de fluxo sanguíneo (Ring & Ammer, 2000; Matias, 2002), de células inflamatórias, como sendo a que manifesta mais

alta temperatura em relação a outras áreas (De Lima et al., 2013).

A confiabilidade em medições feitas por termografia infravermelha dependem sobremaneira da sensibilidade e precisão do equipamento utilizado, bem como de outros fatores como, distância entre o operador e o objeto a ser mensurado, condições ambientais, emissividade adotada da superfície. Termovisores profissionais podem ter custo muito elevado, dificultado sua adoção em instituições de pesquisa ou mesmo no campo. Atualmente existem modelos mais simples e acessíveis, integrados a aparelhos smartphone, cuja precisão em relação aos demais, em avaliações de superfícies animais com diferentes características, como pele, pelos, lã e penas carece de estudos para validação.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi comparar dois equipamentos termovisores, um termovisor profissional TESTO modelo 882 e termovisor FLIR acoplado em smartphone Caterpillar CAT S60 no registro de temperaturas superficiais de diferentes regiões corporais de aves, bovinos e ovinos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Homeotermia e termorregulação

Os animais trocam continuamente energia com o ambiente, por isso são caracterizados como termodinâmicos. Os fatores externos do ambiente auxiliam na produção de variações internas no animal, interferindo assim na quantidade de energia trocada entre ambos, existindo uma grande necessidade de ajustes fisiológicos para que ocorra o balanço térmico. Quando a temperatura ambiente encontra-se muito fora da zona de termoneutralidade o organismo animal lança mão de mecanismos fisiológicos para sua termoregulação, consumindo reservas energéticas para tal função, afetando muitas vezes a eficiência produtiva dos mesmos (Bridi, 2010).

Os principais animais de produção como bovinos, suínos, ovinos e aves são homeotérmicos, ou seja, são capazes de permanecer com a sua temperatura corporal constante dentro de certos limites, mesmo com a flutuação da temperatura ambiente ou que sua atividade varie intensamente (Below et al., 1995). Quando a temperatura ambiente encontra-se abaixo da temperatura de conforto, o animal precisa utilizar-se de suas reservas fisiológicas no intuito de produzir calor (termogênese). Já, quando a temperatura ambiente encontra-se acima da zona de conforto térmico (termólise), o animal precisa dissipar esse calor para o meio ambiente, para manter constante sua temperatura corporal.

As proporções corporais são importantes atributos morfológicos dos animais a serem consideradas no equilíbrio térmico. Os animais de pequeno porte possuem área de superfície proporcionalmente maiores em relação ao seu peso, tornando-os assim mais vulneráveis à temperatura do ambiente (Marai et al., 2007). A proteção desses animais mediante a temperatura ambiental depende das suas características morfológicas como cor, espessura da pele, glândulas sudoríparas, penas, pelo ou lã. A pele é uma camada protetora tanto para os animais quanto para os seres humanos, protegendo-os do calor e do frio, e sua temperatura depende principalmente das condições em que estão inseridos como umidade e vento, e de suas condições fisiológicas como a vascularização e a evaporação por suor em algumas espécies.

Para que o animal mantenha a sua temperatura corporal dentro dos seus limites fisiológicos eles realizam por meio de variações fisiológicas, comportamentais e metabólicas, a perda ou produção de calor, utilizando-se de vias termorregulatórias de troca de calor com o ambiente. As trocas de calor podem ser divididas em duas categorias: as não evaporativas ou sensíveis, por meio de radiação, condução e convecção, e as evaporativas ou

latentes, por meio da transpiração e respiração (Silva, 2000). Entre os mecanismos de regulação de temperatura realizados pelos animais destaca-se a vasodilatação periférica, que redireciona o fluxo sanguíneo, auxiliando na dissipação de calor para o meio de forma não evaporativa (Johnson, 1987).

Na persistência do estresse térmico, os mecanismos de termorregulação animal intensificam-se, buscando a diminuição do seu metabolismo por meio da redução da atividade da tireóide, tendo uma produção menor de tiroxina no organismo. Esse evento está diretamente relacionado à redução significativa da ingestão de alimentos e mobilização das reservas corporais para se ter uma regulação térmica (Lima, 2006). Quando o animal está submetido ao estresse por calor mudanças no comportamento são comuns, como por exemplo, a busca por áreas sombreadas ou próximas a bebedouros e o aumento do tempo em pé também é observado pelo fato de ter um aumento na área de superfície corporal exposta ao meio ambiente, tendo assim maior circulação de ar em torno do seu corpo (Medeiros et al., 1997).

Os animais homeotérmicos possuem uma faixa de temperatura ambiente, chamada zona de termoneutralidade, em que não precisam produzir ou perder calor corporal, e seu gasto energético é mínimo. Nessa faixa de temperatura os animais encontram-se em conforto térmico e podem expressar seu máximo potencial genético (Baccari Júnior, 2001). A zona de conforto térmico depende de vários fatores, sendo alguns deles relacionados diretamente ao animal, como peso, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação e genética. Outro fator de grande importância no conforto térmico é a existência de pelagem externa do animal (espessura, estrutura, isolamento térmico, absorção e refletividade) e a suas características corporais como (fisiologia, tamanho e área superficial) (Bonsma, 1983; Silva, 2000).

Outros fatores são inerentes ao ambiente em que esse animal se encontra como a temperatura, velocidade do vento, umidade relativa do ar, tipo de piso, tipo de telhado, etc (Baêta & Souza, 1997). Para promover o conforto térmico no interior de uma instalação, é necessário que o balanço térmico seja nulo, ou seja, que o calor produzido pelo animal somado ao calor adicional do ambiente seja igual o calor perdido por radiação, convecção, condução e evaporação.

A temperatura ambiente é uma das principais influências sobre as variáveis fisiológicas, temperatura central e frequência respiratória, seguida pela radiação solar, a umidade relativa e o movimento do ar. Outras variáveis fisiológicas também estudadas são a frequência cardíaca e os parâmetros sanguíneos (Lee et al., 1974). Em países tropicais, temperaturas ambientais acima da média são verificadas durante grande parte do ano, o que pode provocar uma maior exposição dos animais ao estresse crônico, facilitando assim um desequilíbrio endócrino e

consequentemente, alteração dos desempenhos produtivos e reprodutivos desses animais (Encarnação, 1989). Quando a temperatura ambiente está acima de 29°C, a termólise por convecção e radiação é dificultada ou inibida, e a via de perda de calor mais eficaz será por meios evaporativos (transpiração e respiração), sendo responsável, por exemplo, em bovinos por 85% das perdas de calor. Esse tipo de perda depende da umidade relativa do ar (Ingram & Mount, 1975).

Entretanto, se a umidade relativa do ar for elevada, a perda de calor por evaporação será prejudicada, causando assim um alto estresse calórico. A diminuição no consumo de alimentos é maior quanto mais intenso o estresse térmico e, isso se deve principalmente à inibição do centro do apetite, que é localizado no hipotálamo, decorrente da hipertermia corporal.

É fundamental o conhecimento da relação entre os animais e o ambiente, além de se conhecer a capacidade de adaptação de todas as espécies e raças, para que assim ocorra a tomada de decisões. Dessa forma, a percepção das variações diárias e sazonais das respostas fisiológicas permite a adoção de ajustes que proporcionem maior conforto aos animais e permitam a produção de forma sustentável quanto aos sistemas de criação e estratégias de manejo a serem utilizadas maximizando assim as respostas produtivas do rebanho (Nóbrega et al., 2011). Animais bem adaptados ao ambiente têm se caracterizado por manutenção com uma perda mínima de produção durante o estresse, alta eficiência reprodutiva e resistência a doenças, bem como longevidade e baixas taxas de mortalidade (West, 2003).

Nesse contexto, é de grande importância ressaltar que o estresse por calor é um dos principais limitantes à produção animal, pois as altas temperaturas influenciam negativamente o consumo de alimentos consequentemente o ganho de peso, as taxas reprodutivas e a produção de leite (Nóbrega et al., 2011).

2.2. Mensurações de temperatura corporal

O controle da temperatura corporal se faz necessário para manter em níveis seguros as repostas fisiológicas de produção, absorção e perda de calor. Avanços relacionados à mensuração da temperatura corporal têm desempenhado funções importantes na pesquisa de termorregulação animal, por permitirem que os pesquisadores quantifiquem e analisem a temperatura usando diferentes estratégias (Costa, 2012).

Classifica-se como temperatura central a temperatura do sangue na circulação que perfunde as células do hipotálamo anterior e que permite o organismo a constatação da temperatura sanguínea (Montain & Coyle, 1992), sendo o padrão para sua mensuração a temperatura do sangue da artéria pulmonar (Giuliano et al., 1999). Porém, mesmo que esse local

geralmente seja considerado o "padrão ouro fisiológico", ele é acessível apenas sob condições cirúrgicas ou experimentais e sendo impraticável para a detecção de variações da temperatura corporal em um ambiente clínico (Michael Marcy et al., 2004). Desse modo, a temperatura retal é a mais utilizada para mensuração da temperatura corporal em animais.

A temperatura corporal é o resultado da diferença entre a energia térmica produzida mais a recebida pelo organismo animal e a energia térmica dissipada para o meio. De acordo Johnson (1980), a temperatura retal obtida por meio de termômetro clínico, diretamente no reto do animal, é um indicador dessa diferença e pode ser usada para avaliar a adversidade do ambiente térmico sobre os animais. De acordo com McDowell et al. (1976), a elevação de apenas 1°C na temperatura retal é o suficiente para diminuir o desempenho na maioria das espécies de animais domésticos.

Diferentemente do que ocorre com a temperatura da pele que varia principalmente pela exposição a certas condições ambientais, como temperaturas extremas, umidade e radiação solar (Johnson, 2010), a temperatura retal tem uma resposta lenta quando ocorrem exposições e mudanças repentinas de temperatura ambiental. Também existem sinais de que diferentes profundidades de inserção do dispositivo no reto causam variações na identificação da temperatura retal (Lee et al., 2010), o que justifica a necessidade de haver padronização na inserção do sensor na cavidade retal.

Variações da temperatura corporal podem ser influenciadas pelo funcionamento inadequado de um ou mais sistemas internos do corpo, acompanhado de possível infecção ou contaminação, resultando em quadro febril (Ring, 1998) e pelo desequilíbrio entre a quantidade de calor absorvido pelo ambiente, a produção metabólica de calor e a quantidade de calor emitido pelo corpo, que ocorre durante mudanças na produção de calor metabólico ou pela exposição o ambiente mais quente (Fulbrook, 1993).

A temperatura superficial por sua vez, pode ser mensurada por meio de termômetros ou câmeras infravermelhas, em vários pontos do corpo do animal, utilizando-se as médias das temperaturas obtidas.

Sob condições de desequilíbrio e devido à auto regulação dos órgãos centrais considerados vitais (coração, pulmão e cérebro), em função fatores como a temperatura ambiental, e outros desafios fisiológicos e sanitários, ocorrem respostas compensatórias como a elevação ou redução do fluxo de sangue para a pele. O fluxo sanguíneo pode ser desviado dos tecidos periféricos menos vitais (pele, intestinos e rins) por meio do aumento da resistência no leito vascular da periferia e devido à redução do fluxo sanguíneo haverá uma redução da perfusão com consequente diminuição da temperatura da pele. Deste modo, a temperatura superficial da

pele pode servir como marcador precoce de alterações de fluxo sanguíneo (Lima & Bakker, 2005). Desde a década de 60, a mensuração da temperatura da pele é indicada como método não invasivo de acompanhamento do fluxo sanguíneo.

Vinkers et al. (2012) demonstraram o efeito do estresse na temperatura periférica em humanos, como um fator considerável na redução da temperatura dos dedos. Morais (2016) observou tal efeito em felinos e justifica o maior potencial de estresse como causa para os maiores gradientes centro periféricos na espécie.

A relação entre a temperatura da pele e a temperatura retal, mensurada por termopares, parece ser dependente da região analisada. As regiões proximais, como a cabeça têm mostrado associações positivas entre ambas, enquanto em regiões distais, como as patas, esta relação parece ser inversa (Thomas et al., 2004). Contudo, um dos problemas do monitoramento da temperatura da pele empregando termopares é que esses geralmente analisam um número pequeno de regiões corporais, dificultando compreender o que ocorre nas diferentes regiões anatômicas.

A disponibilidade de novos equipamentos de termografia por infravermelho (TIR) é consequência do aprimoramento nos sensores de infravermelho que permitem resultados mais precisos das informações térmicas para variedade de aplicações. A TIR é um procedimento não invasivo que não necessita de contato físico com o avaliado, permitindo análise imediata de diversas regiões corporais, ou ainda, focada em determinada parte do corpo (Le Fur et al., 2001), o que a torna importante alternativa de apoio no estudo da temperatura superficial.

2.3. Termografia infravermelha (TIR)

A Termografia é uma técnica de capturas de imagens não invasiva que utiliza-se de um sistema infravermelho para a medição de temperaturas ou observação de padrões de distribuição de calor, e tem como objetivo proporcionar informações referentes à condição operacional de um equipamento, processo ou componente. Desse modo, através do termovisor, fica fácil a localização de regiões quentes ou frias, por meio da interpretação dos termogramas que fornecem imagens, em faixas de temperatura que cobrem de - 40 a 1500 ° C, (Matias, 2002).

Esse equipamento mede e converte a distribuição da temperatura da superfície em uma imagem pictórica na qual gradiente de tonalidade representa diferenças no calor emitido, sendo assim ela registra a distribuição da temperatura por meio de termovisor que capta e processa a radiação infravermelha emitida pelas superfícies (Vainer, 2005). Sua utilização é considerada vantajosa, pois ela permite análise instantânea, de forma geral ou específica, focando assim em determinada região.

Essa tecnologia é uma forma eficaz de monitorar o fluxo sanguíneo próximo à superfície do membro em algumas espécies animais e, embora não seja um diagnóstico para doenças específicas, é um método sensível para determinar as mudanças de temperatura que acompanham as condições fisiológicas e dolorosas (Amezcuca, 2014).

Stewart (2007) observou em seus estudos que a temperatura ocular está relacionada à regulação do sistema nervoso autônomo e, portanto, a dor, o estresse (inclusive o térmico) interfere diretamente nesse parâmetro, que pode ser avaliado por meio da TIR. Mendes (2021) realizou uma pesquisa no intuito de avaliar o efeito do enriquecimento ambiental sonoro como indicador de bem-estar, sobre a temperatura superficial e ocular de matrizes suínas utilizando câmera de termografia infravermelha, concluindo que a exposição de matrizes gestantes e lactantes à música clássica proporcionou redução da temperatura ocular, sendo indicativo da redução do estresse nestas fases, além de proporcionar maior peso dos leitões ao desmame.

Segundo Figueiredo (2012) a termografia aparece como um auxílio importante nos casos clínicos de equinos, evidenciando a temperatura de superfícies, podendo identificar a ocorrência de injúrias, pelas alterações de temperatura e do fluxo sanguíneo, permitindo a identificação anatômica da região afetada (Head & Dyson, 2001; Tunley & Henson, 2004). Apesar do investimento inicial ainda ser relativamente alto para a aquisição do equipamento, estimativas têm mostrado custo-benefício da razão de 1:4 no uso da termografia em programas de manutenção preventiva com tendência a custos mais baixos no futuro (Tavares, 2006).

2.4. Termografia infravermelha na Produção Animal

Na produção animal novas ferramentas e técnicas têm sido introduzidas como suporte à decisão, principalmente para o gerenciamento, implantação de estratégias de alimentação, controle de fertilidade, e técnicas para promover saúde/conforto animal. Sistemas computacionais específicos foram desenvolvidos para o manuseio das variáveis ambientais e fisiológicas e a termografia infravermelha é um exemplo de ferramenta que pode ser utilizada para estudos dessas variáveis com precisão (Graciano, 2013).

Usando termografia infravermelha, Reilly & Harrison (1991) apontaram a eficiência da transferência térmica dos pés de poedeiras comerciais para "cano poleiro" refrigerado. Em torno de vinte minutos após o início da respiração ofegante, a temperatura do poleiro foi baixada de 35°C para 20°C e, depois de uma hora, a ofegação das aves cessou e a sua taxa respiratória diminuiu em aproximadamente 55%. Os autores também observaram aumento significativo na produtividade de ovos e melhora na qualidade da casca, uma vez que apesar da temperatura ambiente estar fora da zona de termoneutralidade, constatou-se a melhoria no conforto térmico.

Ferreira et al. (2011) avaliaram a eficiência do termovisor na identificação da variação de produção de calor metabólico de pintinhos alimentados com diferentes densidades energéticas, verificando assim que a termografia infravermelha identificou efetivamente a atividade metabólica das aves.

As imagens de termografia infravermelha apontam aumento evidente na temperatura do casco em animais que sofrem de doenças, antes mesmo dos sintomas clínicos aparecerem. Outros estudos utilizando câmeras termográficas provaram a existência de mudanças constantes na temperatura do casco em caprinos (D'Alterio et al., 2011). Estudos feitos em caprinos por Roberto et al. (2014), evidenciaram as respostas fisiológicas e os gradientes térmicos com auxílio da termografia em que os mesmos eram criados em sistema de confinamento, nos turnos manhã e tarde, no semiárido paraibano.

Em estudo de caso clínico realizado por Figueiredo (2012), por meio de análises termográficas, constatou-se que o casco do membro torácico direito de um equino apresentava uma importante concentração de calor, em relação ao casco esquerdo evidenciando assim a persistência de processo inflamatório. Gavrilá (1999) explica que o calor é um dos principais sinais da inflamação, e antes mesmo que os sinais clínicos ocorram é possível, por intermédio da captura de imagens termográficas observar os indícios do processo inflamatório logo no início.

A TIR também é utilizada com muita frequência na pecuária tanto para corte como para leite. Colyn et al. (2010) avaliaram o consumo alimentar residual (CAR) em bovinos de corte, e afirmam que a TIR é um método promissor para a predição do CAR, mostrando-se útil para várias fases da produção, e possibilitando assim estimar as perdas de energia bruta pela imagem de forma rápida eficiente e não invasiva.

A narrativa de que as ferramentas de análises termográficas vêm assumindo, em nível experimental, um papel cada vez mais relevante como método apropriado em análises não invasivas em diversos segmentos da produção animal, pode ser sustentada por inúmeros trabalhos que utilizam esta tecnologia para diferentes propósitos (Roberto & De Souza, 2014) (Tabela 1), sendo ela uma forma eficaz de detecção de doenças e infecção nos animais de produção, além de ser usadas para a compreensão da termorregulação e como esse fator pode influenciar de forma direta na produção desses animais e no produto final. Segundo Schaefer et al. (2001), o estresse ante-mortem causa grandes implicações econômicas à carne bovina, suína e de cordeiros após o seu abate e a termografia infravermelha pode auxiliar no diagnóstico e identificação de animais vivos predispostos a alterações na qualidade da carne PSE em suínos e DFD em bovinos.

Segundo Godyn et al. (2013) esta ferramenta permite tomar medidas em tempo real de forma prática, por meio de equipamento portátil, leve e de fácil manuseio, que apresenta grande precisão e sensibilidade em seus sensores, além da capacidade para armazenar grandes quantidades de dados. O software da câmera permite a análise de dados de temperatura em qualquer área do termograma.

A adoção dessa técnica nas propriedades requer um investimento inicial para a aquisição do termovisor. Tem-se no mercado uma grande variedade de equipamentos termográficos cujos custos variam muito dependendo do modelo, e podem ultrapassar a casa dos R\$24.000,00. As câmeras termográficas modernas possuem versões acessíveis, portáteis (versões de mão) e potentes, com altos níveis de sensibilidade térmica e resolução espacial (Jenkins; Brown, Ruttenford, 2009). Atualmente existem opções menos onerosas e, portanto, consideradas mais acessíveis como o termovisor FLIR acoplado ao smartphone Caterpillar modelos CAT S60 e CAT61, cujos os valores giram em torno de R\$2.500,00 a R\$3.500,00, segundo pesquisa em sites de compras. Apesar da necessidade de um investimento inicial, a possibilidade de se detectar precocemente possíveis problemas (injúrias, doenças, estresse) nos animais, que podem reduzir sua produtividade, possivelmente se paguem ao longo do tempo. Como exemplo pode-se citar a mastite, doença infecciosa comum em gado leiteiro e que causa grandes prejuízos aos produtores. Se a doença não for diagnosticada precocemente pode evoluir à casos clínicos, causando prejuízos significativos ao produtor (Sargeant et al. 1998). Caracteristicamente, seu início precoce tem uma resposta inflamatória associada e há um aumento detectável na temperatura da parte afetada do úbere (Berry, 2003), que pode ser detectada por equipamentos de termografia infravermelha.

Tabela 1. Diferentes aplicações da termografia infravermelha em diversas áreas da produção animal.

Autores	Ano	Estudo	Segmento
Almeida	2020	Parâmetros comportamentais e termografia para avaliação de frangos de cortes submetidos a dois tipos de cama e duas densidades	Produção animal
Chacur	2017	Termografia por infravermelho na reprodução de bubalinos	Produção animal
Leão et al.	2015	Uso da temperatura infravermelha na pecuária de precisão	Produção animal
Queiroz et al.	2013	Termografia como ferramenta de avaliação do estresse térmico em vacas leiteiras	Produção animal
Souza et al.	2011	Termografia: avaliação de caprinos leiteiros e conforto térmico das instalações	Produção animal

2.5. Fatores que podem influenciar as medidas termográficas

No processo de avaliação dessa tecnologia podem ocorrer limitações que acabam resultando em informações incompletas ou superestimadas das imagens obtidas. De acordo com Knížková et al. (2007) as limitações envolvidas no método incluem aquelas com imagens obtidas em luz solar direta, expostas ao vento ou com superfícies que estão sujas.

Segundo Andrade et al. (2019) as principais variáveis vinculadas ao equipamento são a resolução da câmera, a resolução geométrica o foco e o ângulo de visão. No caso das variáveis relacionadas ao alvo, as principais a serem consideradas são: a emissividade; a distância e a reflexão. Todas estas variáveis afetam em maior ou menor escala, a precisão dos resultados e a sua interpretação, sendo imprescindível conhecer ou mensurar cada uma delas antes da realização da inspeção termográfica.

De maneira geral na avaliação de um animal é indicado que a distancia do operador para o objeto a ser medido seja de 0,5 a 2 metros levando também em consideração a região no animal a ser avaliado (Pulido-Rogriguez et al., 2017). Um fator de limitação muito importante dessa tecnologia acaba sendo o operador do equipamento, onde sua movimentação, a sua distância do objeto, acaba assim interferindo diretamente nos resultados obtidos, tanto quando a qualidade das imagens obtidas quanto a quantidade de informação.

A emissividade em si é a capacidade da superfície e do objeto em emitir radiação e varia muito com a qualidade da superfície em relação a presença de sujeira, pelos, penas, lã, influenciando diretamente nas análises da temperatura em animais. Em matérias orgânicas como pele de animais, a emissividade a ser considerada é entre 0,95 a 0,99 (Ferreira et al., 2009, Mcmanus et al., 2009; Das et al., 2016), ficando assim a responsabilidade do operador na conferência da emissividade a ser adotada, podendo assim influenciar diretamente nas temperaturas obtidas pelo termovisor.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

O presente estudo foi realizado nos setores de avicultura de corte, ovinocultura e bovinocultura da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias (FAECA), localizados na cidade de Dourados, no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. A região possui latitude 22°13'18" S, longitude 54°48'23" W e altitude de 430 m e classificação climática de clima tropical úmido com inverno seco (Cwa)

(Köppen 1948).

Tendo como objetivo principal a comparação dos resultados de temperatura superficial da pele, pelos, lã e penas, obtidos por termovisores distintos, foram utilizados para a captura das imagens um termovisor profissional TESTO modelo 882 e Câmera termográfica FLIR acoplada ao smartphone Caterpillar CAT S60, respeitando as mesmas condições de uso para os dois aparelhos.

Posteriormente as imagens foram submetidas ao processamento em dois *softwares*, o Testo IFSOft e o programa FLIR Report Studio, em que para o cálculo de médias de temperatura das imagens foram utilizados círculos, retângulos e elipses, respeitando assim a anatomia de cada região corporal e de cada espécie animal utilizada. A emissividade utilizada para frangos foi de 0,95 (Nääs et al., 2010) e para bovinos ovinos de 0,98 (Alves, 2014; Lima, 2014).

3.2. Temperatura superficial de frangos de corte (superfície: pele e penas)

As avaliações foram realizadas no Aviário Experimental da UFGD, dotado de 56 boxes de 2,43 m² cada (1,80 x 1,35 m), em que cada boxe alojava 30 aves. Foram utilizados 100 frangos de cortes com idade de 32 dias, machos, distribuídos em 5 boxes, escolhidos aleatoriamente. Metade das aves (n=50) foram avaliadas no período da manhã, com temperatura ambiente em torno dos 12°C, umidade relativa de 94% e a outra metade no período da tarde, em que a temperatura ambiente registrada no momento das avaliações foi de 19°C, e a umidade relativa de 56%. As aves foram cuidadosamente capturadas e então registradas, concomitantemente com os dois equipamentos termovisores, imagens de do peito, dorso e pés, em uma distância de 1m, no ângulo de 90° graus. (Figura 1).

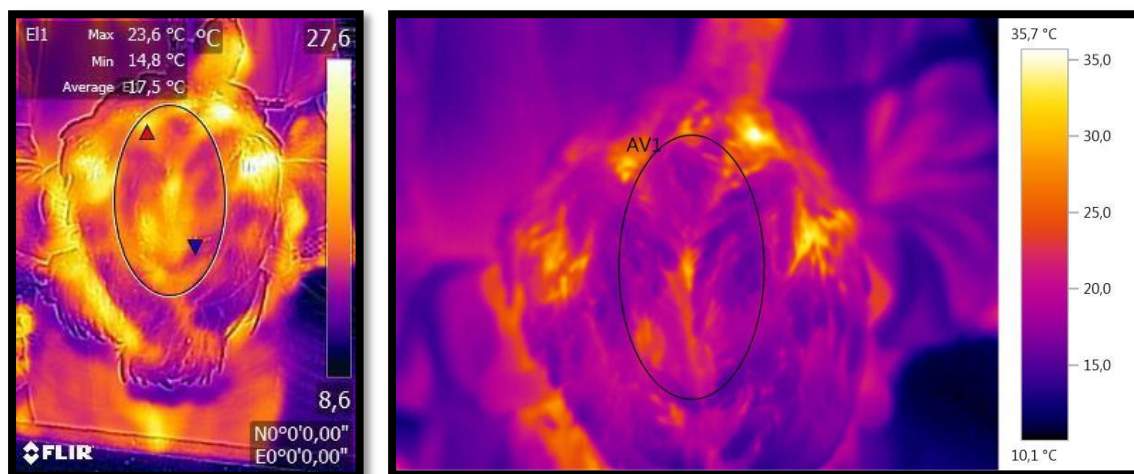


Figura 1. Frangos de corte, a esquerda imagem termográfica obtida com termovisor FLIR acoplado ao smartphone CAT60 (Caterpillar). À direita, imagem termográfica obtida com termovisor Testo 882, com a forma de uma elipse para obter o cálculo médio da temperatura

superficial da pele. (Fonte: Arquivo pessoal).

3.3. Temperatura superficial de Bovinos (superfície: pelos)

As avaliações foram realizadas no setor de Nutrição de Ruminantes da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) onde foram registradas, concomitantemente com os dois termovisores, imagens termográficas de 12 bovinos machos. Sete bovinos foram avaliados no período da manhã e encontravam-se em piquete sombreado, estando a temperatura ambiental em 21,7°C e umidade relativa de 48% no momento das avaliações. Os outros cinco animais foram avaliados em piquete no período da tarde, porém em contato direto com a radiação solar, com temperatura ambiente de 31,6° e umidade relativa de 28% no horário. As regiões utilizadas para obtenção das imagens foram cabeça, flanco e pata traseira, a distância de 1m para os dois termovisores e um ângulo aproximadamente de 90° graus (Figura 2).

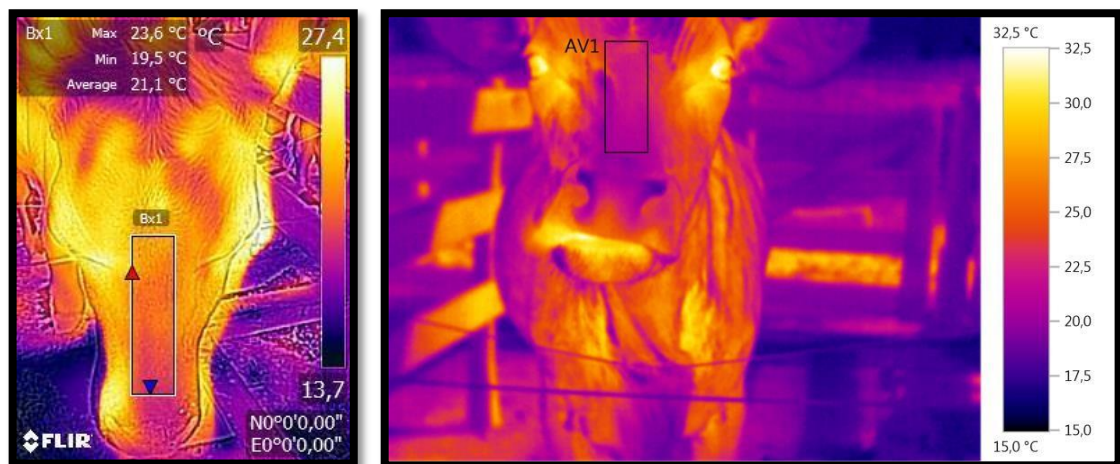


Figura 2. Bovinos, a esquerda imagem termográfica obtida com termovisor FLIR acoplado ao smartphone CAT60 (Caterpillar). À direita, imagem termográfica obtida com termovisor Testo 882, com a forma de um retângulo para obter o cálculo médio da temperatura superficial da pele. (Fonte: Arquivo pessoal).

3.4. Temperatura superficial de Ovinos (Superfície: lã)

As avaliações foram realizadas no setor de Ovinocultura, da Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias (FAECA/UFGD) onde foram registradas, concomitantemente com os dois termovisores, imagens termográficas de 10 ovelhas pantaneiras lanadas, sem tosquia. Os animais encontravam-se a pasto no momento das avaliações, com incidência direta de radiação solar. A temperatura do local foi registrada em 39°C e a umidade relativa de 21,7% no horário de registro das imagens. As regiões avaliadas foram cabeça, dorso e patas traseiras, em um ângulo de 90° com uma distância aproximadamente de 1m para os dois aparelhos termográficos (Figura 3).

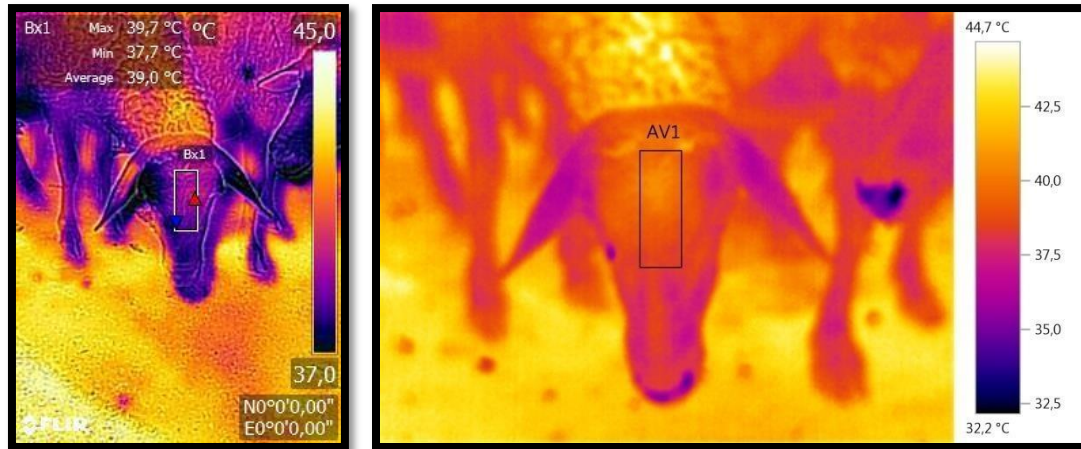


Figura 3. Ovinos, a esquerda imagem termográfica obtida com termovisor FLIR acoplado ao smartphone CAT60 (Caterpillar). À direita, imagem termográfica obtida com termovisor Testo 882, com a forma de um retângulo para obter o cálculo médio da temperatura superficial da pele. (Fonte: Arquivo pessoal).

3.5. Descrição dos aparelhos termovisores

Câmera termográfica TESTO 882 (Figura 4)

O dispositivo utilizado para a obtenção das imagens desse trabalho foi o Termovisor TESTO 882. Na Tabela 2 encontram-se as principais informações técnicas do aparelho.

Tabela 2. Informações técnicas da câmera termográfica TESTO 882.

Resolução infravermelha	320 x 240 pixel
Sensibilidade térmica	< 0,50 °C
Campo de visão	32° x 23°
Distância mínima de foco	< 0,5 m
Opção de exibição	Imagem IR/real
Cores	4 (ferro, arco ires, quente e frio, cinza)
Faixa de medição	- 30°C a 100°C; a +350°C
Exatidão	±2°C, ±2% do v.m.
Emissividade	0.01 a 1

Fonte: Testo 882



Figura 4. Câmeras de detecção de imagens infravermelhas Testo 882. (Fonte: Intertechrio)

Câmera termográfica FLIR integrada ao Caterpillar Cat S60 (Figura 5)

O dispositivo utilizado para a obtenção das imagens desse trabalho foi câmera térmica FLIR integrada ao smartphone Caterpillar Cat S60. Na (Tabela 3) encontram-se as principais informações técnicas do aparelho.

Tabela 3. Informações técnicas da câmera termográfica FLIR acoplada ao smartphone CAT S60 da Caterpillar.

Resolução infravermelha	80 x 60 pixel
Sensibilidade térmica	150 mk
Campo de visão	46° x 35°
Distância mínima de foco	< 0,5 m
Opção de exibição	Imagem IR/real
Cores	(ferro, arco íris, preto quente, branco quente, mais frio, mais quente, contraste ártico, lava)
Faixa de medição	- 20°C a 120°C
Exatidão	±5°C, ±5% do v.m.
Emissividade	0.01 a 1

Fonte: Flir (2016)



Figura 5. Câmera termográfica FLIR acoplada ao Smartphone Caterpillar Cat S60. (Fonte: Caterpillar)

Os dados coletados no estudo observacional foram analisados utilizando o procedimento SAS GLIMMIX (SAS, versão 9.4, Institute Inc, Cary, NC, EUA). Sendo que esses não atenderam ao pressuposto de normalidade dos resíduos e por isso foram transformados com uso da matriz LOGNORMAL, desta forma o procedimento GLIMMIX modela o logaritmo da variável resposta como uma variável aleatória normal. Ou seja, a média e a variância são estimados na escala logarítmica, assumindo assim uma distribuição normal.

No modelo matemático incluindo como efeito fixo o tipo de câmera termográfica e como os efeitos aleatórios a espécie animal avaliada e o local de avaliação sendo estas significativas, foram posteriormente desdobradas e as médias comparadas com o uso do teste de Tukey. Por sofrerem influência da temperatura do ambiente no momento da realização das avaliações os dados foram previamente corrigidos para a temperatura ambiente e analisados pelo teste de T.

Foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson entre as temperaturas mensuradas pelas diferentes metodologias sendo que anteriormente seus valores foram corrigidos visto que estas variáveis foram influenciadas pela temperatura do ambiente. O nível de significância para todas as avaliações foi de 5%

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entre os equipamentos termovisores utilizados e o local de avaliação da temperatura superficial em diferentes espécies, com coberturas da pele distintas (penas, lã e pelos). Segundo Graciano (2013) a medida de temperatura superficial pode ser registrada sem interferência na condição do indivíduo, à distância e com precisão em animais que apresentam transferência de calor limitada, seja por penas ou pelagem.

Para bovinos e ovinos observa-se que não houve diferença da região corporal, nem do tipo de equipamento utilizado para a mensuração sobre os valores de temperatura superficial (Tabela 4). Entretanto, para frangos de corte, houve efeito do termovisor quando o local de mensuração foram os pés, em que os valores de temperatura superficial foram inferiores quando mensurados pelo termovisor do celular. Independente do aparelho utilizado, a temperatura superficial do peito de frangos de corte foi superior à do seu dorso, bem como das três regiões mensuradas em bovinos de corte, o que pode estar relacionado ao fato de ser uma região desprovida de cobertura (penas), sendo a mensuração feita diretamente da pele.

De acordo Silva (2007) a cobertura nos animais sejam elas (pelo, lã ou pena) é de grande importância, pois permitem que o animal faça a troca efetiva de calor com o meio ambiente, seja ela através de convecção, evaporação, radiação ou condução. Segundo Nascimento et al. (2011), o aumento na temperatura superficial das aves pode servir como resposta fisiológica às condições inadequadas de alojamento, bem como o empenamento, que é uma resposta adaptativa ao ambiente e que influencia na perda de calor. Quando se tem uma diferença estatística entre a temperatura do peito do frango em relação as outras áreas mensuradas, pode se observar que o peito (sem cobertura de penas) é uma regiões diretamente ligada a termorregulação do animal. As patas apresentam temperaturas intermediarias, não deferindo das demais regiões.

Tabela 4. Temperatura superficial de diferentes regiões corporais de frangos de corte, bovinos e ovinos, mensuradas por termovisor TESTO 882 e FLIR acoplada a celular Caterpillar S60.

Termovisor	Bovino			Ovino			Frango		
	Cabeça	Dorso	Patás	Cabeça	Dorso	Patás	Peito	Dorso	Pés
FLIR – CAT S60	23.29Ab	25.00Ab	22.30Ab	29.05Aab	31.53Aab	29.37Aab	34.79Aa	25.18Ab	30.64Bab
TESTO 882	24.89Ab	26.98Ab	24.20Ab	29.81Aab	32.94Aab	29.57Aab	35.65Aa	26.35Ab	33.20Aa
Efeito	P-valor								
Tratamento	0.002								
Local (animal)	<0.0001								
Trat*Local(animal)	<0.0001								

Medias seguidas pela mesma letra minuscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significancia

Mediadas seguidas pela mesma letra maiuscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significancia

Medias corrigidas para a temperatura ambiente e analisadas pelo teste de T, a 5% de significancia

Quando as avaliações estatísticas foram feitas isoladamente por espécie, com os dados pareados, observou-se diferença significativa entre a temperatura superficial mensurada pelos diferentes termovisores, sendo as obtidas pela câmera FLIR – CATS60 menores quando compradas àquelas obtidas com o termovisor profissional TESTO 882 (Tabela 5).

Tabela 5. Temperatura superfície de frangos de corte, bovinos e ovinos, mensuradas por termovisor TESTO 882 e FLIR acoplada a celular Caterpillar S60.

Variável	Termovisor		P-Valor
	FLIR – CAT S60	TESTO 882	
Aves	30.21±4.50	31.75±4.51	<0.0001
Bovinos	23.54±4.93	25.33±4.88	<0.0001
Ovinos	29.99±2.71	30.71±2.38	0.0190

Efeito da temperatura ambiente (geral). Medias corrigidas pelo teste de T a 5% de significancia

O coeficiente de correlação entre temperatura superficial e aparelhos termovisores testados foi de 0,96821 ($p < 0,0001$), indicando que apesar das diferenças apontadas, o termovisor acoplado ao celular pode ser utilizado com acurácia em relação à equipamentos mais profissionais e de maior precisão. Entretanto para frangos de corte a temperatura do dorso ou peito seria mais indicada ao se utilizar um termovisor de menor precisão, como o avaliado na presente pesquisa, uma vez que os valores foram semelhantes aos da termográfica profissional.

Dávila-Sacoto et al. (2021) avaliaram a câmera térmica de baixo custo FLIR/Cat S60, utilizando-a para mensurações em parque solar fotovoltaico, constatando que as imagens termográficas utilizando câmeras de baixo custo são confiáveis considerando os erros estabelecidos, que podem ser inferiores a 10%. Em um estudo preliminar utilizando o smartphone Cat S60 para a demonstração de padrões anormais de temperatura em imagens tiradas de pacientes com trauma de pele, Alametsä et al., (2018) concluíram que resolução e as propriedades do smartphone Cat S60 foram suficientes para detectar mudanças de temperatura de danos à pele.

5. CONCLUSÃO

O equipamento termovisor FLIR integrado ao Smartphone Caterpillar CAT S60 pode ser utilizado com acurácia para mensurações de temperatura superficial em diversas espécies animais e diferentes regiões corporais. Para frangos de corte, sugere-se que a utilização deste equipamento para as mensurações sejam feitas apenas no dorso ou peito.

6. REFERÊNCIAS

ALAMETSÄ, J., OIKARAINEN, M., PERTTUNEN, J., VIIK, J., & VAALASTI, A. Thermal imaging in skin trauma evaluation: observations by CAT S60 mobile phone. **Finnish Journal of Health and Animal Welfare**, 2018, v.10, n.2-3, p.192-199.

ALVES, M. A. **Respostas termorreguladoras e ambiente térmico de bovinos leiteiros em regiões de clima tropical**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014

AMEZCUA, R., WALSH, S., LUIMES, P.H., FRIENDSHIP, R.M. Infrared thermography to evaluate lameness in pregnant sows. **Canadian Veterinarian Journal**, 2014, v. 55, p. 268-272.

ANDRADE, R. P.; RESENDE, M. M.; MARANHÃO, F. L.; PORTELLA, F.; BULZICO, B. Estado da arte da utilização da técnica de termografia embarcada em drones para inspeção de revestimentos de fachadas. In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 2019. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–5.

BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, 142p, 2001

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 246p, 1997.

BELOW, P.R.; MORA-RODRÍGUEZ, R.; GONZÁLEZ-ALONSO, J.; COYLE, E.F. Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.27, p. 200-210, 1995.

BERRY, RJ et al. Variação diária da temperatura da superfície do úbere de vacas leiteiras medida por termografia infravermelha: Potencial para detecção de mastite. **Revista Canadense de Ciência Animal**. v. 83, n. 4, pág. 687-693, 2003.

BRIDI, A. M. **Adaptação e Aclimação Animal**. 2010. p. 15 Disponível em: http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/AdaptacaoeAclimatacaoAnimal.pdf Acesso em: junho. 2022.

Bonsma, J. C. **Livestock production: Man must measure**. 2. ed. Agi Books, 1983, 246 p.

COLYN, J.J.; SCHAEFER, J.A.; BASARAB, E.K. Prediction of residual feed intake in beef heifers by infrared thermography. **Journal of Dairy Science**, 2010, v.93, p.3050-3055.

CORTIZO, E.C.; BARBOSA, M.P.; SOUZA, L.A.C. Estado da arte da termografia. **Fórum Patrimônio: ambiente construído e patrimônio sustentável**, v. 2, n. 1, 2013.

COSTA, C.M.A. **Técnicas de mensuração da temperatura corporal: Uma especial atenção para as variações da temperatura da pele mensuradas por termografia ao longo do dia**. 2012. 95 f. (Dissertação). Universidade Federal de Viçosa. MG, 2012.

D'ALTERIO. G., CASELLA S., GATTO M., GIANESELLA M., PICCIONE G.,

- MORGANTE M. Circadian rhythm of foot temperature assessed using infrared thermography in sheep. **Czech Journal Animal Science**, 2011, v.56, p. 293-300.
- DAS, R.; SAILO, L.; VERMA, N.; BHARTI, P.; SAIKIA, J.; IMTIWATI; KUMAR, R. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review, **Veterinary World**, v.9, n.3, p.260- 268, 2016.
- DÁVILA-SACOTO, Miguel Alberto et al. Low-cost infrared thermography in aid of photovoltaic panels degradation research. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, n. 101, p. 20-30, 2021.
- DE LIMA, V; PILES, M; RAFEL, O; LÓPEZ-BÉJAR, M; RAMÓN, J; VELARDE, A; DALMAU, A. Infrared thermography to assess the influence of high environmental temperature on rabbits. **Research in Veterinary Science**, v.95, n.2, p.802-810, 2013.
- ENCARNAÇÃO, R. O. Estresse e produção animal. In: Ciclo Internacional de Palestras Sobre Bioclimatologia Animal, Jaboticabal. **Anais...** FUNEP. p.111- 129, 1989.
- FERREIRA, F.; CAMPOS, W. E.; CARVALHO, A. U.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; SILVA, M. V. G. B.; VERNEQUE, R. S.; SILVA, P. F. Parâmetros clínicos, hematológicos, bioquímicos e hormonais de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2009, v.61, n.4, p.769-776.
- FERREIRA, V.M.O.S.; FRANCISCO, N.S.; BELLONI, M.; AGUIRRE, G.M.Z.; CALDARA, F.R.; NÄÄS I.A.; GARCIA R.G.; ALMEIDA PAZ, I.C.L.; POLYCARPO, G.V. Infrared thermography applied to the evaluation of metabolic loss of chicks feed with different energy densities. **Brazilian Journal of Poultry Science**, 2011, v.13, n.2, p.113-118.
- FIGUEIREDO, Tatiana et al. A importância do exame termográfico na avaliação do aparato locomotor em equinos atletas. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 18, p. 50-65, 2012. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/eLE4dfglj6RTrB2_2013-6-2517-23-40.pdf. ISSN: 1679-7353.
- FLIR (2016), “**Smartphone S60 de Cat® Manual del usuario**”. Disponível em: <https://www.catphones.com/download/User-Manuals/S60-Smartphone/S60-Manual-del-sario-Espa%C3%B1ol.pdf>. Acesso em: junho. 2022.
- FULBROOK. P. Core temperature measurement in adults: a literature review. **J AdvNurs**, 1993, v.18, n.9, p.1451-60.
- GAVRILA, D. A análise visual do movimento humano: pesquisa, visão computacional e compreensão de imagem. **Artigos de Ciência Veterinária**, v.13, p.82-98, 1999.
- GIULIANO, K.K.; SCOTT, S.S.; ELLIO, T S.; GIULIANO, A.J. Temperature measurement in critically ill orally intubated adults: a comparison of pulmonary artery core, tympanic, and oral methods. **Crit Care Med**. v.27, n.10, p. 188-93, 1999.
- GODYN, D.; HERBUR, E.; WALCZAK, J. Infrared thermography as a method for evaluating welfare of animals subjected to invasive procedures - Review. **Annals of Animal Science**, v. 13 p. 423-434, 2013.

GRACIANO, D.E. **Aplicações da termografia infravermelha na produção animal**. 2013. 52 f. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal da Grande Dourados, 2013.

HEAD, M. J.; DYSON, S. Talking the temperature of equine thermography. **The Veterinary Journal**, 2001, p. 166-167.

HUBER, J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. Bovinocultura leiteira. Piracicaba, 1990, **FEALQ**, p. 33-48.

INGRAM, D. L.; MOUNT, L. E. Man and animals in hot environments. New York: **Springer-Verlag**, 1975, p. 185.

JENKINS, S.; BROWN, R.; RUTTENFORD, N. Comparing thermographic, EEG, and subjective measures of affective experience during simulated product interactions. **International Journal of Design**, ago. 2009, v. 3, n. 2, p.53-65.

JOHNSON, H. D. Bioclimatology and the adaptation of livestock. Amsterdam: **Elsevier**, 1987. 279 p.

JOHNSON, H. D. Depressed chemical thermogenesis and hormonal functions in heat. In: SPB ACADEMY. Environmental Physiology: aging, heat, and altitude. Amsterdam: **Elsevier**, 1980. P. 3-9.

JOHNSON, J.M. Exercise in a hot environment: the skin circulation. **Scand J Med SciSports**, 2010, v.20, n.3, p.29-39.

KENNEDY, P.M. Comparative adaptability of herbivores to tropical environments. In: M. Journet, E. Grenet, M-H Farce, M. Thériez, C. demarquilly (eds). Recent developments in the Nutrition of Herbivores. **International Symposium on the Nutrition of Herbivores**, 5, Paris, Proceedings. Paris: p. 309-328, 1995.

KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; GÜRDİL, G.A.K.; PINAR, Y.; SELVÍ, K.Ç. Applications of infrared thermography in animal production. **Journal of the Faculty of Agriculture**, Kyushu, 2007, v.22, n.3, p.329-336.

KOPPEN, W.P. Climatologia, com un estudio de los climas de la tierra. México: **Fundo de Cultura Econômica**, 478p, 1948.

LEE, J. A.; ROUSSEL, J. D.; BEATTY, J. F. Effect of temperature season on bovine adrenal cortical function, blood cell profile, and milk production. **Journal of Dairy Science**, 1974, v.59, n.1, p.104-108.

LEE, J.Y.; WAKABAYASHI, H.; WIJAYANTO, T.; TOCHIHARA, Y. Differences in rectal temperatures measured at depths of 4-19 cm from the anal sphincter during exercise and rest. **Eur J Appl Physiol**, 2010, v.109, n.1, p.73-80.

LE FUR, I.; REINBERG, A.; LOPEZ, S.; MORIZO, T F.; MECHKOURI, M.; TSCHACHLER, E. Analysis of circadian and ultradian rhythms of skin surface properties of face and forearm of healthy women. **Journal of Investigative Dermatology**, 2001 v.117, n.3, p.718-24.

- LIMA, A.; BAKKER, J. Noninvasive monitoring of peripheral perfusion. **Intensive Care Med.** v.31, n.(10), p.316-26, 2005.
- LIMA, K.A.O.; MOURA, D.J.; NAAS, I.A.; PERISSINOTTO. Estudo da influência das ondas de calor sobre a produção de leite no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.1, p. 70-81, 2006.
- LIMA, L. R. **Manejo pré-abate e bem-estar de ovinos mestiços no estado do Ceará.** 2014. 88 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- MALMIVIRTA, T. **Cognitive Load Sensing with FLIR Thermal Cameras and the Effects of Calibration Correction**, 2020. 57 f. Master's Thesis, Faculty of Science, (Department of Computer Science), Helsingin, 2020.
- MARAI, I.F.M.; DARAWANY, A.A.; FADIEL, A.; HAFEZ, M.A.M.A. Physiological traits as affected by heat stress. **Small Ruminant Research**, 71(1-3): 01-12, 2007.
- MATIAS, J. Mecatrônica Atual. **Sabet Ltda.** v. 1, p.36, 2002
- McMANUS, C.; PRESCOTT, E.; PALUDO, G. R.; BIANCHINI, E.; LOUVANDINI H.; MARIANTE, A. S. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. **Live stock Science**, v. 120, n.3, p. 256–64, 2009.
- MCDOWELL, R. E.; HOOVEN, N. W.; CAMOENS, J. K. Effects of climate on performance of Holsteins in first lactation. **Journal of Dairy Science**, v.59, p. 965-973, 1976.
- MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. V.; **Bioclimatologia animal.** Rio de Janeiro: Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1997. 126p.
- MENDES, J.P. **Enriquecimento ambiental sonoro para matrizes suínas em sistema cobre e solta e convencional.** 2021. 112 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2021. Disponível em: <https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>, Acesso em junho, 2022.
- MICHAEL MARCY, S.; KOHL, K.S.; DAGAN, R.; NALIN, D.; BLUM, M.; JONES, M.C. Fever as an adverse event following immunization: case definition and guidelines of data collection, analysis, and presentation. **Vaccine**. v.22, n.5-6, p.551-6, 2004.
- MIKAIL, S. Termografia: diagnóstico através da temperatura. **Nosso Clínico**, v.13, n.74, p.2024, 2010.
- MONTAIN, S.J.; COYLE, E.F. Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. **Journal of Applied Physiology**, 1992, v.73, n.3, p.903- 10.
- MORAIS, K. S. **Avaliação dos gradientes de temperatura em gatos hípidos.** 2016. 18 f. Tese (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- MOURA, D. J. D.; MAIA, A. P. D. A.; VERCELLINO, R. D. A.; MEDEIROS, B. B.;

SARUBBI, J. & GRISKA, P.R. Termografia infravermelha para avaliar a termorregulação de cavalos de treinamento. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p. 23-32, 2011.

NÄÄS, I.A.; ROMANINI, C.E.B.; NEVES, D.P.; NASCIMENTO, G.R.; VERCELLINO, R.A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. **Science of Agriculture**. v.67, p. 497-502, 2010.

NANNI COSTA, L., TASSONE, F., RIGETTI, R., MELOTTI, L., COMELLINI, M. Effect of farm floor type on the behaviour of heavy pigs during pre-slaughter handling. **Veterinary Research Communications**. v.31 (Suppl. 1), p.397-399, 2007.

NASCIMENTO, G.R. **Termografia aplicada à avaliação do ambiente térmico de alojamento e do conforto térmico de frangos de corte**. 2011. 79 f. (Dissertação de Mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

NÓBREGA, G.H.; SILVA, E.M.N.; SOUZA, B.B.; MANGUEIRA, J.M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil), v.6, n.1, p. 67 – 73, 2011.

PULIDO-RODRÍGUEZ, L.F., TITTO, E.A.L., HENRIQUE, F.L., LONGO, A.L.S., HOOPER, H.B., PEREIRA, T.L., ... & TITTO, C.G. Termografia infravermelha da superfície ocular como indicador de estresse em suínos na fase de creche. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v 37, p. 453-458, 2017.

PUROHIT, R.C. Use of Infrared Imaging in Veterinary Medicine. Biomedical Engineering Handbook. 3rd ed. J. D. Bronzino, ed. **Taylor and Francis**, London, UK 2006.

REILLY, W. M.; KOELKEBECK, K. W.; HARRISON, P. C. Performance evaluation of heat-stressed commercial broilers provided water-cooled floor perches. **Poultry science**, v. 70, n. 8, p. 1699-1703, 1991.

RING, E. F. J., & AMMER, K. The Technique of Infra red Imaging in Medicine. **Thermology International**, v. 10(1), p. 7-14, 2000.

RING, E.F. Progress in the measurement of human body temperature. **IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine**. v.17, n.4, p.19-24, 1998.

Roberto, J. V. B., Souza, B. B., Furtado, D. A., Delfino, L. J. B., & Marques, B. A. A. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, 2014, p 11-19.

ROBERTO, J.V.B.; DE SOUZA, B.B. Use of infrared thermography in veterinary medicine and animal production. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, 2014, p. 73-84.

SARGEANT, Jan M. et al. Clinical mastitis in dairy cattle in Ontario: frequency of occurrence and bacteriological isolates. **The Canadian Veterinary Journal**, 1998, v. 39, n. 1, p. 33.

SCHAEFER, A.L., DUBESKI, P.L., AALHUS, J.L., TONG, A.K.W. Role of nutrition in reducing antemortem stress and meat quality aberrations. **Journal Animal of Science**, 2001, v.

79 p.91-101.

SILVA, R.G. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.36, n.4, p.1192-1198, 2007.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000, 286 p.

STEWART, M.; WEBSTER, J.R.; SCHAEFER, A.L.; COOK, N.J.; SCOTT, S.L. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. **Animal Welfare**, South Mimms, v.14, p.319-325, 2005.

STEWART, M.; WEBSTER, J. R.; VERKERK, G. A.; SCHAEFER, A. L.; COLYN, J. J.; STAFFORD, K. J. Non invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. **Physiological Behavior**. P. 520-525. 2007.

TAVARES, S.G. **Desenvolvimento de uma metodologia para aplicação de ensaios térmicos não destrutivos na avaliação da integridade de obras de arte**. 2006. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

THOMAS, K.A.; BURR, R.; WANG, S.Y.; LENTZ, M.J.; SHAVER, J. Axillary and thoracic skin temperatures poorly comparable to core body temperature circadian rhythm: results from 2 adult populations. **Biol Res Nurs**. v.5, n.3, p.187-94, 2004.

TUNLEY, B.V.; HENSON, F.M.D. Confiabilidade e repetibilidade do exame termográfico e da imagem termográfica normal da região toracolombar no cavalo. **Revista Veterinária Equina**, v. 36, n. 4, pág. 306-312, 2004.

VAINER, B.G. FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans. **Physics in Medicine and Biology**. v.50, n.23, p.63- 94, 2005.

VINKERS, C. H.; PENNING, R.; HELLHAMMER, J.; VERSTER, J. C.; KLAESSENS, J. H. G. M.; OLIVER, B.; KALKMAN, C. J. The effect of stress on core and perihel body temperature in humans. **The International Journal on the Biology of Stress**. Reino Unido, 2012, v.16, n. 5, p.520-530.

WEST, JW Efeitos do estresse térmico na produção de bovinos leiteiros. **Journal of Dairy Science**, 2003, v.86, p.2131-2144.