

## Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal

*Use of infrared thermography in veterinary medicine and animal production*

João Vinícius Barbosa Roberto ▪ Bonifácio Benício de Souza

**JVB Roberto** (Autor Correspondente) ▪ **BB Souza**  
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de  
Patos, Caixa Postal 64, 58708-110, Patos, PB, Brasil

email: [viniciusjv@yahoo.com.br](mailto:viniciusjv@yahoo.com.br)

Recebido: 08 de Abril, 2014 ▪ Aceito: 30 de Junho, 2014

**Resumo** A medicina veterinária encontra-se em um período de inovação no que diz respeito aos meios diagnósticos, principalmente no campo do Diagnóstico por Imagem. Este se desenvolveu consideravelmente, apoiando-se em técnicas cada vez mais elaboradas, modernas e seguras, permitindo ao médico veterinário, auxílios e informações imprescindíveis para um diagnóstico mais completo, seguro e eficiente. Já na produção animal, o uso de novas tecnologias como a termografia de infravermelho surgem, dentre outras aplicações, como alternativa para precisar o impacto dos fatores ambientais dando suporte à decisão e promovendo a saúde e o bem-estar animal. Com a importância que o bem-estar animal tem assumido nos mais diversos campos da medicina veterinária, da produção animal e também nas pesquisas científicas da área, tornou-se imprescindível a utilização de técnicas e equipamentos não invasivos que prezem por esse bem-estar e pelo conforto animal, destacando-se assim, a termografia de infravermelho. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo compilar dados e informações diversas, constantes na literatura nacional e internacional, a respeito da utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. Pode-se inferir através da pesquisa, que a termografia de infravermelho é uma tecnologia que pode ser aplicada nos mais diversos campos da medicina veterinária e da produção animal, com grande eficácia e utilização nos mais diversos objetivos com as mais diferentes espécies, sendo uma importante alternativa por realizar a obtenção de dados com exatidão e precisão, preservando o bem-estar e o conforto animal.

**Palavras-chave** bem-estar animal, ciências agrárias, termograma, termovisor

**Abstract** Veterinary medicine is in a period of innovation with respect to the diagnostic methods, mainly in the field of Diagnostic Imaging. This has considerably developed, leaning on techniques increasingly sophisticated, modern and secure, allowing the veterinarian aid and essential information for a more complete, secure and efficient diagnostic. Already in animal production, the use of new technologies such as infrared thermography arise, among other applications, as an alternative to define the impact of environmental factors by supporting the decision and promoting health and welfare animal. With the importance that animal welfare has assumed in various fields of veterinary medicine, animal production and also in scientific research in the area, it has become essential to use non-invasive techniques and equipment that appreciate by this welfare and the animal comfort, highlighting thus the infrared thermography. Thus, the study aimed to compile data and diverse information constants in the national and international literature about the use of infrared thermography in veterinary medicine and animal production. It can be inferred through study, that infrared thermography is a technology that can be applied in various fields of veterinary medicine and animal production, with great effectiveness and utilization in different objectives with the most different species being an important alternative for performing obtaining data with accuracy and precision preserving the welfare and animal comfort.

**Keywords** animal welfare, agricultural sciences, thermogram, thermal imager

## Introdução

No campo da medicina veterinária e da produção animal, muitas técnicas têm surgido com o intuito de facilitar cada vez mais, os diferentes procedimentos do profissional da área das ciências agrárias, trazendo benefícios à clínica médica e aos setores da produção animal e também agregando mais valor científico às pesquisas.

Na história da medicina e também de outras áreas de conhecimento, técnicas foram criadas e inicialmente estudadas desde os primórdios dos tempos, sendo aperfeiçoadas e melhoradas no decorrer dos sucessivos anos, se tornando opções eficientes com os mais diversos tipos de utilização. Desse modo, não diferente de outras técnicas, a termografia de infravermelho surgiu, a partir de observações feitas pelo médico, filósofo e pesquisador grego Hipócrates, com relação às variações da temperatura em diferentes partes do corpo humano. A partir daí, a tecnologia de infravermelho foi e é utilizada nos mais diversos segmentos, desde a utilização na área militar, passando pela medicina humana, pela engenharia, até ser empregada também na medicina veterinária e na produção animal.

A termografia de infravermelho (TIV) pode ser definida como uma técnica não invasiva de mapeamento térmico de um corpo, a partir da radiação infravermelha normalmente emitida pela superfície deste corpo.

Com a importância que o bem-estar animal tem assumido nos mais diversos campos da medicina veterinária, da produção animal e também nas pesquisas científicas da área, tornou-se imprescindível a utilização de técnicas e equipamentos não invasivos que prezem pelo conforto e bem-estar animal, destacando-se assim, a termografia de infravermelho.

Na produção animal, o uso de novas tecnologias como a TIV surgem, dentre outras aplicações, como alternativa para precisar o impacto dos fatores ambientais dando suporte à decisão e promovendo a saúde e o bem-estar animal. Na medicina veterinária, como um meio diagnóstico eficiente, preciso e precoce, que pode ser o diferencial estabelecido entre a vida e a morte de um paciente.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo compilar dados e informações diversas, constantes na literatura nacional e internacional, a respeito da utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal.

### **Termografia de infravermelho (tiv) - a técnica e sua história**

Termografia de infravermelho pode ser definida como uma técnica não invasiva de percepção da temperatura superficial de um corpo, uma vez que todo corpo com temperatura acima do Zero Absoluto emite radiação térmica.

A técnica é baseada no princípio de que todos os corpos formados de matéria emitem certa carga de radiação infravermelha, proporcional a sua temperatura. Esta radiação pode ser capturada em um termograma que expressa o gradiente térmico em um padrão de cores (Eddy et al 2001).

Várias são as definições observadas para a técnica. Willians et al (1980), afirmaram que a termografia pode ser descrita como sendo um ensaio térmico não destrutivo, utilizado na obtenção do perfil de temperatura superficial em estruturas e, subsequentemente a correlação da informação obtida com algumas imperfeições internas. De acordo com Giorleo e Meola (2002), a termografia é uma técnica não destrutiva, bidimensional, utilizada na medição do campo de temperatura da superfície de todos os tipos de materiais.

O calor ou energia térmica, ou ainda luz infravermelha, é um tipo de energia emitida pelos corpos e invisível ao olho humano. Assim, a câmera termográfica tem como função primordial identificar a energia térmica emitida através da superfície desse objeto, transformando-a em uma imagem visível ao olho humano e mostrando ao usuário informações sobre as temperaturas através de cores visíveis.

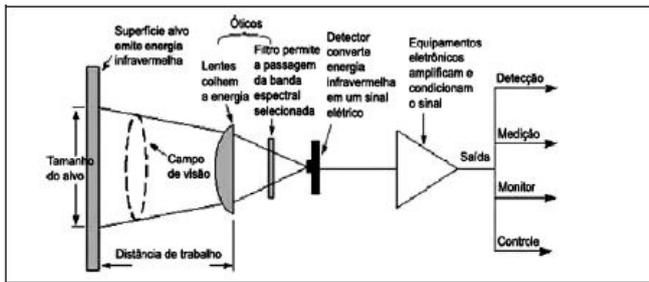
Desta forma, a termografia pode ser apresentada como um método não invasivo capaz de avaliar a temperatura através da energia emitida pela superfície do corpo animal ou de qualquer objeto e transformá-la em uma imagem visível ao olho humano (Ziproudina et al 2006; Sümbera et al 2007).

### **Formação da Imagem Termográfica ou Termograma**

De acordo com Veratti (1992), O imageamento é a forma de apresentação térmica que permite a observação direta da distribuição de calor na superfície dos alvos estudados. O equipamento infravermelho só irá distinguir um objeto contra um plano de fundo se houver contraste suficiente entre ambos. Este autor continua afirmando que o contraste é definido como a diferença entre a intensidade de radiação proveniente do objeto e do plano de fundo. Portanto, a capacidade do equipamento em distinguir entre dois pontos na imagem é chamada de Resolução Geométrica ou Resolução Óptica do Sistema.

Assim, para a obtenção de uma imagem de boa qualidade deve-se garantir: contraste térmico; sensibilidade e boa resolução térmica.

A energia emitida pelo objeto em foco, passa pelo sistema óptico do termômetro ou termovisor e é convertida em sinal elétrico no detector. O sinal é então exibido como leitura de temperatura e/ou imagem térmica (Figura 1).



**Figura 1** Sistema óptico do Termovisor. Fonte: Maldague (2001).

A imagem termográfica ou termograma é composta por elementos ou unidades denominadas pixels. Cada pixel que forma a imagem, corresponde dentro do plano x e y da imagem, uma temperatura precisa. De acordo com Gonzalez e Woods (2000), uma imagem digital é considerada uma matriz cujos índices de linhas e colunas nos eixos x e y representam um ponto (elemento). Os pontos (elementos) dessa matriz são chamados de pixels.

A análise quantitativa e a interpretação de imagens representam atualmente uma ferramenta de extrema importância em diversas áreas científicas como na ciência dos materiais, na medicina, na biofísica, na física, entre outras. Inicialmente o termo imagem era associado ao domínio de luz visível, porém atualmente o termo imagem se refere a uma grande quantidade de dados representados sob a forma bidimensional, como exemplo, as imagens infravermelhas, imagens acústicas, magnéticas entre outras (Marque e Vieira 1999; Gonzalez e Woods 2000).

Assim funciona o termovisor, elaborando o termograma através do uso de um complexo conjunto de algoritmos, designados por cores específicas que correspondem exatamente a um valor de temperatura especificado nas coordenadas x e y.

### Breve história da termografia de infravermelho (TIV)

A termografia surgiu mediante os estudos do famoso “pai da medicina”, o médico grego Hipócrates, no decorrer de suas observações com relação às variações da temperatura em diferentes partes do corpo humano. Seu principal método decorria da esfregação de lama no corpo dos pacientes, observando as reações que se procediam, concluindo que, no local onde a lama secava por primeiro era mais quente, portanto, nessa região se processava a doença (Brioschi 2003).

Hipócrates notou variações de temperatura em diferentes partes do corpo humano. Ele considerou o aumento do calor inato do corpo humano como o principal sinal diagnóstico de doença, afirmando que quando uma parte do corpo é mais quente ou mais fria do que o restante, então a doença ali estava presente. (Adams 1939). Hipócrates sentia o calor radiante com o dorso da sua mão e então

confirmava esfregando a área com lama e observava onde ela secava e endurecia primeiro. Assim nasceu a termografia.

Em 1800, Willians Herschel e depois seu filho John Herschel (1840) realizaram as primeiras imagens utilizando o sistema infravermelho por meio da técnica evaporográfica, ou seja, a evaporação do álcool obtido de uma superfície pintada com carbono (Holst 2000).

Com o auxílio de um prisma e três termômetros de mercúrio com os bulbos pintados de preto, Herschel mediu a temperatura das várias componentes de cor da luz do sol refratados através do prisma e incididos em um anteparo. Notou um aumento de temperatura da cor violeta para a cor vermelha, como havia sido observado anteriormente por Landriani, entretanto, observou também que o maior pico de temperatura ocorria na região escura, além do vermelho. Assim, ele concluiu que existia naquela região, luz invisível aquecendo os termômetros. À região deu o nome de espectro termométrico e à radiação o nome de calor negro. Décadas mais tarde, essa região do espectro termométrico passou a se chamar de Região Infravermelha e a radiação de Radiação Infravermelha (Richards 2001; Santos 2006).

Em 1843, Henry Becquerel descobriu que certas substâncias emitiam luminescência quando expostas à radiação infravermelha, além de que poderiam ser produzidas emulsões fotográficas sensíveis à radiação próxima do infravermelho (Veratti 1992).

O primeiro termograma foi elaborado por Czerny, em 1929. Na metade dos anos de 1940, no período da Segunda Guerra Mundial, foi empregado o Sistema de Visão Noturna em tanques alemães para a invasão da Rússia (Veratti 1992).

Em resposta, os aliados elaboraram a FLIR – Foward Looking Infra Red (visão dianteira por infravermelho), utilizada pelo exército americano para localização dos inimigos. O emprego do sistema não se limitou à localização de tropas, abrangendo também o desenvolvimento de armamento (mísseis) com detectores de calor (Veratti 1992). Em 1946, surge o escâner de infravermelho de uso militar, com a característica da produção de termograma em horas. Seguindo os avanços, em 1954, era possível o próprio sistema gerar uma imagem em duas dimensões em 45 minutos. Nos anos 1960 e 1970, houve um salto significativo com o desenvolvimento de imageadores infravermelhos e o lançamento de sistemas integrados de formação de imagens termais instantâneas, a imagem já era gerada em 5 minutos, com a determinação de temperatura (Veratti 1992).

Em 1975, foi desenvolvido um sistema que permitia a visão termográfica e a visão ótica de uma pessoa simultaneamente. Este sistema foi denominado ENOUX e se baseava em um sistema elétrico óptico. Entre 1980 e 1990 a imagem em tempo real é consagrada. A redução no tempo de produção da imagem acompanha o avanço nos equipamentos de captura e tratamento da imagem.

Na medicina humana, seu início procedeu na área da oncologia, mediante observações em câncer de mama, visto que ocasionava a elevação da temperatura da pele, portanto, nada mais justo que dizer-se que foi a área pioneira no emprego deste equipamento, apresentando resultados bastante positivos (Christansen e Gerow 2002).

Segundo Vieira e Esteves (2005), com a utilização da imagem infravermelha, é possível identificar alterações de temperatura que são observadas desde o início da multiplicação das células neoplásicas.

Atualmente, vários estudos científicos com relação a esta técnica vêm sendo desenvolvidos, mostrando cada vez mais interesse no uso clínico, tanto na medicina humana como também na medicina veterinária, sendo que as pesquisas na área são agora motivadas em função da alta tecnologia alcançadas pelas câmeras termográficas e seus softwares, que possibilitam a obtenção de dados com bastante precisão e praticidade.

### **Termografia de infravermelho na medicina veterinária**

Atualmente, a medicina veterinária encontra-se em um período de inovação no que diz respeito aos meios diagnósticos, principalmente no campo do Diagnóstico por Imagem. Este se desenvolveu consideravelmente, apoiando-se em técnicas cada vez mais elaboradas, modernas e seguras, permitindo ao médico veterinário, auxílios e informações imprescindíveis para um diagnóstico mais completo, seguro e eficiente.

Com a importância que o bem-estar animal tem assumido nos mais diversos campos da medicina veterinária e também nas pesquisas científicas da área, tornou-se imprescindível a utilização de técnicas e equipamentos não invasivos que prezem pelo conforto e bem-estar animal, destacando-se assim, a termografia de infravermelho.

Nos dias atuais, quando se fala em diagnóstico por imagem, a área médica não se refere tão somente à abrangência de métodos que aplicam a utilização de raios-X, mas também a outras fontes de energia, incluindo a termografia.

De acordo com Stewart et al (2005), a termografia é um método não invasivo de diagnóstico. Os termovisores captam as radiações infravermelhas e as transformam num mapa térmico da superfície do animal. Ela vem sendo indicada como ferramenta útil em estudos de bem-estar animal, uma vez que pode medir a temperatura do corpo ou de partes do corpo dos animais sem a necessidade de contenção, de forma rápida, precisa e não invasiva.

As emissões infravermelhas do animal estão diretamente relacionadas à perfusão e metabolismo dos tecidos. Variações na temperatura da superfície geralmente são resultado de mudanças na circulação da área avaliada. Calor e edema observados quando há inflamação são fatores

que interferem na circulação sanguínea normal e consequentemente na emissão de radiação infravermelha da área afetada (Waldsmith e Oltmann 1994)

Como o calor é um dos sinais da inflamação, antes mesmo que os sinais clínicos apareçam no paciente é possível, por intermédio desse método, observar os indícios do processo inflamatório (Gavrila 1999).

Segundo Brioschi et al (2003), a termometria cutânea por imagem infravermelha é o meio mais eficiente para o estudo da distribuição da temperatura cutânea atualmente. A termometria cutânea é um método diagnóstico que avalia a microcirculação da pele e que, indiretamente, também avalia o sistema nervoso autônomo simpático estreitamente relacionado com a pele.

A termometria cutânea tornou-se um método diagnóstico que detecta, grava e produz imagens infravermelhas (termogramas), refletindo a dinâmica microcirculatória da superfície cutânea dos pacientes em tempo real (Brioschi et al 2003).

Os equipamentos de imagem infravermelha (IR) são capazes de detectar temperatura a partir 0,05 °C enquanto a mão humana não é capaz de perceber a temperatura menor de 2°C - 4°C. Daí a importância deste método para o meio médico veterinário, pois um dos maiores desafios do médico veterinário é a falta de comunicação por parte do seu paciente animal, sendo assim, a termografia vem para melhorar o auxílio diagnóstico (Davis e Silva 2004).

De acordo com Davis e Silva (2004), uma das vantagens da termografia é o auxílio na percepção e localização de problemas no grau de comprometimento de tecidos.

Na grande área da Oncologia Veterinária, meios de diagnóstico como a termografia, tem ganhado destaque.

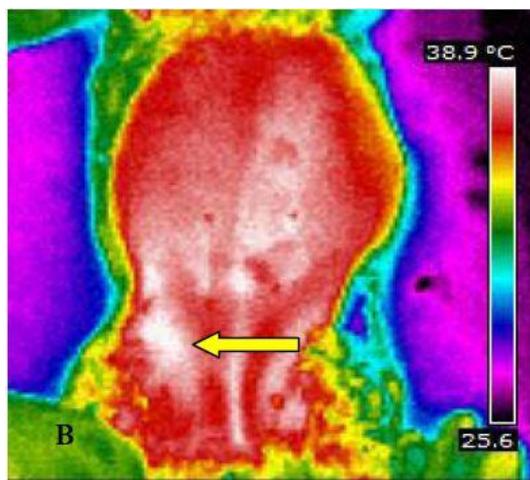
De acordo com Reis et al (2010), a neoplasia mamária é um assunto abordado em todo o mundo por ter uma ocorrência bastante significativa tanto nos humanos, quanto em animais, sendo particularmente frequente em animais de companhia. Segundo os autores, embora seja situação clínica frequente, ainda há necessidade de avanços na aplicação de métodos diagnósticos, terapêuticos e prognósticos destas enfermidades em animais, a espelho do que ocorre em humanos. Neste contexto, deve-se explorar a potencial contribuição dos métodos presentes na rotina da medicina veterinária, bem como aqueles considerados como técnicas avançadas.

Autores como Nunes et al (2007) também indicam que por ser a termografia, um exame mais rápido, não ocasionar dor, não ser invasivo, não ter necessidade de contraste e não haver envolvimento de radiação, esta deve ser utilizada de modo a contribuir com o diagnóstico precoce de tumores de mama.

O câncer mamário pode ser precocemente detectado pela termografia, pois ocorrem variações de temperatura

relacionadas às modificações do fluxo sanguíneo e do metabolismo das células mamárias. As células cancerígenas produzem óxido nítrico, responsável pelo estímulo à angiogênese e à vasodilatação, presentes nas neoplasias (Brioschi et al 2003).

Reis et al (2010), trabalhando com cadelas e objetivando avaliar os indícios da correlação entre as imagens ultrassonográficas e termográficas, com a classificação dos tumores de mama de cadelas obtidas por meio da citologia e histopatologia, não observaram relação direta entre o padrão de imagem e a definição da benignidade ou malignidade de neoplasias mamárias das cadelas, porém afirmam que a técnica pode exercer uma potencial ajuda na sugestão precoce de protocolo terapêutico ao câncer de mama (Figura 2).

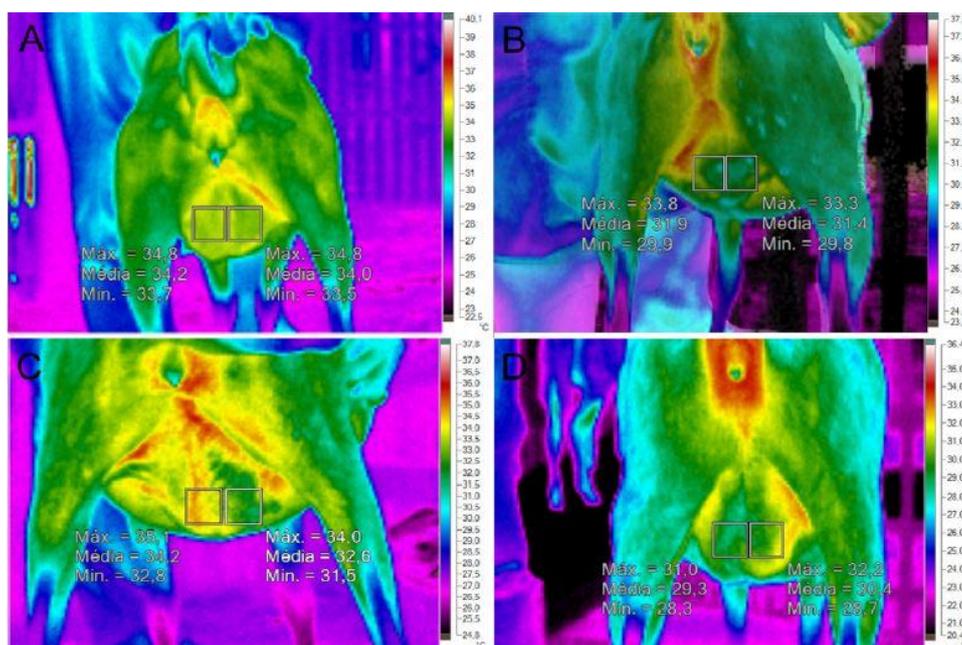


**Figura 2** Termograma de um canino apresentando áreas de hiperradiação associada a angiogênese associadas ao tumor, na região das mamas. Fonte: Reis et al (2010).

Em uma experiência realizada em ratos adultos no sentido de recuperar a funcionalidade da locomoção após o esmagamento do nervo ciático, comenta-se a necessidade da utilização da TIV para a aferição da temperatura da superfície da pele por ser o método que apresenta elevada resolução e sensibilidade, possibilitando, desse modo, um maior controle com relação às variações de temperatura que são acometidos esses animais, nesse período em que o tratamento está sendo feito (Viana 2005).

Hovinen et al (2008) e Polat et al (2010) utilizaram a técnica da TIV em estudo que objetivava diagnosticar mastite em vacas, verificando relações diretas entre a temperatura superficial das glândulas mamárias e a ocorrência da mastite, sendo observada uma elevação da temperatura superficial nas glândulas onde havia mastite clínica.

Estudando o uso da TIV como ferramenta auxiliar no diagnóstico de mastite em ovelhas, Nogueira et al (2013), observaram que houve relação significativa entre as temperaturas superficiais das glândulas e alterações específicas do tecido glandular, além de serem observadas diferenças significativas entre as temperaturas superficiais das glândulas e os resultados do diagnóstico clínico (Figura 3), concluindo que, a termografia permitiu identificar diferenças de temperaturas entre as metades mamárias saudáveis ou com mastite subclínicas daquelas com mastite clínica em estágio crônico e que esta técnica, se associada ao diagnóstico clínico e/ou microbiológico, tem potencial para ser uma importante ferramenta no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelhas e auxiliar na tomada de decisões, bem como, na adoção de novas práticas de manejo em rebanhos de ovelhas deslanadas.



**Figura 3** Termogramas da mama de ovelhas. A) sem alteração B) Nódulos pequenos nas duas metades C) Nódulo média na esquerda e grande na direita D) Consistência diminuída em ambas as metades. Fonte: Nogueira et al (2013).

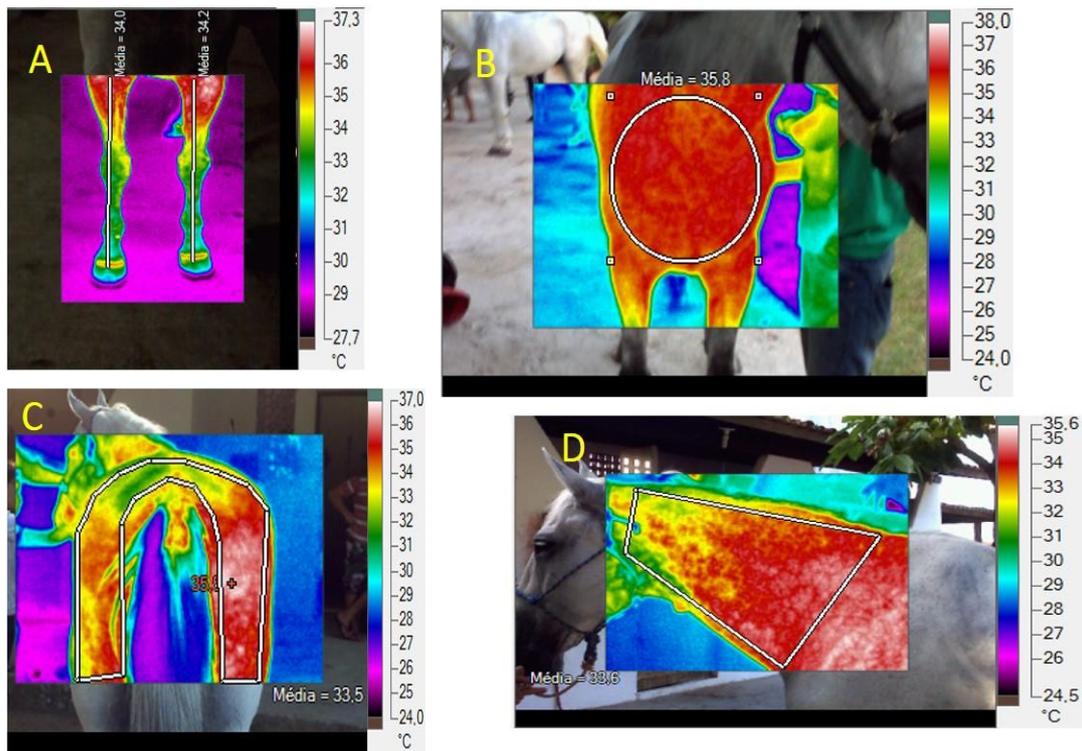
Outra área da medicina veterinária, na qual a termografia pode ter expressiva importância é na área da medicina clínica de grandes animais como os equinos.

De acordo com Turner (2001) e Holmes et al (2003), a termografia na medicina esportiva equina tem sido aplicada para incrementar a prática da clínica, provando ser útil na prevenção, diagnóstico e prognóstico de afecções.

Moura et al (2011), avaliaram o uso da TIV na análise da termorregulação de equino em condição de treinamento,

concluindo que o uso desta técnica permitiu precisão na determinação da temperatura de superfície das partes do corpo do cavalo e sua associação com a termorregulação.

Na avaliação de equinos atletas submetidos à esportes como o hipismo por exemplo, a termografia pode e deve ser utilizada no diagnóstico de lesões musculoesqueléticas provenientes do intenso treinamento, no estudo das trocas de calor e termorregulação destes animais em condição de treinamento, dentre outras funções, como mostra a figura 4.



**Figura 4** Obtenção da temperatura superficial de diferentes regiões de equinos de hipismo submetidos a treinamento: A) Membros anteriores B) Peitoral C) Garupa D) Pescoço Fonte: Arquivo Particular do autor.

Em equinos atletas com alta exigência de performance, a termografia pode incrementar o treinamento destes animais, avaliando-se as injúrias musculoesqueléticas originadas de uma rotina de exercícios intensa, provendo informações úteis ao médico veterinário e treinadores a preparação dos animais para competições (Van Hoogmoed e Snyder, 2002).

Na área da ortopedia, a TIV foi utilizada com sucesso na detecção de tendinite, sinovite e alterações no periósteo (Turner et al 1986). Além disso, existem trabalhos referentes à sua utilização na detecção de síndrome navicular (Rose et al 1983; Turner et al 1983), laminite (Turner 2001) e osteoartrites (Vaden et al 1975).

A câmera termográfica também pode ser utilizada na detecção de lesões que estão em desenvolvimento ou já

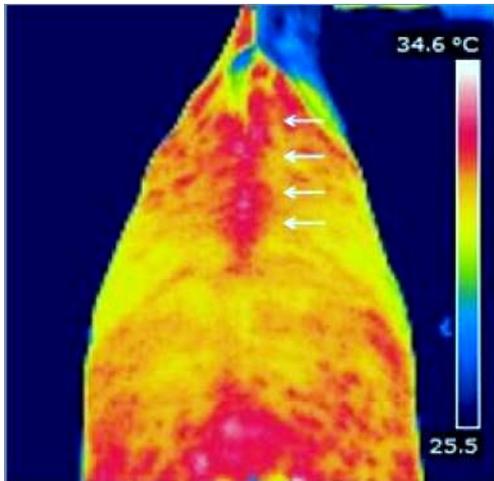
instaladas na coluna de equinos (figura 5). Este fator é importante, pois as dorsopatias são uma das principais causas de alterações no desempenho de cavalos atletas (Figueiredo et al 2012).

Em ampla revisão, Stewart (2008) verificou que TIV tem sido usada com sucesso para avaliar a inflamação decorrente da marcação de gado por ferro quente 41 e da temperatura da superfície escrotal, como indicador de fertilidade em touros, e de atividades de descorna em bezerros.

Outra aplicabilidade da TIV seria nos estudos com animais selvagens e ou de zoológicos (Figura 6). Segundo Ghafir (1996), é uma ferramenta que possibilita fazer um bom exame clínico em animais silvestres, com uma certa

distância segura, podendo ser utilizado em selvas, florestas e savanas, principalmente em animais mais hostis.

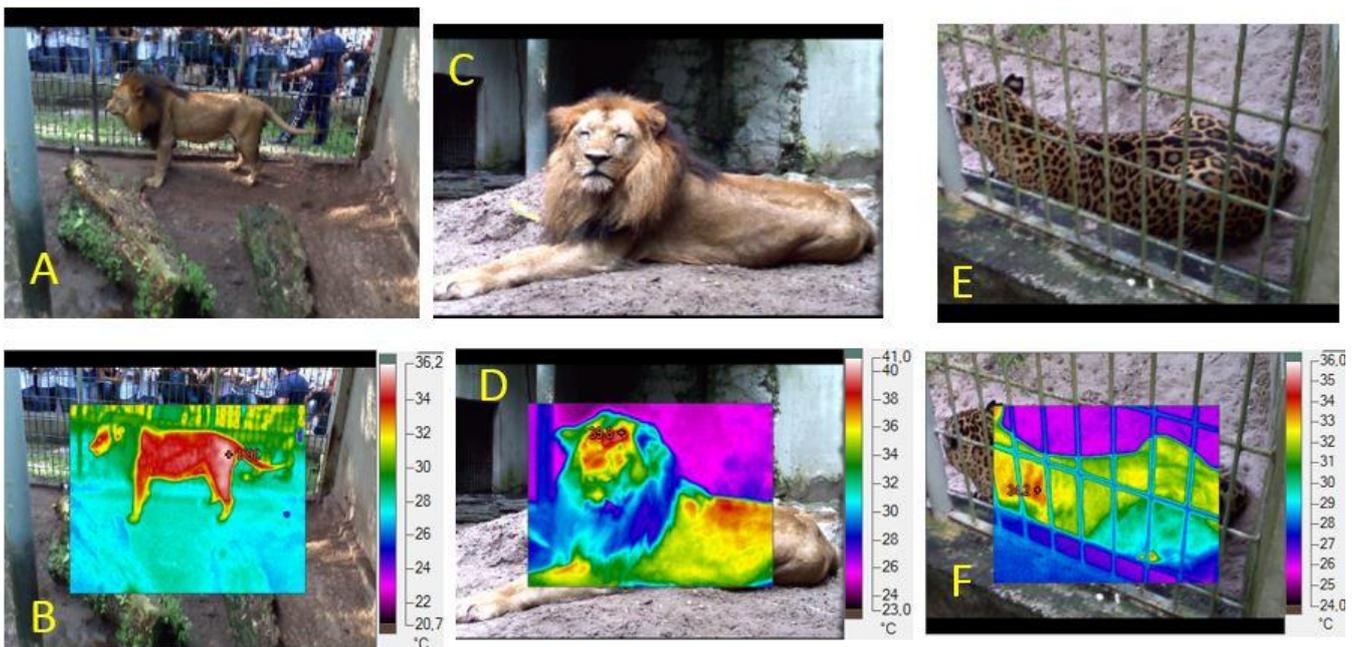
Estudando as trocas de calor em espécies diferentes de ratitas: avestruz, emu e casuar, Phillips e Sanborn (1994), também utilizaram da técnica da termografia, para obtenção da temperatura superficial dos animais.



**Figura 5** Avaliação termográfica da região dorsal da coluna de um equino. Pontos quentes referentes a processo inflamatório (setas brancas). Fonte (Figueiredo et al 2012).

Biondi (2013), realizando um estudo termográfico na superfície ocular de cães, concluiu que a TIV se mostra como método com potencial para auxiliar o diagnóstico de alterações oculares, principalmente quando utilizada como ferramenta na triagem de anormalidades em situações onde haja a necessidade de avaliação de uma grande população de animais. Esse método de triagem poderia ser particularmente útil em locais como abrigos de animais e zoológicos, desde que o instrumento pudesse ser colocado próximo da cabeça dos animais (aproximadamente 40 cm).

Como se vê, a utilização da TIV no campo da Medicina Veterinária é ampla, diversificada nas mais variadas áreas e nos mais diferentes tipos de experimentos e objetivos, corroborando assim uma vez mais, a afirmação da grande utilidade desta prática para os diferentes campos da ciências veterinárias.



**Figura 6** Utilização da termografia de infravermelho na avaliação da temperatura superficial e do estresse ambiental em animais selvagens criados em zoológico. A) e C) Imagem visível de um leão (*Panthera leo*) B) e D) Termograma de um leão (*Panthera leo*) E) Imagem visível de Onça Pintada (*Panthera onca*) F) Termograma de Onça Pintada (*Panthera onca*). Fonte: Arquivo Particular do Autor.

## Produção animal e o uso da termografia de infravermelho

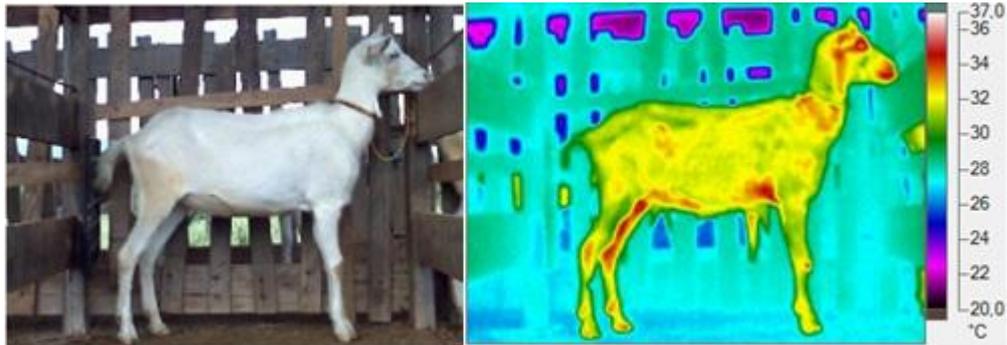
Os fatores ambientais, nutricionais e de manejo estão intrinsecamente ligados ao processo produtivo e devem ser levados em consideração quando se busca uma maior eficiência na exploração pecuária (Roberto et al 2011).

Nesse contexto, o uso de novas tecnologias como a TIV surgem como alternativas para precisar o impacto dos fatores ambientais na produção animal, dando suporte à

decisão e promovendo a saúde e o Bem-estar animal (Roberto et al 2014).

Segundo Kotrba et al (2007), além de auxiliar na compreensão da termorregulação em razão das mudanças na temperatura superficial, a termografia ajuda a compreender o impacto das condições ambientais sobre o bem-estar animal.

Roberto et al (2014), avaliaram com auxílio da termografia, as respostas fisiológicas e os gradientes térmicos de caprinos, criados em sistema de confinamento, nos turnos manhã e tarde, no semiárido paraibano (Figura 7).



**Figura 7** Imagem de luz visível de caprino e seu termograma.

Fonte: Arquivo Particular do Autor.

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

Montanholi et al. (2008), trabalhando com vacas em lactação, estabeleceram a correlação das temperaturas superficiais de diferentes regiões do corpo com a produção de calor, através da termografia de infravermelho. Conforme os autores, a correlação encontrada para a região da garupa foi de 0,71; flanco 0,72; costela 0,66 e pata 0,88. Essas informações apresentam grande importância para o entendimento sobre os processos termorregulatórios dos bovinos. Já Berry et al (2003), utilizaram da mesma técnica para estudar os efeitos dos fatores ambientais sobre a variação diária da temperatura do úbere de vacas leiteiras.

Na área da produção animal, pode-se perceber através da literatura, que a TIV tem sido empregada como ferramenta na avaliação e detecção de desordens metabólicas (Clark e Cena 1977; Hurnik et al 1984), doenças e infecções (Berry et al 2003; Schaefer et al 2007; Polat et al 2010), além de auxiliar na compreensão da termorregulação em razão das mudanças na temperatura superficial e o impacto das condições ambientais sobre o bem-estar animal (Kastelic et al 1996; Stewart et al 2005; Knížková et al 2002; Kotrba et al 2007).

Em trabalho utilizando bezerros da raça Jersey, com o objetivo de mostrar se existe uma correlação entre registro de variáveis fisiológicas obtidos por métodos convencionais

(considerados invasivos, com termômetros digitais) e pelo método da termografia infravermelha, Bustos Mac-Lean et al (2012) concluíram que a utilização da TIV como uma ferramenta de registro de variáveis fisiológicas de bezerros é possível, pois existe uma alta correlação (0,69) da imagem da orelha do animal com a temperatura retal, afirmando ainda que este método de colheita pode ser utilizado em trabalhos de bem-estar animal e conforto térmico, nos quais a intervenção do pesquisador pode alterar resultados.

Bowers et al (2009), utilizando a TIV, afirmaram que esta técnica demonstrou-se efetiva na distinção de éguas prenhas das não prenhas, em animais com cinco semanas antes do parto. Segundo estes autores, Os animais com útero gravídico apresentaram maiores temperaturas na região do abdômen, quando comparados a animais com úteros não gravídico, independente das condições ambientais, porém, a diferença ficou mais visível quando a temperatura ambiente foi inferior a 19 °C.

A capacidade da TIV em detectar e mensurar as respostas dos animais ao estresse, tem sido um dos principais focos das pesquisas. Relações entre imagem em infravermelho e a atividade do eixo hipotálamo-pituitária-adrenocortical (HPA) foram inicialmente investigadas por Cook et al (2001), que utilizaram imagens térmicas e cortisol para medir a atividade adrenocortical e metabólica em cavalos. Amostras de sangue, saliva e imagens do olho em infravermelho foram coletadas em intervalos definidos antes e depois de um desafio com o hormônio adrenocorticotropico (ACTH). E os resultados mostraram uma correlação

significativa entre a temperatura máxima do olho com o cortisol plasmático e salivar, sugerindo que mudanças na temperatura do olho podem ser associadas com a ativação do eixo HPA.

Pesquisas envolvendo estresse em animais de produção e características qualitativas de carne foram realizadas por Schaefer et al (2001), avaliando o estresse ante-mortem e suas implicações econômicas à carne bovina, suína e de cordeiros. Os autores verificaram com o uso da TIV, em bovinos transportados por períodos de 1,5 horas, imagens térmicas da região dorsal desses animais com temperaturas de 36,2 e 37,2 °C, no momento antes do transporte e após o transporte, respectivamente, verificando-se tendência de algum grau de carne PSE ou DFD no momento do abate, como indicativo de estresse sofrido pelos animais.

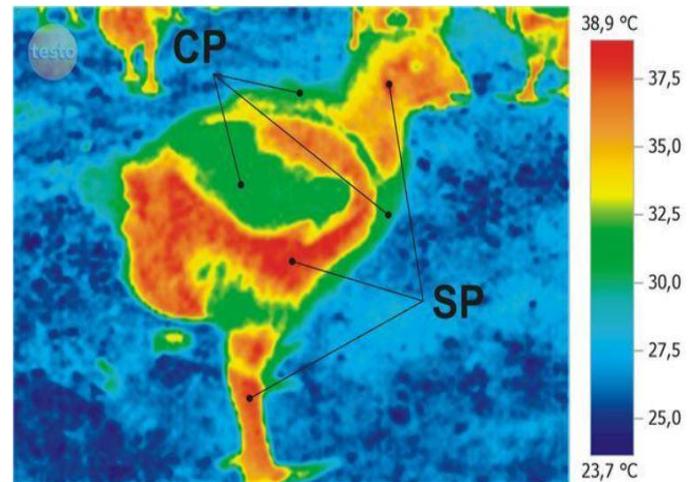
Da mesma forma, Tong et al (1995) afirmaram que a tecnologia da termografia infravermelha pode ser usada para diagnóstico na identificação de animais vivos predispostos a alterações na qualidade da carne PSE em suínos e DFD em bovinos.

Na produção de suínos, a ocorrência de algumas enfermidades como artrites podem prejudicar drasticamente os sistemas produtivos, e a utilização de técnicas que visem o diagnóstico precoce de tais enfermidades pode evitar muitos prejuízos para os produtores. De acordo com Hill (1992) as artrites são enfermidades que podem acometer os suínos em qualquer faixa etária, causando enormes perdas econômicas por morte, atraso no crescimento, descarte precoce de reprodutores, gastos com medicamentos, mão de obra, formação de animais refugos e condenação de carcaça nos abatedouros. Nesse contexto, Graciano (2013) trabalhou com suínos com o objetivo de avaliar a eficiência da câmera termográfica em identificar edemas inflamatórios em suas patas. O autor selecionou animais que apresentavam claudicação e edema nos membros posteriores, e a partir da análise dos termogramas, concluiu que a TIV apresentou potencial significativo no pré-diagnóstico de processos inflamatórios e lesões, e pode servir como ferramenta para auxiliar a redução de descartes de reprodutores e condenações de carcaças em abatedouros.

Utilizando uma câmera termográfica, Nääs et al (2010) avaliaram a variação da temperatura de superfície corporal de frangos de corte, com 42 dias de idade, criados com a mesma dieta, porém, em instalações com tipologias diferentes, e observaram que as regiões sem penas acompanham a temperatura ambiente com maior facilidade e que as aves perdem mais calor sensível durante a manhã e mais calor latente durante a tarde.

Nascimento et al (2011), trabalhando com frangos de corte, com objetivo de determinar um índice de conforto térmico para as aves baseada na lógica Fuzzy, também

utilizaram da TIV para obtenção da temperatura superficial das aves, como mostra a figura 8.



**Figura 8** Termograma de ave mostrando área de coleta das temperaturas superficiais das penas (CP) e da pele (SP).  
Fonte: Nascimento et al (2011).

Segundo Nikkiah et al (2005), a TIV foi indicada como método adequado na detecção de laminites em vacas leiteiras em lactação, e na detecção de dor crônica após corte da cauda, segundo Eicher et al (2006). Já para Lovett et al (2009), a aplicação de termografia como método de triagem para identificar, por assimetria de temperatura dos cascos, potenciais bovinos infectados pelo vírus da febre aftosa mostrou-se promissora para a identificação precoce dos animais infectados.

Em experimento para avaliar o consumo alimentar residual (CAR) em bovinos de corte, Colyn et al (2010) apresentaram resultados afirmando que a TIV é um método promissor para prever o CAR, mostrando-se útil para vacas adultas, bovinos em crescimento e bezerras, por possibilitar estimar as perdas de energia bruta pela imagem de forma rápida.

No campo de estudo sobre avaliação da qualidade, monitoramento e armazenamento de determinados alimentos, a TIV também tem ganhado destaque. De acordo com Novinski et al (2013), o monitoramento em tempo real da temperatura na superfície dos alimentos parece ser uma forma rápida e segura na predição da qualidade nutricional e microbiológica de muitos produtos.

Junges (2010), em estudo inovador com silagem de milho, usou a TIV para avaliar temperatura de silagens expostas ao ar em sala com temperatura controlada. As correlações entre a temperatura da superfície e a temperatura interna da massa apresentaram coeficiente moderado ( $r = 0,55$   $P < 0,001$ ), mostrando que a imagem da superfície pode ser usada como indicador de pontos de crescimento microbiano. No entanto, concluiu que há necessidade de se

ampliar o controle de outras variáveis, além daquelas estudadas por ele.

Utilizando a termografia com o objetivo de relacionar a temperatura da face do silo com a qualidade da silagem, Abdelhadi et al (2012) pesquisaram a localização de pontos de máximo e mínimo aquecimento em silos do tipo bunker que armazenavam silagem de milho. Não foi percebida correlação da temperatura com os parâmetros de qualidade (MS, PB, pH), no entanto, silagens coletadas nas áreas quentes tiveram redução na digestibilidade de matéria seca em relação ao ponto frio. Logo, os autores concluíram que a imagem em infravermelho pode ser utilizada para detectar regiões que representam menor digestibilidade da MS.

Addah et al (2012) também utilizaram a termografia e imagens térmicas, com o objetivo de avaliar os efeitos de um inoculante na estabilidade aeróbia de silagem de cevada. Estes autores concluíram que as imagens térmicas oferecem perspectivas como um método prático para avaliar a estabilidade aeróbia de silagens, entretanto afirmam que mais estudos serão necessários para determinar a capacidade das imagens infravermelhas em avaliar a estabilidade aeróbica de uma variedade de tipos de silagem em diferentes sistemas de ensilagem durante todo o ano.

No âmbito dos estudos sobre a qualidade dos diferentes tipos de materiais e instalações utilizados na produção animal, a TIV também pode ser aplicada com eficiência, visando trazer informações que auxiliem na melhoria do conforto térmico ambiental.

Fiorelli et al (2012), estudando a eficiência térmica de diferentes coberturas (telha fibrocimento pintada de branco, telha de fibrocimento sem pintura e telha de fibrocimento com tela de sombreamento) de bezerreiros individuais expostos ao sol e à sombra, por meio de termografia infravermelha e índices de conforto térmico, afirmaram que o uso do processamento de imagens termográficas mostrou-se uma ferramenta facilitadora da identificação de diferenças significativas de temperatura de superfície de cobertura do bezerreiro exposto à sombra em comparação àqueles expostos ao sol. Os resultados obtidos a partir da utilização da câmera termográfica, permitiram os autores observar que a estrutura com telhado de fibrocimento pintado de branco foi a que apresentou menores valores de temperatura de superfície dos abrigos expostos ao sol.

Dessa forma, através da literatura consultada, pode-se inferir uma vez mais, que a termografia de infravermelho se aplica às mais diversas áreas, dentro das ciências agrárias, tendo ampla eficácia nos mais diversos tipos de experimentos com as mais diversas espécies animais e objetivos.

### Considerações finais

É uma tecnologia que pode ser aplicada nos mais diversos campos da medicina veterinária, com grande

eficácia e utilização nas mais diversas espécies, contribuindo de forma ímpar para um melhor e mais eficiente diagnóstico veterinário.

Principalmente no que diz respeito ao bem-estar animal, pode e deve ser usada nos sistemas de produção animal como alternativa aos métodos tradicionais de obtenção de temperaturas superficiais, trazendo mais precisão, exatidão e praticidade na manipulação de dados.

### References

Abdelhadi PA, Saraiva WR, Bameix C.A. (2012) Infrared thermography to assess the relationship between corn silage quality and face temperature. *Journal of Dairy Science*. 95:537.

Addah W, Baah J, Okine EK, McAllister TA (2012) Use of thermal imaging and the in situ technique to assess the impact of an inoculant with feruloyl esterase activity on the aerobic stability and digestibility of barley silage. *Canadian Journal of Animal Science*. 92: 381-394.

Adams F. (1939) *The genuine works of Hippocrates*. Baltimore: Williams & Wilkins.

Berry RJ, Kennedy AD, Scott SL, Kyle BL, Schaefer AL (2003) Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Canadian Journal Of Animal Science*. 83:687-693.

Biondi F (2013) Contribuições sobre implantes poliméricos intraoculares e investigações sobre termografia da superfície ocular e gravidade específica da lágrima relacionadas ao teste de schirmer. Dissertação, Universidade Federal do Paraná.

Bowers S, Gandy B, Anderson P, Ryan P, Willard S (2009) Assessment of pregnancy in the late-gestation mare using digital infrared thermography. *Theriogenology*. 72:372-377.

Brioschi ML, Macedo JF, Macedo RAC (2003) Termografia cutânea: novos conceitos. *Revista Vasculiar Brasileira* 2:151-160.

Bustos Mac-Lean, PA (2012) Programa de suplementação de luz e relação entre variáveis fisiológicas e termográficas de bezerros em aleitamento em clima quente. Tese, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos-Universidade de São Paulo.

Clark JÁ, Cena K (1977) The potential of infrared thermography in veterinary diagnosis. *The Veterinary Record*. 100:402-404.

Christiansen J, Gerow G (2002) Termografia eletrônica. Cortez, São Paulo.

Colyn JJ, Schaefer JA, Basarab EK (2010) Prediction of residual feed intake in beef heifers by infrared thermography. *Journal of Dairy Science*. 93:3050-3055.

Cook NJ, Schaefer AL, Warren L, Burwash L, Anderson M, Baron V (2001) Adrenocortical and metabolic responses to ACTH injection in horses: an Assessment by salivary cortisol and infrared thermography of the eye. *Canadian Journal of Animal Science*. 81:621(abstract).

Eddy AL, Vanhoogmoed LM, Snyder JR (2001) The Role of Thermography in the Management of Equine Lameness. *Veterinary of Journal*, 162:172-181.

- Eicher SD, Cheng HW, Sorrells AD, Schutz MM (2006) Behavioral and physiological indicators of sensitivity or chronic pain following tail docking. Short communication: *Journal of Dairy Science*. 89:3047–3051.
- Ferreira VMOS, Francisco NS, Belloni M, Aguirre GMZ, Caldara FR, Nääs IA, Garcia RG, Almeida Paz ICL, Polycarpo GV, (2011) Infrared thermography applied to the evaluation of metabolic heat loss of chicks fed with different energy densities. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 13:113-118.
- Figueiredo T, Dzyekanski B, Kunz J, Silveira AB, Ramos CMG, Michelotto Júnior PV (2012) A importância do exame termográfico na avaliação do aparato locomotor em equinos atletas. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*. 18: 50-65.
- Fiorelli J, Schmidt R, Kawabata CY, Oliveira CEL, Savastano Junior H, Rossignolo JA (2012) Eficiência térmica de telhas onduladas de fibrocimento aplicadas em abrigos individuais para bezerros expostos ao sol e à sombra. *Ciência Rural*. 42:64-67.
- Gavrila D (1999) A análise visual do movimento humano: pesquisa, visão computacional e compreensão de imagem. *Artigos de Ciência Veterinária*, 13: 82-98.
- Ghafir Y, Art T, Lekeux P (1996) La thermographie infrarouge dans l'étude de la thermoregulation chez le cheval: effets de l'entraînement. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 140:131-135.
- Giorleo G, Meola C (2002) Comparison between pulsed and modulated thermography in glass-epoxy laminates. *NDT&E International*, London, 35:287-292.
- Gonzalez RC, Woods RE (2000) *Processamento de imagens digitais*. Edgard Blücher, São Paulo.
- Graciano DE (2013) *Aplicação da termografia infravermelha na produção animal*. Dissertação, Universidade Federal da Grande Dourados.
- Hill M (1992) Skeletal System and feet. In: Leman A, Straw BE, Mengeling WL, D'allaire S, Taylor DJ (ed) *Diseases of swine*, 7th ed. Iowa. Iowa State University Press, pp 163-195.
- Holmes LC, Gaughan EM, Gorondy DA, Hogge S, Spire MF, (2003) The effect of perineural anesthesia on infrared thermographic images of the forelimb digits of normal horses. *The Canadian Veterinary Journal*, 44:392–396.
- Holst GC (2000) *Common Sense approach to thermal imaging*. Winter Park (FL): JCD Publishing.
- Hovinen M, Siivonen J, Taponen S, Hänninen L, Pastell M, Aisla AM, Pyörälä S. (2008) Detection of Clinical Mastitis with the Help of a Thermal Camera. *Journal of Dairy Science* 91:4592- 4598.
- Hurnik JF, Deboer S, Webster AB (1984) Detection of health disorders in dairy cattle utilizing a thermal infrared scanning technique. *Canadian Journal Animal Science*. 64:1071–1073.
- Junges D (2010) *Aditivo microbiano na silagem de milho em diferentes tempos de armazenamento e avaliação da estabilidade aeróbia por termografia em infravermelho*. Dissertação, Universidade Federal do Paraná.
- Kastelic JP, Cook RB, Coulter GH, Wallins, GL, Entz T. (1996) Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. *Animal Reproduction Science* 41:153–159.
- Knížková I, Kunc P, Koubkova M, Flusser J, Oldrich D (2002) Evaluation of naturally ventilated dairy barn management by a thermographic method. *Livestock Production Science* 77:349–353.
- Kotrba R, Kunc P, Gürdül GAK, Pinar Y, Selví KC (2007) Applications of infrared thermography in animal production. *Journal of the Faculty of Agriculture* 22:329-336.
- Lovett, KR, Pacheco JM, Packer C, Rodriguez LL (2009) Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. *The Veterinary Journal* 180:317–324.
- Maldague X, (2001) *Infrared and Thermal testing: Nondestructive testing handbook*. 3th ed, Columbus, OH: Patrick O. Moore.
- Marque OF, Vieira HN (1999) *Processamento digital de imagens*. Brasport, Rio de Janeiro.
- Montanholi YR, Odongo NE, Swanson KC, Schenkel, FS, McBride BW, Miller SP (2008) Application of infrared thermography as an indicator 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*. 33:473-475.
- Moura DJ, Maia APA, Vercellino RA, Medeiros BBL, Sarubbi J, Griska PR (2011) *Uso da termografia infravermelha na análise da termorregulação de cavalo em treinamento*. *Engenharia Agrícola*. 31:23-32.
- Nääs IA, Romanini CEB, Nascimento DPNGR, Vercellino RA (2010) Distribuição da temperatura superficial de frangos de corte com 42 dias de idade. *Scientia Agricola*. Piracicaba. 67:497-502.
- Nascimento GR, Pereira DF, Nääs IA, Rodrigues LHA (2011) Índice fuzzy de conforto térmico para frangos de corte. *Engenharia Agrícola*. 31:219-229.
- Nikkhah A, Plaizier JC, Einarson MS, Berry RJ, Scott SL, Kennedy AD (2005) Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation. Short communication: *Journal of Dairy Science*. 88:2749–2753.
- Nogueira FRB, Souza BB, Carvalho MGX, Garino Junior F, Marques AVMS, Leite RF (2013) *Termografia infravermelha: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelha*. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*. 35(3):289-297.
- Novinski CO (2013) *Composição de micotoxinas e bromatologia de silagens de milho em silos de grande porte utilizando imagens em infravermelho*. Dissertação, Universidade Federal do Paraná.
- Nunes LAO, Filho ACC, Sartori JL (2007) *Câmara termográfica nacional*. *Revista Prática Hospitalar*. 49: 18-21.
- Phillips PK, Sanborn AF (1994) An infrared, thermographic study of surface Temperature in three ratites: ostrich, emu And double-wattled cassowary. *Journal of Thermal Biology* 19: 423-430.
- Polat B, Colak A, Cengiz M, Yanmaz LE, Oral H, Bastan A, Kaya S., Hayirli A. (2010) Dairy cowsI. *Journal of Dairy Science*. 93:3525-3532.

- Reis FR, Barreira APB, Castro V, Castro JLC, Suzano SMC, Rocha AA (2010) Índícios sobre a correlação entre diferentes métodos diagnósticos em casos de tumor de mama em cadelas. *Revista Eletrônica Novo Enfoque* 09:14-31.
- Richards A (2001) *Alien Vision – Exploring the eletromagnetic spectrum with imaging technology*. SPIE Press.
- Roberto JVB, Souza BB (2011) Fatores ambientais, nutricionais e de manejo e índices de conforto térmico na produção de ruminantes no semiárido. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável* 6:08-13.
- Roberto JVB, Souza BB, Furtado DA, Delfino LJB, Maques BAA (2014) Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* 2:11-19.
- Rose RJ, Allen JR, Hodgson DR, (1983) Studies on isoxsuprine hydrochloride for treatment of navicular disease. *Equine Veterinary Journal* 15: 338-341.
- Santos L (2006) *Termografia infravermelha em subestações de alta tensão*. Dissertação, Universidade Federal de Itajubá.
- Schaefer AL, Dubeski PL, Aalhus JL, Tong AKW (2001) Role of nutrition in reducing antemortem stress and meat quality aberrations. *Journal Animal of Science*. 79:91-101.
- Schaefer AL, Cook NJ, Church JS, Basarab J, Perry B, Miller C, Tong AKW (2007) The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. *Research in Veterinary Science*. 83:376–384.
- Stewart M, Webster JR, Schaefer AL, Cook NJ, Scott SL (2005) Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare* 14: 319-325.
- Stewart M (2008) *Non-invasive measurement of stress and pain in cattle using infrared thermography*. Tese. Animal Science. Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Sümbera R, Zelová J, Kunc P, Kníková I, Burda H (2007) Patterns of surface temperatures in two mole-rats (Bathyergidae) with different social systems as revealed by IR Thermography. *Physiology & Behavior* 92: 526-532.
- Tong AKW, Schaefer AL, Jones SDM (1995) Detection of poor quality beef with infrared thermography. *Meat Focus Int*. 4:443–445.
- Turner TA, Fessler JF, Lamp M, Pearce JA, Geddes LA, (1983) Thermographic evaluation of horses with podotrochlosis. *American veterinary Journal Research* 44:539.
- Turner TA, Purohit RC, Fessler JF (1986) Thermography: a review in equine medicine *Compendium of Continuing Education Practice Veterinary* 8:855-61.
- Turner TA (2001) Diagnostic thermography. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 17:95-113.
- Vaden MF, Purohit RC, McCoy MD, Vaughan JT, (1975) Thermography: A technique for subclinical diagnosis of osteoarthritis. *American Journal Veterinary Reserch* 41:1175-1179.
- Van Hoogmoed LM, Snyder JR (2002) Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. *The Veterinary Journal*. 164:129-141.
- Veratti, AB (1992) *Termografia: princípios, aplicações e qualidade*. ICON Tecnologia São Paulo
- Viana DML (2005) Changes in cutaneous and body temperature during and after conditioned fear to context in the rat. *European Journal of Neuroscience* 21:2.505-2512.
- Vieira RJS, Esteves VF (2005) Prevenção do câncer de mama: mito ou realidade? *Prática Hospitalar* 40:77-82.
- Waldsmith JK, Oltmann JI (1994) Thermography: subclinical inflammation, diagnosis, rehabilitation and athletic evaluation. *Journal of Equine Veterinary Science* 14:8-10.
- Williams JHJr, Masouri SH, Lee SS, (1980) One-dimensional analysis of thermal nondestructive detection of delamination and inclusion flaws. *British Journal of Non-Destructive Testing, Leigh-On-Sea (GB)*, 22.
- Ziproudina N, Ming Z, Hänninen OOP (2006) Plantar infrared thermography measurements and low back pain intensity. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutic*. 29:219-223.