

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**  
**CAMPUS JABOTICABAL**

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E ANÁLISE DE TERMOGRAFIA  
EM EQUINOS**

**Roberta Carvalho Basile**

**Orientador:** Prof. Dr Antonio de Queiroz-Neto

Trabalho de Iniciação Científica apresentado à  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias –  
UNESP, Campus Jaboticabal, para graduação  
em Medicina Veterinária.

**JABOTICABAL – SP**

**2º SEMESTRE DE 2012**

Basile, Roberta Carvalho  
B311m Metodologia de Avaliação e Análise de Termografia em  
Equinos/Roberta Carvalho Basile. -- Jaboticabal, 2012  
xiii, 102 f.: il. ; 28 cm

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e  
Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal para graduação em  
Medicina Veterinária, 2012

Orientador: Antonio de Queiroz-Neto

Banca examinadora: Delphim da Graça Macoris, Deborah  
Penteado Martins Dias

Bibliografia

1.Termograma. 2.Quantitativa. 3.Cavalos. I. Título. II. Jaboticabal-  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 619:616-002.1:636.1

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal

## **Certificado**

*“Só se pode alcançar um grande êxito  
quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”*

*Friedrich Nietzsche*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu pai Lúcio, distante porém presente, quem me incentivou e apoiou desde o primeiro instante da minha decisão em seguir esta carreira.

Ao meu esposo Marcelo, por estar ao meu lado sempre me estimulando e me ajudando a estudar, produzir, planejar e progredir.

À minha mãe Loy, que me ajudou muito, principalmente na reta final de conclusão deste curso.

Ao meu filho Matheus, luz da minha vida, e que apesar de tão novinho me permite concluir as tarefas de forma satisfatória. Meu ajudante preferido.

Aos professores Queiroz e Delphim, que me tutoraram e confiaram no meu trabalho durante estes cinco anos e que ainda se propõem a me orientar nos próximos anos.

À amiga-irmã Evelyn, quem me inspirou a não esquecer desta profissão e nem do meu sonho.

Ao amigo e parceiro de trabalho Paulo Henrique Machado, um dos médicos de equinos que mais respeito e que sempre esteve por perto me ajudando e me ensinando.

Às amigas Raquel Albernaz, Mariana Monti, Camila Aguirre, Ana Paula Janini, Ana Clara Abreu, Bianca Martinez e Thalita Tâmara, que me apoiaram e alegraram minha vida nestes cinco anos tão felizes e excitantes.

Ao colega e instrutor Dárcio e aos cavalos que tanto ajudaram na minha formação nestes cinco anos, permitindo que eu os utilizasse em meus experimentos e aprendizados.

E ao cavalo Flyer, cuja missão foi, além de alegrar a vida de muitos cavaleiros, me mostrar o quão linda e intrigante é esta profissão e que nunca se deve desistir de um objetivo.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	14
1.2	OBJETIVOS.....	15
1.3	PREMISSAS.....	15
1.4	HIPÓTESES.....	16
1.5	ABRANGÊNCIA DE UTILIZAÇÃO .....	16
1.6	A INOVAÇÃO E O INÉDITO .....	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1	HISTÓRICO .....	20
2.2	TERMOGRAFIA COMO MÉTODO DIAGNÓSTICO NA MEDICINA.....	23
2.3	APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA NA CLÍNICA MÉDICA DE EQUINOS .....	28
2.3.1	<i>Análise qualitativa de termogramas de equinos.....</i>	<i>35</i>
2.4	MÉTODOS DE TERMOGRAFIA QUANTITATIVA EXISTENTES NA LITERATURA.....	43
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>48</b>
3.1	PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO DOS EXAMES TERMOGRÁFICOS .....	48
3.1.1	<i>Artefatos por deficiência de execução e interpretação .....</i>	<i>52</i>
3.2	MÉTODO DE CORREÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS AMBIENTAIS PARA AVALIAÇÕES QUANTITATIVAS SERIADAS NO TEMPO - PADTEMP.....	60
<b>4</b>	<b>VALIDAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO .....</b>	<b>64</b>
4.1	AVALIAÇÃO DE EXTREMIDADES .....	65
4.2	AVALIAÇÃO DE GRUPAMENTOS MUSCULARES .....	68

<b>5</b>	<b> APLICAÇÕES DO MÉTODO NA MEDICINA DE EQUINOS .....</b>	<b>72</b>
5.1	EXPERIMENTO 1: USO DO PADTEMP PARA AVALIAÇÃO DE ESTADOS INFLAMATÓRIOS .....	72
5.2	EXPERIMENTO 2: AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DA FENILBUTAZONA NOS PROCESSOS INFLAMATÓRIOS MUSCULOESQUELÉTICOS .....	77
5.3	EXPERIMENTO 3: ESTUDO COMPARATIVO DE EFICÁCIA DO FIROCOXIBE E FENILBUTAZONA NO CONTROLE DA SINOVITE INDUZIDA EM EQUINOS.....	80
5.4	CASO CLÍNICO 1: ACOMPANHAMENTO DA EVOLUÇÃO DE CIRURGIA ORTOPÉDICA UTILIZANDO O PADTEMP.....	83
5.5	PROPOSTA DE ESCALA DE INFLAMAÇÃO DE EXTREMIDADES BASEADA NO MÉTODO PADTEMP .....	87
<b>6</b>	<b> CONCLUSÃO .....</b>	<b>89</b>
<b>7</b>	<b> REFERÊNCIAS.....</b>	<b>91</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Padrão termográfico de cascos de equinos saudáveis.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2 – Evidência de lesão focal de sola de casco de equino próxima ao sulco da ranilha.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 3 – Termografia palmar dos membros torácicos de equino evidenciando a síndrome do navicular no casco do membro torácico esquerdo (MTE).....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 4 – Termografia dorsal de membros torácicos de equino com artrite induzida no boleto do MTE após injeção de solução com lipopolissacarídeo.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 5 – Foco de aumento de temperatura no terço proximal dos tendões flexores do membro torácico esquerdo de equino. ....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6 – Aumento de temperatura sobre o ligamento suspensor do boleto próximo à articulação tarso-metatarsica de equino. ....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 7 – Incremento de temperatura sobre o músculo peitoral descendente de equino devido à ruptura de seu tendão de origem. ....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 8 – Miosite provocada por queda de equino evidenciada pelo incremento de temperatura sobre a região dos músculos quadríceps femoral, bíceps femoral e tensor da fáscia lata.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 9 – Incremento de temperatura sobre as vértebras torácicas, lombares e sacras de equino com presença de assinaturas radiculares sobre a garupa de equino (zonas quentes ao longo dos nervos periféricos).....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 10 - Ajuste ideal da paleta de cores/temperatura ilustrando o contraste da banda coronária do casco de equino representada em vermelho (vista dorsal).....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 11 – Termografias da face plantar da articulação do tarso de equino. Imagem esquerda com escala de 25,0 à 35,7°C, imagem direita com escala de 20,0 à 33,2°C. ....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 12 – Efeito da umidade da superfície na termografia. Imagem esquerda com membro torácico de equino seco, imagem direita com membro úmido. ....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 13 – Efeito da presença de partículas de sujeira na termografia. imagem esquerda com membro torácico de equino limpo, imagem direita com membro sujo por maravalha.....</i>	<i>55</i>



<i>Figura 14 – Efeito da tricotomia na emissão de ondas infravermelhas. Imagem esquerda, membro torácico de equino sem tricotomia, imagem direita pós-tricotomia na articulação metacarpofalângiana lateral....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 15 – Membro torácico direito de equino antes (à esquerda) e após (à direita) a aplicação de gel à base de cânfora em todo o perímetro da região metacárpica.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 16 – Incremento local de temperatura sobre a face palmar do membro torácico esquerdo de equino provocado por manuseio.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 17 – Termografia da articulação metacarpofalângiana em posicionamento muito distante (A) e ideal (B) de membro torácico esquerdo de equino, com diferença de cerca de 1,0 m entre elas. ....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 18 – Termografia do mesmo equino em ambientes com temperaturas diferentes. À esquerda, em baía a 21,4° C e à direita, em baía a 26,8°C. ....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 19 – Exemplo de termografia da AMF do membro torácico esquerdo de equino saudável.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 20 - Representação termográfica de um equino de corpo inteiro, ilustrando as extremidades distais ao carpo e tarso (linhas pretas). ....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 21 – Representação das temperaturas sobre as AMF's dos cavalos sadios antes e após a aplicação de método PadTemp.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 22 – Posicionamento do termógrafo para obtenção da temperatura máxima sobre o músculo deltóide de cavalos sadios. ....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 23 - Representação das temperaturas sobre as escápulas dos cavalos sadios antes e após a aplicação de método PadTemp.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 24 – Variação das temperaturas sobre as AMF's e escápulas de equinos saudáveis em função da variação da temperatura ambiente. ....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 25 - Exemplo de extração das temperaturas do termograma por janelamento no local da lesão induzida no MTE de equino por meio de garroteamento do membro. ....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 26 - Evolução das temperaturas máximas dos MTE's de equinos ao longo do tempo e demonstração do comportamento da temperatura ambiente no mesmo período. ....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 27 - Variação da temperatura do membro torácico esquerdo de doze equinos (média ± erro padrão) após o início do tratamento (tempo zero) em relação à sua temperatura basal. ....</i>	<i>79</i>

<i>Figura 28 - Evolução das médias <math>\pm</math> erro padrão da variação das temperaturas máximas da porção dorsal da AMF esquerda com artrite induzida por injeção de LPS em dez equinos.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 29 - Termografia pré-cirúrgica da região metatarsofalangiana de equino com constrição do ligamento anular plantar. ....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 30 - Variação da temperatura máxima da articulação metatarsofalangiana nas projeções plantar, medial e lateral de equino.....</i>	<i>86</i>

## **LISTA DE TABELAS**

<i>Tabela 1 - Valores de temperatura máxima (°C) no local da lesão obtidos por meio de janelamento do membro torácico esquerdo dos equinos. ....</i>	<i>75</i>
<i>Tabela 2 - Severidade da inflamação em decorrência do incremento local de temperatura em extremidades. ....</i>	<i>88</i>

## METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E ANÁLISE DE TERMOGRAFIA EM EQUINOS

**RESUMO** – A análise termográfica é uma tecnologia proveniente da engenharia e utilizada na Segunda Guerra Mundial para detecção de forças armadas inimigas. Foi aplicada inicialmente na medicina para avaliação de articulações com artrites e hoje apresenta importante função no diagnóstico de câncer de mama em mulheres. Na medicina veterinária, há mais de trinta anos é técnica de diagnóstico auxiliar na clínica de equinos, para avaliação de processos inflamatórios tais como tendinites, desmites, artrites, miosites ou ainda no diagnóstico de fraturas, lesões na coluna ou em nervos periféricos. Por ser uma técnica com alta sensibilidade, exige que seu operador tenha treinamento e doutrinação, não só para a execução dos exames, mas também para a análise de seus resultados. Diante disso, muitos pesquisadores afirmaram que os exames termográficos de aplicabilidade científica deveriam ser realizados em local com temperatura controlada, em torno de 23°C. Ao se trabalhar com equinos, torna-se difícil encontrar ambientes amplos o suficiente e com controle de temperatura para que os exames sejam feitos, o que praticamente inviabilizaria o uso da termografia na pesquisa com cavalos. Assim, este trabalho propôs um método de padronização das temperaturas que permite realizar termografias de extremidades de membros em ambientes variando entre 18 e 35°C. O método proposto, nomeado como PadTemp, foi validado em cavalos saudáveis e aplicado em experimentos de verificação de eficácia de fármacos e de acompanhamento de cirurgias ortopédicas.

**Palavras-Chave:** termograma, inflamação, quantitativa, diagnóstico, prognóstico.

## **1 INTRODUÇÃO**

Termografia é a representação pictórica das temperaturas da superfície de um objeto. Esta técnica de diagnóstico não invasivo é constantemente utilizada para detectar afecções musculoesqueléticas que transmitem suas alterações térmicas para os tecidos superficiais. Tais alterações podem ser secundárias a inflamações, alterações de perfusão local, trombozes ou infartos, tumores ou ainda anormalidades do sistema nervoso autônomo.

A avaliação de pacientes por termografia foi inicialmente realizada por médicos reumatologistas, mas logo ganhou grande repercussão como importante auxílio no diagnóstico dos tumores de mama.

Em medicina veterinária, há mais de 30 anos a termografia desempenha função auxiliar na detecção de afecções musculares e esqueléticas de equinos.

Com o avanço da tecnologia dos equipamentos, esta ferramenta de diagnóstico por imagem vem conquistando o campo não só da clínica médica como também das pesquisas. Porém, por se tratar de um equipamento de grande sensibilidade, torna-se muito susceptível a artefatos de execução e erros na análise de seus dados. Assim, é relevante que seu operador seja instruído sobre a forma correta de obter os resultados esperados.

### 1.1 Justificativa

Por se tratar de um método de alta sensibilidade, a termografia permite acompanhar de forma detalhada a evolução de quadros clínicos ortopédicos, porém exige doutrinação na execução das avaliações e análises das temperaturas.

Dado que os termogramas fornecem informações sobre as isotermas superficiais de um corpo, mudanças na temperatura ambiente provocam alterações nestas superfícies que necessitam ser quantificadas e neutralizadas, de forma a se obter um perfil termométrico adequado das variações causadas somente pelo organismo em questão. Caso tais correções não sejam realizadas, as avaliações seriadas no tempo devem ser realizadas em ambiente com temperatura controlada, o que dificulta a execução do exame com animais, especialmente os de grande porte.

## 1.2 Objetivos

### *Objetivo Geral*

Propor uma metodologia de avaliação e análise de termografia voltada para as necessidades da rotina e pesquisa sobre clínica médica de equinos, que forneça resultados consistentes tanto para o direcionamento de diagnósticos de afecções musculoesqueléticas, quanto para avaliação da evolução de quadros clínicos e tratamentos ao longo do tempo.

### *Objetivos Específicos*

- Apresentar os procedimentos necessários para a realização de um exame termográfico adequado;
- Ilustrar os artefatos que ocorrem caso tais procedimentos não sejam seguidos;
- Orientar sobre como avaliar qualitativamente uma termografia de equino;
- Propor um novo método de termografia quantitativa;
- Demonstrar com dados reais de cavalos saudáveis o efeito da aplicação do novo método proposto;
- Apresentar aplicações do novo método proposto na clínica médica e cirúrgica de equinos
- Propor uma escala de classificação de inflamação em função da experiência com a aplicação do novo método quantitativo.

## 1.3 Premissas

O presente trabalho apresenta o conjunto de premissas, a saber:

- Animais hígdidos apresentam perfil de temperatura homogêneo e simétrico entre os metâmeros superficiais do corpo;
- A superfície corpórea se encontra em constante troca de calor com o meio ambiente, a qual é função do gradiente de temperatura entre a superfície e o meio;
- Afecções inflamatórias cutâneas, musculares, tendíneas, ligamentares ou de estruturas articulares podem promover alterações de perfusão locais, as quais são refletidas como mudanças na temperatura superficial regional;
- Toda inflamação superficial se reflete em uma alteração termográfica, porém nem toda alteração termográfica é decorrente de uma inflamação superficial;
- Inflamações em estruturas profundas ou cobertas por grandes massas musculares podem não promover alterações de temperatura superficiais.

#### 1.4 Hipóteses

- Mudanças na temperatura ambiente podem promover alterações no gradiente de troca de calor com a superfície corpórea, podendo modificar a distribuição de temperatura local;
- Para se estudar a dinâmica de um dado termograma ao longo do tempo, é necessária a exclusão do efeito das mudanças na temperatura ambiente sobre tal superfície.

#### 1.5 Abrangência de utilização

Este estudo pode ser aplicado na rotina da clínica médica e cirúrgica de equinos, utilizando-se os procedimentos de execução e análise qualitativa de termografias, assim



como no meio científico, utilizando-se o método proposto de termografia quantitativa para avaliações de afecções musculoesqueléticas e validação da eficácia de fármacos.

#### 1.6 A inovação e o inédito

A inovação consiste na proposição de um método quantitativo de padronização das temperaturas em relação às variações da temperatura ambiente, de forma a se eliminar os efeitos ambientais sobre a superfície corpórea e não restringir a execução do exame termográfico a locais de temperatura controlada.

O inédito será apresentado sob a forma de validação do método proposto com um estudo em cavalos hígidos e a proposição de uma escala de classificação da inflamação de extremidades.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

Termografia é um método de diagnóstico que representa as temperaturas da superfície de um corpo na forma de regiões isotérmicas em imagens de mesma cor. Apesar de ser um método de imagem de superfícies anatômicas, como a ultrassonografia e a radiologia, sua forma de detecção conceitualmente se aproxima dos princípios da cintilografia, já que detecta com grande sensibilidade os estados inflamatórios. Trata-se de uma ferramenta capaz de evidenciar afecções com quaisquer tipos de alteração de perfusão sanguínea, tais como inflamações, tumores, fibroses, neuropatias ou isquemias. Permite o diagnóstico de problemas relacionados a tendões, ligamentos, articulações, músculos e ossos, desde que os últimos sejam cobertos por fina musculatura (CETINKAYA & DEMIRUTKU, 2012).

A interpretação de termogramas se baseia na leitura de padrões de contraste. Desde que se conheça previamente o padrão de distribuição de cores/temperaturas fisiológico para determinada região, a identificação de alterações pode ser feita pela localização de zonas quentes (*hot spots*) e zonas frias (*cold spots*). Estes *spots* são regiões delimitadas com temperatura superior (*hot spots*) ou inferior (*cold spots*) ao que se espera encontrar para tal superfície. Portanto, não existe uma regra de temperatura para esta classificação. É fundamental conhecer previamente o padrão normal regional para que se possa de fato identificar padrões de alteração (TURNER, 2003).

O termógrafo é um equipamento que realiza a leitura de ondas eletromagnéticas de frequências infravermelhas emitidas pela superfície de um corpo (EDDY et al., 2001). O calor é uma forma de energia transportada por este tipo de onda, portanto pode ser avaliado por câmeras termográficas de detecção infravermelha. Já a temperatura é uma grandeza física que representa o calor.

Ao se realizar um exame termográfico, torna-se essencial adotar procedimentos rigorosos para a avaliação do paciente. Por se tratar de um equipamento de alta sensibilidade (HEAD et al., 1999; WEINSTEIN, 1984; HERRICK & HERRICK, 1987; CHAN et al., 2004), o clínico deve sempre estar atento à possibilidade de ocorrência de falsos positivos.

## 2.1 Histórico

A vida é universalmente relacionada ao calor do corpo nos mamíferos. Desta forma, associa-se que temperaturas moderadas são relativas a condições sadias e temperaturas elevadas fazem referência às doenças (ANBAR et al., 1998). Esta relação entre altas temperaturas e afecções já era bem conhecida desde os primórdios da medicina (RING, 2004).

Hipócrates (460-379 A.C.) e seus seguidores, em *O Livro dos Prognósticos*, foram os primeiros a enfatizar a importância da aferição da temperatura na avaliação de enfermos. Ele avaliava a temperatura de seus pacientes utilizando somente as mãos (ANBAR et al., 1998). Além disso, Hipócrates relatou ter diagnosticado um tumor aplicando argila úmida sobre o corpo do paciente e localizando o local em que a argila secava mais rapidamente (RING, 2004).

Meio milênio após, os trabalhos de Galeno (130-210 D.C.) elucidaram que o calor do corpo era gerado pela biocombustão dos alimentos (ANBAR et al., 1998).

Após a Idade das Trevas, Galileu Galilei desenvolveu o primeiro termoscópio em 1595, um termômetro de bulbo sem escala de temperatura definida, que foi utilizado por Santorio Sanctorius, que verificou as variações de temperatura do corpo em condições saudáveis e de doença (ANBAR et al., 1998; BAR-SELA, 1986; WINSOR & WINSOR, 1985).

Logo após a introdução das escalas de temperatura de Celsius e Fahrenheit, em 1740, George Martine publicou os padrões de temperatura de humanos (BAR-SELA, 1986; WINSOR & WINSOR, 1985).

O termômetro clínico foi desenvolvido em 1898 por Carl Wunderlich (BAR-SELA, 1986), o qual publicou *As Temperaturas nas Doenças*, em que comparou as temperaturas de indivíduos saudáveis e doentes. Wunderlich foi deixado ao ostracismo por seus contemporâneos por ter publicado um trabalho considerado antiético em relação aos seus pacientes. Desta forma, as medidas de temperatura como um sinal vital na prática da clínica médica foram deixadas de lado por muitos anos (RING, 2004).

Em 1930, Knaus reapresentou a temperatura como um importante método de diagnóstico clínico, porém somente em 1952 o seu estudo e importância atingiram abrangência consistente entre os médicos (ANBAR et al., 1998).

Em 1934, Hardy demonstrou que a pele humana emite radiação infravermelha assim como um corpo negro (RING, 1990; WINSOR & WINSOR, 1985).

O desenvolvimento das tecnologias de detecção de infravermelho ocorreu durante a Segunda Guerra Mundial e se tornou disponível para a Medicina no final da década de 1950 (BAR-SELA, 1986; RING, 2004). Em 1957, Lawson estabeleceu o campo da termografia médica (WINSOR & WINSOR, 1985). Este evento marcou a era da termometria moderna.

O primeiro instrumento se chamava *Pyroscan*, o qual foi utilizado para avaliar o calor de articulações com artrite. Cada imagem levava muitos minutos para ser realizada e era praticamente impossível de se quantificar as temperaturas (WINSOR & WINSOR, 1985).

Durante as décadas de 1960 e 1970, utilizou-se sistemas de cristal líquido para a detecção remota de ondas infravermelhas (ANBAR et al., 1998; RING, 2004). Apesar de serem equipamentos mais leves e portáteis, a necessidade de colocar o cristal em contato com a pele dificultava as avaliações e as tornava pouco reprodutíveis. Além disso, o cristal líquido apresentava baixa sensibilidade e pouca resolução de imagem (ANBAR et al., 1998).

A termografia nos moldes de hoje nasceu em 1970, quando minicomputadores se conectaram aos sensores infravermelhos para o processamento das imagens. Nas últimas décadas, as melhorias no poder dos processadores, na portabilidade, na resolução das telas e nos componentes eletrônicos tornou estes elementos cada vez menores e mais baratos (RING, 2004; WU, 2007).

O histórico e o estado das pesquisas com termografia veterinária foi publicado por PUHORIT et al. (2003). Entre as décadas de 1960 e 1970, muitos estudos investigaram o valor da termografia infravermelha (IV) na medicina veterinária (CLARK & CENA, 1977; DELAHANTY & GEORGI, 1965; SMITH, 1964). STROMBERG, (1971) e STROMBERG & NORBERG, (1971) utilizaram a termografia para diagnosticar inflamação de tendões flexores digitais superficiais em cavalos de corrida. Eles detectaram

e documentaram a inflamação do tendão cerca de duas semanas antes dos animais apresentarem claudicação diagnosticável por avaliação clínica.

PUROHIT et al. (1977) estabeleceram o primeiro protocolo para se determinar os padrões normais de temperatura de membros de cavalos sadios e também de outras partes do corpo. Este protocolo também foi utilizado para detecção prematura de inflamações em cavalos e outras espécies.

A grande dificuldade das pesquisas iniciais com cavalos estava relacionada aos equipamentos disponíveis na época, grandes e pesados quando comparados aos atuais, de baixa resolução e lentidão na obtenção dos dados (WU, 2007). Os pesquisadores também tinham conhecimento do alto grau de sensibilidade deste novo método diagnóstico, mas ainda faltavam estudos que demonstrassem os efeitos de variáveis de interferência tais como o comprimento dos pelos e variações de temperatura ambiente nos resultados obtidos.

## 2.2 Termografia como método diagnóstico na medicina

A medicina esportiva e a ortopedia são as áreas médicas que há mais tempo se utilizam da termografia como auxílio diagnóstico não-invasivo. Portanto, é interessante observar as principais aplicações da termografia nestes setores.

LAWSON & CHUGHTAI (1963), dois importantes cirurgiões da Universidade McGill, publicaram um estudo demonstrando que o aumento regional de temperatura da pele de mamas com tumor era devido ao efeito de congestão venosa.

Em uma revisão de literatura, HEAD et al. (1999) investigaram a sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo da mamografia e termografia em casos de tumor de mama. O desempenho médio relatado para a mamografia foi de 86% de sensibilidade, 79% de especificidade, 28% de valor preditivo positivo e 92% de valor preditivo negativo. Para a termografia infravermelha, os valores médios relatados foram de 86% de sensibilidade, 89% de especificidade, 23% de valor preditivo positivo e 99,4% de valor preditivo negativo.

O incremento de temperatura devido à vasodilatação promovida pela liberação das citocinas torna a termografia o método não-invasivo mais rápido para avaliação da inflamação (RING & AMMER, 2008). Isto significa que este método é aplicável para a avaliação ao longo do tempo, especialmente na verificação da eficácia de fármacos ou outras terapias.

De forma a se conhecer melhor a dinâmica das temperaturas na inflamação, RING & COLLINS (1970) propuseram um método de termografia quantitativa baseada em um índice térmico. O Índice Térmico (IT) era calculado pela média das temperaturas em uma determinada área de controle em relação à uma temperatura fixa, geralmente a menor leitura de todas as avaliações. Desta forma, eles conseguiram avaliar os graus de inflamação de diversas condições inflamatórias articulares, concluindo que as artrites infecciosas eram as mais severas e as artrites inflamatórias, as mais moderadas.

Uma das condições mais frequentes que se desenvolve secundariamente a lesões locais ou sobrecarga muscular é a síndrome da dor miofascial (SDM). O diagnóstico



convencional é realizado pela palpação de pontos-gatilho (*trigger points*). Estes pontos, além de indicarem dores locais, podem se referir também a dores em estruturas remotas, por meio da biomecânica tendino-muscular (COHEN, 2007). FISHER (1984) descreveu a imagem típica da termografia dos pontos-gatilho em humanos. Ele indicou que tais pontos consistem em áreas em formato de disco, com diâmetro entre 5-10 mm e elevação local de temperatura. Notou ainda que estes pontos se correlacionavam com os pontos de dor pela palpação local.

A termografia tem sido proposta como um método seguro, econômico e efetivo de se diagnosticar dores lombares (COHEN, 2007). Seu uso foi citado pela primeira vez por ALBERT et al. (1964). WEINSTEIN (1984) reportou que a termografia apresenta 95% de exatidão (*accuracy*) na detecção das lombalgias, sendo que a tomografia computadorizada apresentou 85%, eletromiografia apresentou 90% e a mielografia, 66% de exatidão.

As lesões por esforços repetitivos podem apresentar sintomas diversos, poucos sinais físicos e baixa possibilidade de documentação objetiva (HADLER, 1992). Como as observações clínicas sugerem que a LER promove alterações vasomotoras, SHARMA et al. (1997) estudaram as alterações termográficas promovidas em pacientes com a síndrome após um período de digitação. Notaram que os pacientes que apresentaram dor após o esforço obtiveram redução nas temperaturas médias das falanges acometidas. Os autores declararam que a redução de temperatura local (*cold spots*) em episódios de dor crônica poderia estar relacionada a uma atuação exacerbada do sistema nervoso simpático, como resultado da estimulação de nociceptores e mecanorreceptores pelo reflexo da dor neuropática.

A termografia tem sido usada para se obter dados objetivos da resposta ao tratamento de artrites aos antiinflamatórios. DIEPPE et al. (1980) utilizaram a termografia para avaliar as mudanças de temperatura em joelhos com osteoartrite tratados com corticóides intrarticulares. Eles avaliaram vinte pacientes e encontraram redução significativa de temperatura após uma semana do tratamento.

VARJU et al. (2004) estudaram a correlação entre o grau de severidade das osteoartrites interfalângicas verificadas por radiografia em relação às alterações locais de temperatura. Constataram que, quanto maior o incremento local de temperatura, maiores são as alterações radiográficas verificadas.

A termografia é uma ferramenta muito útil na documentação objetiva de disfunções sensoriais e simpáticas de nervos periféricos. BRELSFORD & UEMATSU (1985) documentaram as mudanças de temperatura resultantes de bloqueios anestésicos em macacos *Rhesus*. Os autores demonstraram que ocorre um aumento na temperatura da pele nas áreas com alteração da função simpática. Isso ocorre porque, ao se injetar lidocaína perineural, promove-se um bloqueio químico temporário do nervo e, conseqüentemente, a anulação dos efeitos simpáticos de vasoconstrição local. A vasodilatação resultante se reflete como um incremento de temperatura da pele, o qual pode ser avaliado qualitativa e quantitativamente.

A confiabilidade do diagnóstico de síndromes compressivas por termografia tem sido avaliada em pacientes com lesão de nervos periféricos por síndrome do túnel do carpo e neuropatia ulnar no cotovelo. HERRICK & HERRICK (1987) compararam os resultados

de termografia e eletromiografia na síndrome de túnel do carpo. Eles relataram que a termografia apresentou 100% de sensibilidade e 97% de especificidade, quando comparada à eletromiografia (adotada como padrão ouro).

A razão para que ocorra alteração de temperatura nas síndromes compressivas é que, como as fibras simpáticas são muito finas e desmielinizadas, elas são muito vulneráveis às lesões mecânicas. Ao se danificarem, anulam o tônus vasomotor permitindo a vasodilatação local e, conseqüentemente, promovem o aumento de temperatura local (MING et al., 2005).

Existem muitas explicações para a patogenia destas afecções, porém uma das teorias mais aceitas está ligada à presença de uma neuropatia autônoma (simpatectomia). Esta condição promove um incremento considerável no fluxo sanguíneo do membro afetado, resultando em uma osteopenia que enfraquece os ossos localmente (COHEN, 2007). Esta síndrome está geralmente associada a pacientes com *diabetes mellitus*.

A termografia tem sido utilizada como método diagnóstico remoto da febre em pacientes com SARS, especialmente em locais com grande aglomeração de pessoas, tais como os aeroportos. CHAN et al. (2004) avaliaram o uso da termografia na detecção de indivíduos com febre. Os autores concluíram que as avaliações realizadas a 50 cm do rosto dos pacientes apresentavam uma sensibilidade de 83% e especificidade de 88%, quando comparadas ao termômetro clínico convencional.

### 2.3 Aplicação da termografia na clínica médica de equinos

Apesar de a termografia ter sido utilizada inicialmente na área médica por Lawson em 1957, STROMBERG (1971) publicou o primeiro trabalho com termografia em cavalos para a avaliação do tendão flexor digital superficial em cavalos de corrida. Desde então, a clínica médica de equinos tem utilizado este método em diversas áreas tais como ortopedia, fisiologia do exercício, dermatologia e reprodução, atuando como uma ferramenta auxiliar de avaliação clínica, aplicada mesmo antes de outras modalidades de diagnóstico por imagem.

RANTANEN (2010) afirma que a termografia é uma ferramenta efetiva de imagem, que fornece informações relevantes sobre regiões inflamadas que possuem incremento de perfusão sanguínea. Ela deve ser utilizada como um equipamento de avaliação clínica dos cavalos, pois fornece subsídios para investigações mais apuradas e melhor localizadas.

O termograma médico é a representação da temperatura da pele, portanto é útil para a detecção da inflamação. Apesar de a termografia medir somente a temperatura da pele, ela é capaz de refletir alterações na circulação de tecidos mais profundos. A habilidade de avaliar as alterações de forma não-invasiva torna a termografia a melhor ferramenta de diagnóstico e prognóstico das condições de claudicação nos cavalos (TURNER, 1998).

PUROHIT & MCCOY (1980) foram os primeiros pesquisadores a avaliar a aplicabilidade da termografia na identificação de processos inflamatórios em cavalos. Em seu estudo, examinaram seis equinos antes e após o exercício, nove equinos com processos inflamatórios agudos e, posteriormente, verificaram a atuação de drogas anti-inflamatórias no

controle de inflamações induzidas quimicamente. Concluíram que a termografia foi eficaz no diagnóstico de subluxações de vértebras lombares, abscessos de sola, abscessos alveolares, laminites, artrites e tendinites. Verificaram ainda que a termografia foi útil na avaliação qualitativa e quantitativa da eficácia de antiinflamatórios.

VADEN et al. (1980) afirmaram que a termografia é capaz de identificar osteoartrites subclínicas. Eles estudaram vinte cavalos de corrida não claudicantes por seis semanas e verificaram que cinco dos cavalos que apresentavam baixo rendimento apresentavam alterações de temperatura no tarso. TURNER et al. (2001) verificaram em seu estudo com cavalos de corrida que a termografia é capaz de indicar uma lesão inflamatória cerca de duas semanas antes dos animais apresentarem claudicação ou dor à palpação.

A inflamação pode ser avaliada também ao longo do tempo e de forma quantitativa. BASILE et al. (2010a) estudaram a evolução de um quadro inflamatório induzido no membro torácico de três equinos durante 150 horas. Observaram que a temperatura máxima da região inflamada apresenta temperatura com comportamento dinâmico oscilatório e autolimitante no tempo.

CETINKAYA & DEMIRUTKU (2012) avaliaram o poder diagnóstico da termografia em comparação à radiografia e ultrassonografia do diagnóstico de tendinite, efusão articular, tenossinovite, lombalgia, e infecções de tecido conjuntivo. Concluíram que a termografia pode ser um método diagnóstico de alta sensibilidade nestes casos, desde que seja operada por um profissional experiente e cuidadoso.

A prevalência de problemas de coluna em equinos foi reportada como sendo de 0,9% por TURNER (2010). Além disso, os sinais clínicos podem ser variados, como claudicação, dor à palpação ou simplesmente atitudes de autoproteção, tais como execuções insatisfatórias de certos movimentos. A termografia apresenta sensibilidade de 98,5% na detecção de lombalgias (TURNER, 2010).

FONSECA et al. (2006) estudaram a aplicabilidade do exame termográfico associado à ultrassonografia na localização e caracterização de lesões de coluna em cavalos Quarto de Milha. Concluíram que os métodos se complementaram de forma satisfatória na identificação de desmites supraespinhosas, desmites interespinhosas, osteoartrite dorsal intervertebral e contato dos processos espinhosos (*kissing spines*).

Casos clínicos e induzidos de Síndrome de Horner por meio da transecção do tronco vago-simpático em cavalos foram reportados por PUROHIT et al. (1980). Os pesquisadores analisaram termogramas faciais antes e 15 minutos após o exercício e relataram que o lado afetado se encontrava entre 2 e 3°C mais quente que o lado sadio. Este aumento de temperatura após a denervação reflete um incremento no fluxo sanguíneo local como resultado da vasodilatação por perda do tônus simpático local. O padrão de temperatura aumentada se manteve presente durante 6-12 semanas após a denervação.

Estudos termográficos realizados em membros torácicos e pélvicos que passaram por neurectomia refletiram um incremento significativo de temperatura nas áreas que eram previamente supridas pelos nervos (PUROHIT, 1980). Em cerca de 3-6 semanas, ocorreu

um reajuste da perfusão local, tornando-se difícil diferenciar regiões com neurectomia das demais.

BASILE et al. (2012a) acompanharam um caso de lesão medular na região lombossacra de um equino durante 150 dias. Observaram que a região lombar referente aos nervos lesionados se apresentou mais quente cerca de 2,1°C em relação à mesma região contralateral e que, após o período de tratamento e recuperação do animal, ambas regiões voltaram a ter o mesmo padrão de distribuição de temperaturas (diferença de 0,2°C).

Estudos realizados para detecção de neurectomias químicas (VAN HOOGMOED & SNYDER, 2002) e anestésias perineurais (HOLMES et al., 2003) impulsionaram o uso da termografia no controle antidoping das competições equestres oficiais (WEBBON, 2002).

O novo regulamento da Federação Equestre Internacional (FEI Veterinary Regulations 12th ed., janeiro de 2012, Anexo XI) propõe uma nova metodologia de exame de hipersensibilidade de membros para os veterinários delegados. O procedimento orienta que os quatro membros dos cavalos devem ser examinados por termografia antes mesmo do exame clínico, tanto durante o período de descanso nas baias quanto logo após o término de sua prova. Os clínicos devem ficar atentos a assimetrias de temperatura entre os membros contralaterais e presença de regiões de alta ou baixa temperatura. Sempre após o exame termográfico, os membros devem ser palpados com o objetivo de se identificar possíveis regiões dolorosas. A presença de assimetrias de imagem (>1°C) entre mesmas regiões de membros contralaterais, pontos quentes (*hot spots*), frios (*cold spots*) ou região dolorosa desclassificam o animal na competição.

A termografia pode ser útil na identificação de mudanças anormais de temperaturas superficiais causadas por danos musculares, mas apresenta valor limitado no diagnóstico de lesões profundas. As avaliações dos grupamentos musculares devem ser feitas de forma cuidadosa, utilizando-se sempre o lado contralateral para comparação. Inflamações musculares são vistas como *hot spots* na pele diretamente acima do músculo afetado. Os pontos mais comuns de esforço (*strain*) identificados na termografia incluem o m. longuíssimo dorsal, a origem ou o corpo do m. glúteo médio, a inserção dos mm. glúteos no terceiro trocanter ou trocanter maior do fêmur, o m. bíceps femural, m. semitendinoso, m. semimenbranoso e m. adutor da coxa (VALBERG, 2006).

COSTA et al. (2011) avaliaram a temperatura média dos músculos da garupa de cavalos submetidos à prova de Cross-Country durante 24 horas. Observaram que houve um incremento de 4,30°C nos músculos 30 minutos após o término da prova e que a temperatura retornou ao estado inicial 24 horas após a prova.

Em um estudo de avaliação das variações de temperatura dos membros provocadas pelo exercício, SIMON et al. (2006) avaliaram 6 cavalos em esteira rolante nos tempos 0, 5, 15, 45, 60 minutos e 6 horas após o término do esforço. Concluíram que a temperatura dos membros retornou ao normal 45 minutos após o término do exercício.

BERKMAN et al. (2011) avaliaram as temperaturas da face, pescoço, quartela e casco (coroa, parede e sola) de cinco equinos Puro Sangue Árabes em exercício progressivo controlado pela lactatemia. As temperaturas foram medidas antes, durante o aquecimento, *sprint* e desaceleração dos animais em esteira rolante. Houve redução das temperaturas das



regiões da face, pescoço e quartela após o exercício e diminuição das temperaturas da parede coroa e sola do casco durante o exercício, enquanto que a temperatura da manta de rolamento da esteira não se alterou em nenhum momento. Constatou-se indiretamente que a perfusão sanguínea do casco diminuiu durante o teste de esforço, tanto em sua fase aeróbia quanto anaeróbia. A temperatura do casco, diminuída como decorrência fisiológica do esforço físico, retornou aos valores normais ao final do exercício.

TURNER et al. (2004) utilizaram mantas de pressão e termografia para avaliar o ajuste de sela nos equinos. Eles afirmaram que a termografia é um método rápido e objetivo de se avaliar o ajuste da sela nas costas dos cavalos, por mostrar além da temperatura de contato, possíveis efeitos da interação entre as superfícies. Durante o exame, o avaliador deve buscar por assimetrias entre os lados de contato da sela, logo após o cavalo ter sido exercitado juntamente com o cavaleiro.

As afecções de casco e os efeitos do uso de ferraduras podem ser avaliados de forma satisfatória e rápida utilizando-se a termografia (MERRIAN, 2003). BATHE et al. (2007) descreve que a banda coronária é a região mais quente do casco, o qual se torna progressivamente mais frio em direção ao solo. Os bulbos do talão são regiões quentes também e na vista solar, o sulco da ranilha aparece mais quente por haver um tecido córneo mais fino nesta área.

Uma forma de acompanhar a evolução dos tratamentos fisioterápicos e de acupuntura, especialmente nos casos que envolvem dor, se faz por avaliações termográficas ao longo do tempo. A dor é uma variável subjetiva e difícil de ser documentada em animais.

Desta forma, a avaliação da dinâmica das temperaturas fornece informações objetivas relevantes de uma forma rápida e não-invasiva (ROSENBLUM et al., 2007).

BASILE (2012) relatou um caso de tratamento de lesão medular em equino com acupuntura e laserpuntura durante 150 dias. A termografia permitiu acompanhar a evolução do quadro mesmo depois do desaparecimento de sinais de dor e ataxia, evidenciando o momento em que de fato o animal se curou.

Um estudo de diagnóstico de dermatite por picada de insetos foi realizado por BRAVERMAN (1989) em 19 cavalos em Israel, durante as estações de verão e inverno. O pesquisador considerou o termógrafo uma ferramenta de fácil detecção das lesões de pele, auxiliando no diagnóstico precoce dos animais acometidos.

BOWERS et al. (2009) pesquisaram a aplicabilidade da termografia na detecção de gestação tardia (> 292 dias) em éguas. Para tanto, utilizaram 10 éguas prenhes e compararam a temperatura do flanco e da cernelha com a temperatura de 17 éguas vazias. Concluíram que as éguas prenhes apresentavam cerca de 2°C a mais tanto no flanco quanto na cernelha, indicando que a termografia também pode ser um método para avaliação de gestação tardia em éguas.

MITCHELL (2009) expôs na 56<sup>a</sup> Convenção Anual da AAEP que a termografia é uma ferramenta importante no exame de compra de cavalos de esporte, pois é capaz de detectar precocemente a presença de lesões nos membros e coluna. É um método de

avaliação inicial, que pode direcionar exames mais detalhados como a radiografia e o ultrassom de forma objetiva e sistemática, otimizando a avaliação do animal.

### 2.3.1 Análise qualitativa de termogramas de equinos

As termografias fornecem informação rápida e relevante sobre a localização das lesões. É possível se aplicar este método para avaliar afecções dos cascos, articulações, ossos longos com pouca cobertura muscular, tendões, ligamentos, músculos superficiais e coluna vertebral (TURNER, 2003).

A termografia pode fornecer informações sobre laminite, dor a sola do casco, abscessos subsolares ou submurais, hematomas e outras condições inflamatórias do casco, especialmente quando os resultados da clínica e da radiografia são inconclusivos (PUROHIT & MCCOY, 1980; TURNER et al., 1983; STROMBERG, 1974).

Normalmente, a banda coronária é a zona mais quente (Figura 1), dificultando o diagnóstico de problemas nesta área. Todos os cascos devem ser comparados entre si. Uma diferença maior que 1°C entre eles pode ser significativa (PUROHIT & MCCOY, 1980).

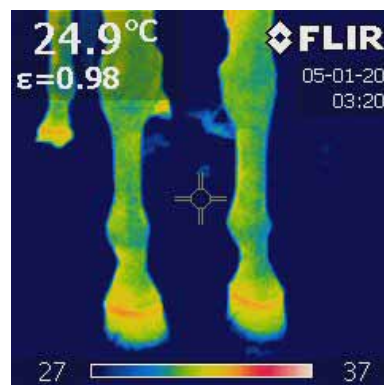


Figura 1 – Padrão termográfico de cascos de equinos saudáveis.

Mudanças difusas no padrão térmico da parede do casco são úteis no diagnóstico da laminite. Em geral, a parede do casco passa a ter temperaturas próximas as da banda coronária, indicando que há um problema inflamatório. A termografia pode ser útil na avaliação do risco de se desenvolver laminite por compensação de esforço quando o membro contralateral está sendo poupado, pois é possível detectar a inflamação mesmo antes de haver claudicação (TURNER, 2003).

Afecções focais (Figura 2) tais como abscessos, hematomas, equimoses e síndrome do navicular se caracterizam por incremento localizado de temperatura nos cascos.

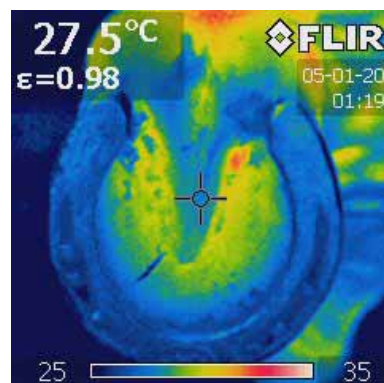


Figura 2 – Evidência de lesão focal de sola de casco de equino próxima ao sulco da ranilha.

Os problemas no osso navicular são evidenciados pelo aumento de temperatura na vista palmar/plantar, entre os bulbos do talão (Figura 3).

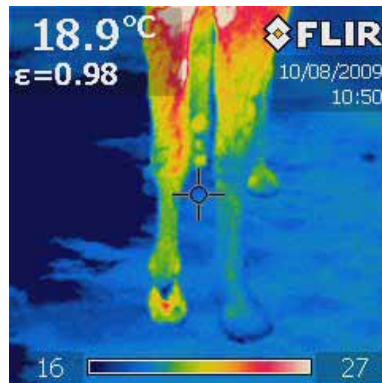


Figura 3 – Termografia palmar dos membros torácicos de equino evidenciando a síndrome do navicular no casco do membro torácico esquerdo (MTE).

A maioria das articulações é melhor avaliada por seu aspecto dorsal (STROMBERG, 1974; VADEN et al., 1979). Uma articulação normal geralmente é fria quando comparada com as estruturas circundantes, porém o jarrete possui uma área vertical com aumento de temperatura que corresponde à veia safena. Com inflamação, uma região oval ou circular se destaca pelo aumento de temperatura (Figura 4). As regiões de inserção de cápsula costumam ser mais quentes, porém o centro das articulações são geralmente mais frios. Isto pode ser resultado de inchaço ou pressão do fluido intrarticular, dificultando a perfusão local.

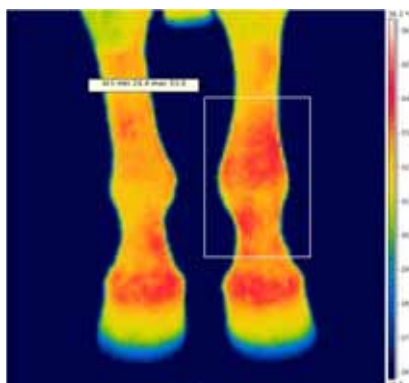


Figura 4 – Termografia dorsal de membros torácicos de equino com artrite induzida no boleto do MTE após injeção de solução com lipopolissacarídeo.

A termografia pode não ser confiável na detecção de lesões articulares, pois a temperatura articular é influenciada pela cronicidade e mudanças inflamatórias provocadas pelo grau de dano da cartilagem e pela presença ou ausência de fragmentos osteocondrais. Porém, os padrões térmicos articulares se alteram cerca de 2 semanas antes de ocorrer claudicação devido à osteoartrite (VADEN et al., 1979).

Um osso deve ter pouca cobertura muscular para poder interferir na temperatura da pele (GOODMAN et al., 1985). A termografia é útil para avaliação de fraturas por esforço do rádio ou da tíbia ou microfraturas por estresse no terceiro osso metacarpiano - doença dorsal do metacarpo DMD ("dor de canela").

A DMD pode ser descrita em três graus de severidade (NORWOOD & HAYNES, 1982). O grau 1 é caracterizado por dor à palpação sem nenhuma alteração visível radiograficamente. O grau 2 é caracterizado por dor e evidência radiográfica de calo subperiosteal. O grau 3 é caracterizado por dor e evidência radiográfica de fratura. Termograficamente, os graus 1 e 2 são visualizados por um aumento localizado de temperatura de 1-2°C. Já o grau 3 possui uma área maior e mais difusa de aumento de 2-3°C, geralmente visível também nas projeções laterais e mediais, além da dorsal.

Tendões flexores normais possuem zonas elípticas isotérmicas simétricas bilateralmente (STEIN et al., 1988; STROMBERG, 1973). As regiões centrais dos aspectos palmares e plantares são mais frias cerca de 1°C em relação às áreas de contato com os ossos, devido à proximidade com os vasos sanguíneos.

Tendinites aparecem como áreas de aumento de temperatura em torno do local da lesão (Figura 5), que podem ser evidenciadas até duas semanas antes do aparecimento de dor e inchaço (STROMBERG, 1973). Durante o processo de resolução da tendinite, observa-se ainda a presença de uma região com incremento de temperatura, porém com um padrão de distribuição mais uniforme.

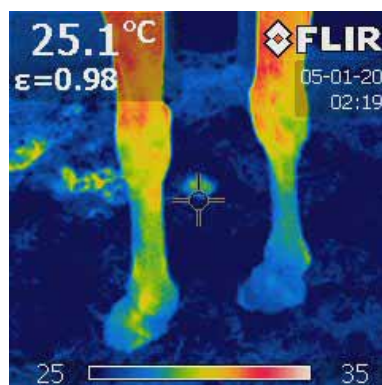


Figura 5 – Foco de aumento de temperatura no terço proximal dos tendões flexores do membro torácico esquerdo de equino.

Lesões nos ligamentos têm aspecto análogo às tendinites, porém com alterações de temperatura mais localizadas em torno da área danificada. Porém, as desmites do ligamento suspensor do boleto estão associadas à uma região de aumento de temperatura próxima à porção proximodorsal do terceiro osso metacarpiano/metatarsiano (Figura 6). A termografia pode ainda auxiliar na detecção se a inflamação do ligamento suspensor está associada à uma exostose do segundo ou quarto osso metacarpiano.

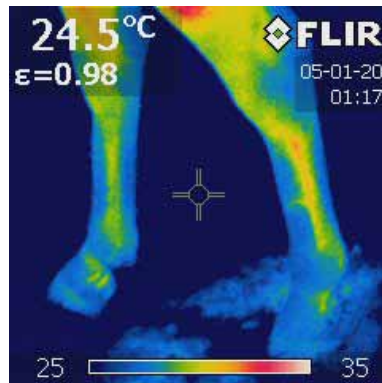


Figura 6 – Aumento de temperatura sobre o ligamento suspensor do boleto próximo à articulação tarso-metatarsica de equino.

A identificação de músculos danificados pode ser difícil clinicamente. A termografia pode auxiliar na localização da área inflamada ou ainda identificar atrofia antes destas serem aparentes clinicamente (TURNER, 1989).

A inflamação de um músculo pode ser identificada como sendo uma área de incremento de temperatura da pele imediatamente acima do grupo muscular afetado (Figura 7). Raramente, inchaço e edema dos músculos afetados são severos o suficiente para inibir o fluxo sanguíneo local. Neste caso, o músculo seria visualizado por uma área de diminuição de temperatura. O lado contralateral deve ser utilizado para comparação (TURNER, 1989).



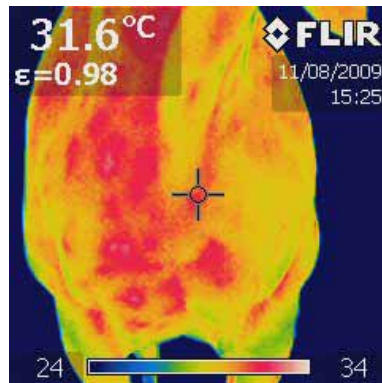


Figura 7 – Incremento de temperatura sobre o músculo peitoral descendente de equino devido à ruptura de seu tendão de origem.

A causa mais comum de dano muscular é o estiramento das fibras. A classificação como primeiro, segundo e terceiro grau de estiramento descrita para atletas humanos tem sido aplicada aos cavalos (TURNER, 1989). Estiramentos não têm sido documentados nos músculos do membro torácico, apesar de já terem sido identificados no músculo peitoral e extensor do ombro (TURNER, 2003). As miopatias de garupa são mais frequentes (Figura 8). Os músculos mais afetados são: m. longuíssimo dorsal, a origem ou o corpo do m. glúteo médio, a inserção dos mm. glúteos, o m. bíceps femural, m. semitendinoso e m. semimenbranoso.

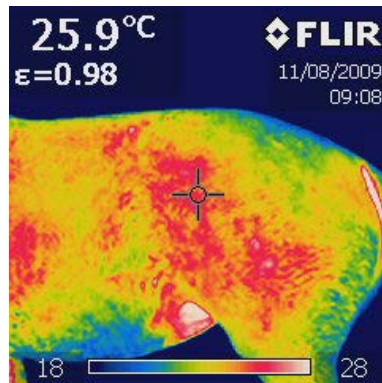


Figura 8 – Miosite provocada por queda de equino evidenciada pelo incremento de temperatura sobre a região dos músculos quadríceps femoral, bíceps femoral e tensor da fáscia lata.

As lesões na coluna vertebral são caracterizadas por regiões de aumento de temperatura, diminuição de temperatura ou assinaturas radiculares (Figura 9). Os resultados da termografia podem sugerir a necessidade de radiografia se há suspeita de luxação, subluxação ou fratura (TURNER, 2003).

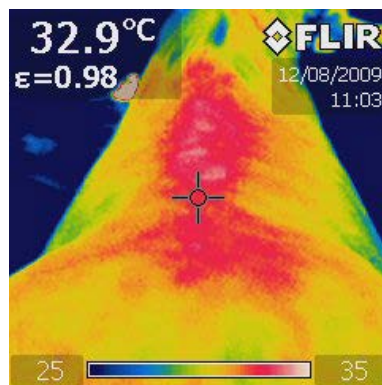


Figura 9 – Incremento de temperatura sobre as vértebras torácicas, lombares e sacras de equino com presença de assinaturas radiculares sobre a garupa de equino (zonas quentes ao longo dos nervos periféricos).

A avaliação termográfica é realizada de uma plataforma acima do animal, que possa visualizar as regiões torácica, lombar e sacra do animal. As lesões na coluna geralmente

aparecem como alterações ao longo da linha média. Imagens laterais do pescoço são utilizadas para avaliar as vértebras cervicais.

Assinaturas radiculares são linhas de alteração térmica que acompanham o encaminhamento dos nervos que saem da coluna. Elas teoricamente ocorrem devido à irritação de nervos simpáticos. Elas podem envolver um tronco simpático completo de um dos lados, provocando aumento de temperatura local, tal como se observa na Síndrome de Horner (PUROHIT et al., 1980).

As subluxações sacroilíacas estão associadas a um padrão térmico característico, com uma área focal de diminuição de temperatura entre as duas tuberosidades sacrais. Este evento se correlaciona com evidências ultrassonográficas de dano ao ligamento sacroilíaco (TOMILINSON, 2000).

#### 2.4 Métodos de termografia quantitativa existentes na literatura

A termografia quantitativa é uma proposta de análise dos dados do termograma que fornece informações objetivas no acompanhamento de afecções e tratamentos ao longo do tempo. O primeiro trabalho nesta área foi publicado por RING & COLLINS (1970), e desde então, o número de estudos em publicações vêm crescendo tanto na área de medicina quanto na medicina veterinária, especialmente no setor de equinos.

A imagem de um termograma é composta por um conjunto de pixels os quais armazenam em si a temperatura correspondente à superfície do corpo. Essa matriz de temperaturas pode ser utilizada de várias formas para se extrair a informação ali presente.

Muitos pesquisadores propuseram metodologias de análise dos dados, algumas das quais serão descritas neste trabalho. COLLINS et al. (1974) propuseram o Índice Termográfico para comparação dos dados ao longo do tempo. O índice consistia em um somatório das variações entre a temperatura de interesse  $T_i$  e uma constante de  $26^{\circ}\text{C}$  multiplicado pela área da isoterma  $A_i$ , dividido pela área total do termograma  $A_t$ . O índice proposto não apresenta significado físico, portanto se torna uma grandeza difícil de ser compreendida e sem correlação direta com a dinâmica real de evolução das temperaturas. Além disso, os autores não explicam o porquê de se utilizar o valor de  $26^{\circ}\text{C}$  como temperatura de referência para cálculo das variações.

$$IT = \sum \frac{(\Delta T_i \times A_i)}{A_t}$$

HERRY & FRIZE (2004) aplicaram um método de análise de assimetria de histogramas que recuperava os dados do termograma por meio de uma ferramenta de processamento de imagens do software Matlab (Mathworks®). A rotina de redução dos dados é composta por muitos algoritmos de cálculo e exige um bom conhecimento do software em questão para que possa ser executada.

HERMAN & CETINGUL (2011) também utilizaram a ferramenta de processamento de imagens do Matlab para determinar temperaturas de termogramas. Criaram ainda uma rotina de comparação entre as temperaturas de regiões alteradas com regiões saudáveis, de forma a identificar a extensão correta de tumores de pele e projetar de forma determinística a margem de segurança das cirurgias de extração destes tumores.

Muitos pesquisadores utilizam a temperatura média de uma região para avaliação de um quadro inflamatório (CHRISTENSEN et al., 2012; CELESTE, et al., 2012; SANCHEZ et al., 2008; JUROWSKI et al., 2006). O problema de se utilizar a média na redução de dados provenientes de uma imagem é estar sujeito a uma série de incorreções provenientes de incoerências de metodologia. A temperatura média de uma imagem é susceptível à localização e tamanho do "janelamento" escolhido, à distância de aquisição da imagem, a quantidade de *pixels* referentes à estrutura de interesse e a possíveis interferências que possam aparecer na imagem, tais como objetos próximos. Apesar de apresentarem uma dinâmica mais robusta (ou seja, levam mais tempo para refletirem as alterações de padrão), as temperaturas máximas e mínimas se tornam mais confiáveis na apresentação dos resultados de termografia.

Apesar de tantas diferenças entre as formas de apresentar os dados, há consenso entre os estudos com relação à susceptibilidade da termografia às variações da temperatura ambiente (CHRISTENSEN et al., 2012; AMALU, et al., 2008; CABRERA, et al., 2007; HERRY & FRIZE, 2004; TUNLEY & HENSON, 2004; EDDY et al., 2001; TURNER et al., 1991; COLLINS et al., 1974).

COLLINS et al. (1974) afirmam que todos os termogramas devem ser realizados em sala de temperatura controlada em 20°C. TURNER et al. (1991) aponta que o ambiente controlado é essencial para a realização das termografias e que sua temperatura não deve ser superior a 30°C. TUNLEY & HENSON (2004) estudaram o período de aclimação dos cavalos e afirmam que estes devem ser colocados na sala onde serão feitas as termografias entre 39 e 60 minutos antes do exame. HERRY & FRIZE (2004) estudaram a detecção de

região dolorosas em humanos por meio da termografia e afirmam que os exames devem ser realizados em salas sem janela, com temperatura ambiente constante em 23°C e umidade entre 50 e 70%. CABRERA et al. (2007) sugerem que a temperatura ambiente deve variar entre 18 e 22°C. AMALU et al. (2008), ao sugerir os procedimentos para detecção de câncer de mama em humanos por termografia, afirmam que o ambiente deve ter temperatura entre 18 e 23°C, com variação inferior a 1°C durante o exame. CHRISTENSEN et al. (2012) avaliaram a inflamação da pele após cirurgia dentária em humanos por meio da obtenção da temperatura média local. Ao final de sete dias de experimento, não encontraram diferença entre os dados e concluíram que a termografia é uma ferramenta útil na avaliação da inflamação, porém ela não pode ser utilizada para avaliar temperaturas absolutas por ser susceptível às variações da temperatura da pele ao longo do tempo.

Estas limitações de procedimento para obtenção de avaliações seriadas no tempo praticamente impossibilitariam a aplicação da termografia quantitativa na medicina veterinária, em especial na medicina de equinos. Na prática, torna-se muito difícil se obter uma sala ou baia com controle rígido de temperatura para manter os cavalos por períodos de no mínimo 60 minutos.

Diante desta necessidade e do grande potencial diagnóstico e de *follow-up* da termografia, este trabalho propõe um método de padronização de temperaturas (PadTemp) que permite a execução de termografias de extremidades de equinos sem a necessidade do controle de temperatura.

### **3 METODOLOGIA**

A termografia, como qualquer outro método auxiliar de diagnóstico, necessita que sua obtenção de seja realizada com rigor e cautela, bem como a leitura das imagens resultantes. A deficiência nos critérios de execução do exame termográfico resulta em artefatos os quais podem induzir a interpretações equivocadas. Os procedimentos citados neste trabalho já foram publicados previamente pela autora em BASILE et al. (2010b).

#### **3.1 Procedimentos de execução dos exames termográficos**

##### *Preparo do paciente*

Ao se planejar a execução de um exame termográfico em um equino, deve-se solicitar que a região a ser examinada não seja exposta a nenhum tipo de medicação tópica,



lavagem ou umidade nas últimas 12 horas. O animal deve ser limpo somente com rasqueadeira, escova e limpador de ranilha antes do período mínimo de aclimação de 60 minutos. Durante a aclimação, o equino deve permanecer em local fechado, livre do sol e da manipulação de terceiros. As baias podem ser o local de escolha tanto para a aclimação quanto para a realização do exame. Para evitar que o animal role e se suje com a cama, sugere-se deixá-lo preso ao cabresto durante estes 60 minutos.

TURNER et al. (1983) estudaram os efeitos do comprimento do pelo e da tricotomia nos exames termográficos. Elucidaram que membros tricotomizados sempre se apresentavam mais quentes nas termografias e que, após o exercício, tanto membros tricotomizados quanto os de pelo intacto apresentavam o mesmo incremento de temperatura. Concluíram então que as variações de temperatura não são influenciados pela tricotomia. Indicaram ainda que não há necessidade de se fazer tricotomia nos cavalos para a realização de exames de termografia.

#### *Escolha do ambiente*

O local ideal para realização dos exames é um ambiente fechado, livre da incidência da luz solar, fontes de calor e sem correntes de vento. As baias podem ser um bom local de eleição. Caso se necessite examinar os cascos, o equino deve permanecer em uma baia sem cama.

#### *Cuidados com o procedimento*

Ao se focalizar uma lesão, deve-se buscar centralizá-la na imagem, enquadrando também os limites em que o tecido se encontra saudável. Caso se opte por realizar um

acompanhamento da evolução da lesão ao longo do tempo, é interessante que as imagens sejam capturadas sempre à mesma distância, de forma a eliminar os efeitos de resolução de tela. Ao se capturar uma imagem, é importante atentar para que não haja nenhum tipo de interferência no enquadramento (ex. pessoas, objetos, fezes, umidade no chão), pois estas podem confundir o profissional no momento da leitura das termografias. Nos acompanhamentos de uma afecção ao longo do tempo, é interessante manter uma regularidade de horário para a captura das imagens (sempre pela manhã ou à tarde, por exemplo), de forma que não haja interferências de leitura em função da variação de temperatura corpórea pelo ritmo circadiano.

#### *Ajustes do equipamento*

PASCOE et al. (2008) afirmam que as propriedades da pele combinadas com a circulação cutânea a transformam em um mecanismo eficiente de perda de calor, muito próximo das características de emissividade de um corpo negro. Portanto, o termógrafo deve estar configurado para ler emissividade  $\epsilon=0.98$  (couro).

O modo ideal para se configurar o equipamento é o manual, pois permite que o usuário ajuste a escala de cores/temperaturas garantindo a melhor configuração de contrastes. O ajuste temperatura/paleta de cores deve ser selecionado para uma faixa de leitura em torno de 10°C. Geralmente configura-se as faixas de 24 à 34°C (para horários do dia mais frios, abaixo de 20°C), 25 à 35°C (para temperaturas ambiente em torno de 20 à 25°C), 26 à 36°C (ambiente em torno de 25 à 30°C) e 27 à 37°C (ambiente acima de 30°C). De qualquer forma, o ajuste de cores/temperatura deve sempre ser verificado em função da

banda coronária dos cascos em busca do contraste ideal. Espera-se que a banda esteja representada em cor vermelha e os cascos em amarelo ou verde, conforme a Figura 10.

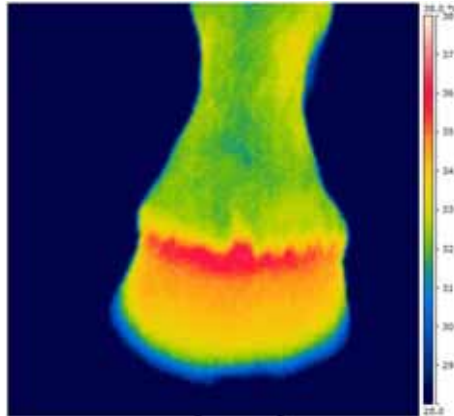


Figura 10 - Ajuste ideal da paleta de cores/temperatura ilustrando o contraste da banda coronária do casco de equino representada em vermelho (vista dorsal).

A superfície da lente deve estar posicionada paralelamente à superfície a ser examinada.

#### *Cuidados com a leitura e interpretação*

Ao se comparar imagens, deve-se ajustá-las para que tenham sempre a mesma escala cor/temperatura. Isto é possível por meio da configuração do equipamento em modo manual no instante da execução ou ainda pelo ajuste da imagem diretamente no programa de resgate de imagens (Flir QuickReport®, FLIR SYSTEMS, por ex.).

O acompanhamento de processos inflamatórios é bem descrito pelo monitoramento da temperatura máxima no local da lesão. Esta temperatura pode ser obtida por meio do ajuste do modo de captura do equipamento ou ainda pelo programa de resgate de imagens, realizando-se o janelamento da área da lesão *a posteriori*.

O monitoramento do paciente por vários dias ou instantes de coleta deve ser efetuado mediante a padronização das temperaturas em função das variações da temperatura ambiente. Antes da interpretação de qualquer termografia, deve-se conhecer o padrão normal de distribuição de temperatura da espécie examinada, de forma a se conhecer os locais que são fisiologicamente mais quentes ou mais frios.

### 3.1.1 Artefatos por deficiência de execução e interpretação

Quando um ou mais requisitos não são respeitados, surgem artefatos nas imagens que podem confundir o clínico no momento da interpretação dos resultados (BASILE et al, 2010b).

#### *Efeitos de escala*

Um dos artefatos mais frequentes é a comparação de termografias em escalas de temperatura diferentes. Escalas diferentes (Figura 11) resultam em representações de cores diferentes e a erros de interpretação, podendo resultar em equívocos de diagnóstico.

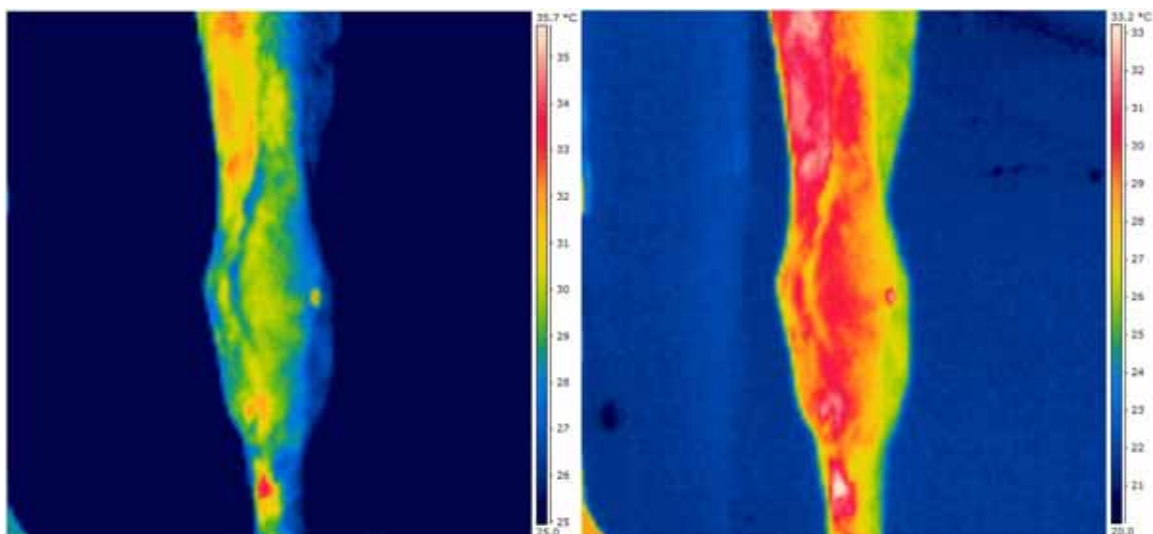


Figura 11 – Termografias da face plantar da articulação do tarso de equino. Imagem esquerda com escala de 25,0 à 35,7°C, imagem direita com escala de 20,0 à 33,2°C.

#### *Efeito da umidade*

As gotículas de água superficiais interferem diretamente na transmissão das ondas infravermelhas, atuando como pequenas barreiras no caminhamento das ondas e impedindo que parte delas chegue até o receptor do equipamento (Figura 12). Além disso, auxiliam na perda de calor superficial por evaporação, interferindo na temperatura local da superfície.

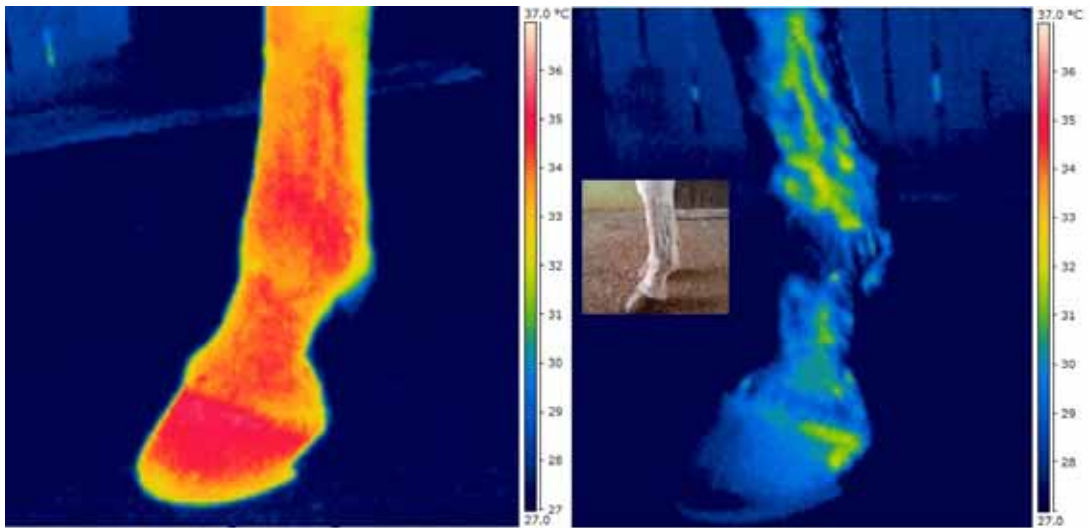


Figura 12 – Efeito da umidade da superfície na termografia. Imagem esquerda com membro torácico de equino seco, imagem direita com membro úmido.

Obs: À esquerda, membro limpo e seco, à direita a ilustração do mesmo membro molhado.

Note que houve uma diminuição global de cerca de 5°C na temperatura representada.

#### *Presença de sujeidade*

Assim como a água, partículas de poeira, areia, serragem e demais sujidades interferem na imagem termográfica, atuando como barreira física à emissão de ondas infravermelhas pelo corpo (Figura 13). Portanto, é muito importante realizar a limpeza do local da lesão com um pano seco em torno de 20 minutos antes de efetuar o exame.

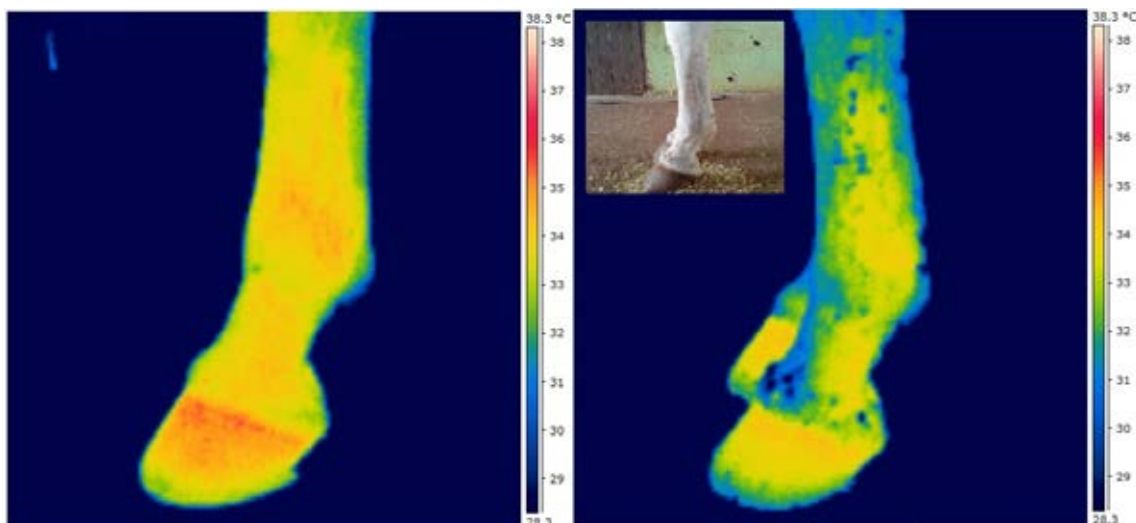


Figura 13 – Efeito da presença de partículas de sujeira na termografia. imagem esquerda com membro torácico de equino limpo, imagem direita com membro sujo por maravalha.

### *Tricotomia*

Idealmente não se deve realizar a tricotomia da região de interesse para fazer a avaliação termográfica, pois o contato da lâmina com a pele e o corte dos pelos induzem uma reação inflamatória local. Além disso, os pelos também atuam como uma barreira física na emissão de ondas infravermelhas. Ao serem retirados, uma quantidade maior de calor atinge o equipamento, induzindo ao artefato (Figura 14). Caso haja de fato a necessidade da tricotomia, o ideal é tricotomizar também a região/membro contralateral, para que sirva de parâmetro de comparação no acompanhamento da lesão, conforme os pelos voltem a crescer.

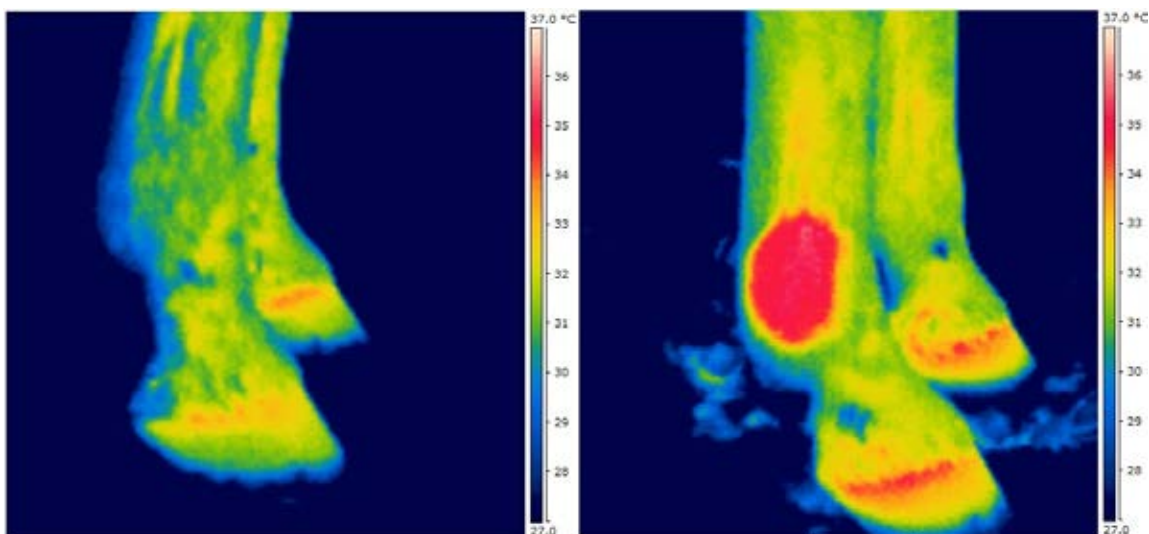


Figura 14 – Efeito da tricotomia na emissão de ondas infravermelhas. Imagem esquerda, membro torácico de equino sem tricotomia, imagem direita pós-tricotomia na articulação metacarpofalângiana lateral.

Obs: Note um incremento aparente de cerca de 5°C na temperatura superficial.

#### *Aplicação de fármacos tópicos*

A aplicação tópica de alguns fármacos interfere diretamente na temperatura local, como, por exemplo, os géis à base de cânfora (Figura 15). Evitar a aplicação de qualquer fármaco no local ao menos 12 horas antes da execução da termografia.



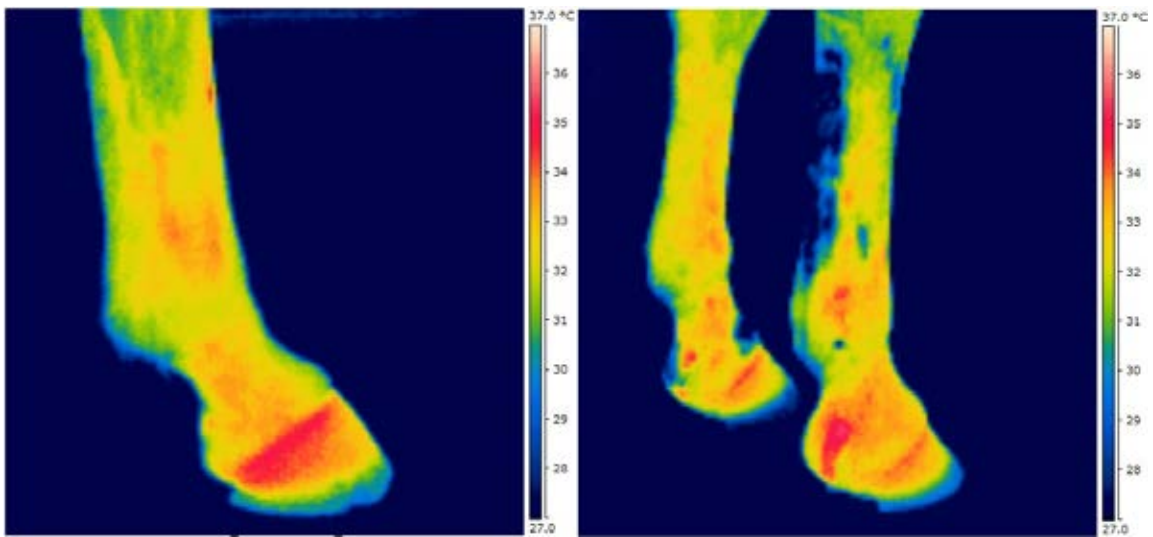


Figura 15 – Membro torácico direito de equino antes (à esquerda) e após (à direita) a aplicação de gel à base de cânfora em todo o perímetro da região metacárpica.

Obs: Observe a afinidade do princípio ativo somente pelos tendões, demonstrada pela queda acentuada de temperatura. Observou-se tempo de ação do produto em torno de 20 minutos.

#### *Efeitos de manuseio e escovação*

Ao tocar ou escovar a superfície a ser examinada, o profissional produz um incremento de temperatura local por condução de calor ou por atrito (Figura 16). Ao realizar a termografia, evitar manipular o local ao menos 60 minutos antes do exame.

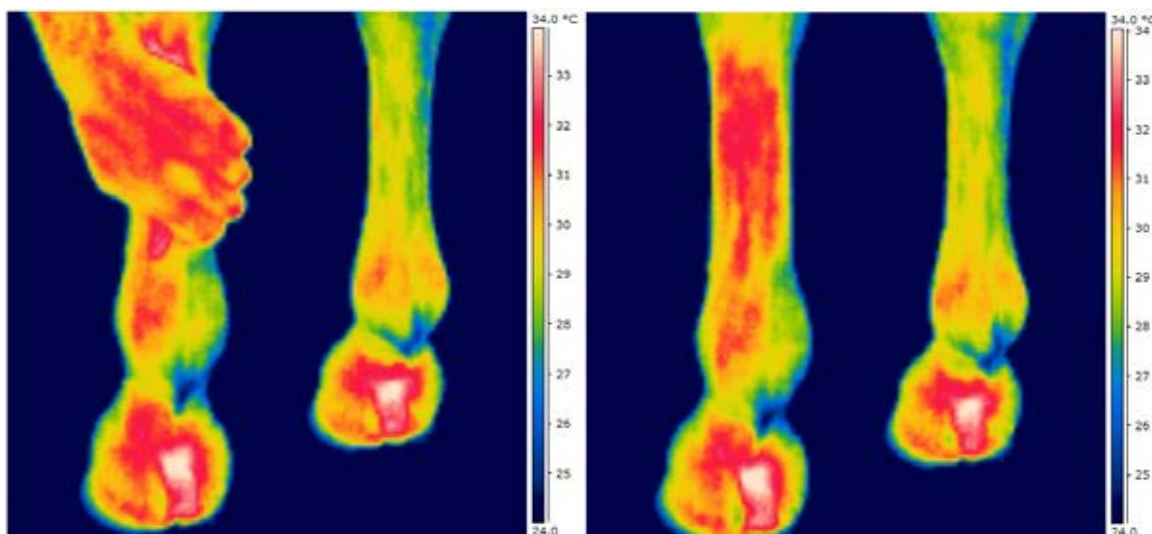


Figura 16 – Incremento local de temperatura sobre a face palmar do membro torácico esquerdo de equino provocado por manuseio.

#### *Variações na distância de aquisição*

Existe uma distância ótima para realização do procedimento. Esta deve ser tal que contenha toda a superfície a ser examinada, incluindo uma porção marginal da região não lesionada. Ao se posicionar o equipamento muito longe, pode-se perder a resolução da imagem, já que as temperaturas são fornecidas para cada pixel da imagem (Figura 17). Além disso, as variações na distância de aquisição podem comprometer as avaliações subsequentes, que servirão como comparação para acompanhamento da evolução do paciente. Recomenda-se verificar qual a distância ótima na primeira avaliação e repetir sempre a mesma distância nos exames seguintes.

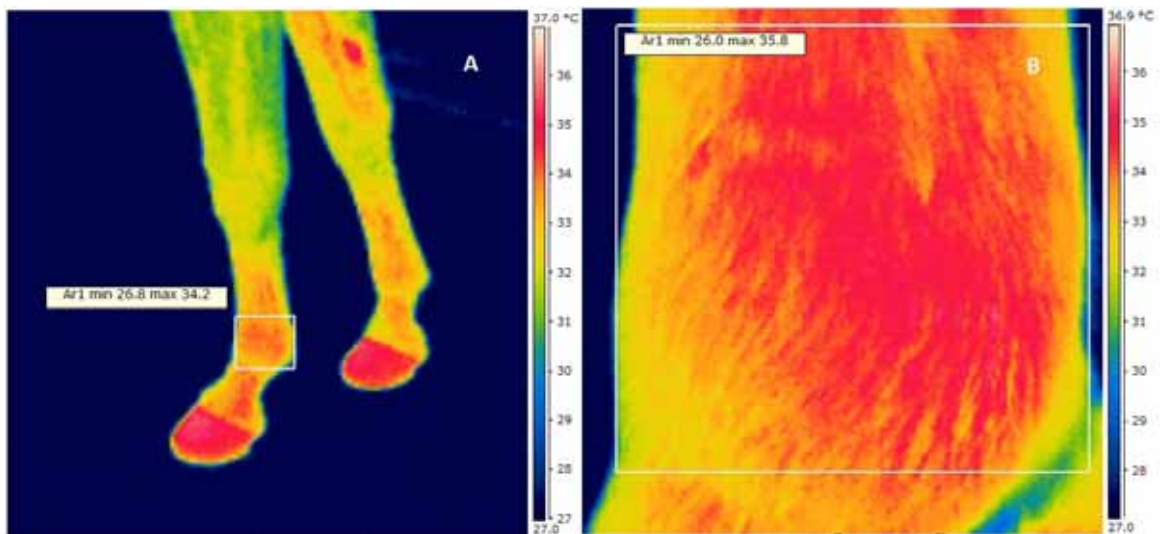


Figura 17 – Termografia da articulação metacarpofalangiana em posicionamento muito distante (A) e ideal (B) de membro torácico esquerdo de equino, com diferença de cerca de 1,0 m entre elas.

Obs: Note que a imagem A revela temperaturas mínima e máxima locais (26,8°C;34,2°C) bastante diferentes das reais, apresentadas na imagem B (26,0°C;35,8°C).

#### *Variações na temperatura ambiente*

Mesmo que o animal a ser examinado não tenha sido exposto ao sol, as variações de temperatura ambiente interferem de forma considerável nas leituras termográficas (Figura 18). Em caso de exames únicos, o profissional deve buscar comparar as superfícies supostamente lesionadas com a mesma região contralateral. Já no caso de avaliações seriadas no tempo, deve-se realizar a padronização das temperaturas obtidas nos dias subsequentes em relação à primeira avaliação, de forma a poder compará-las e acompanhar a evolução do paciente de forma correta e consistente.

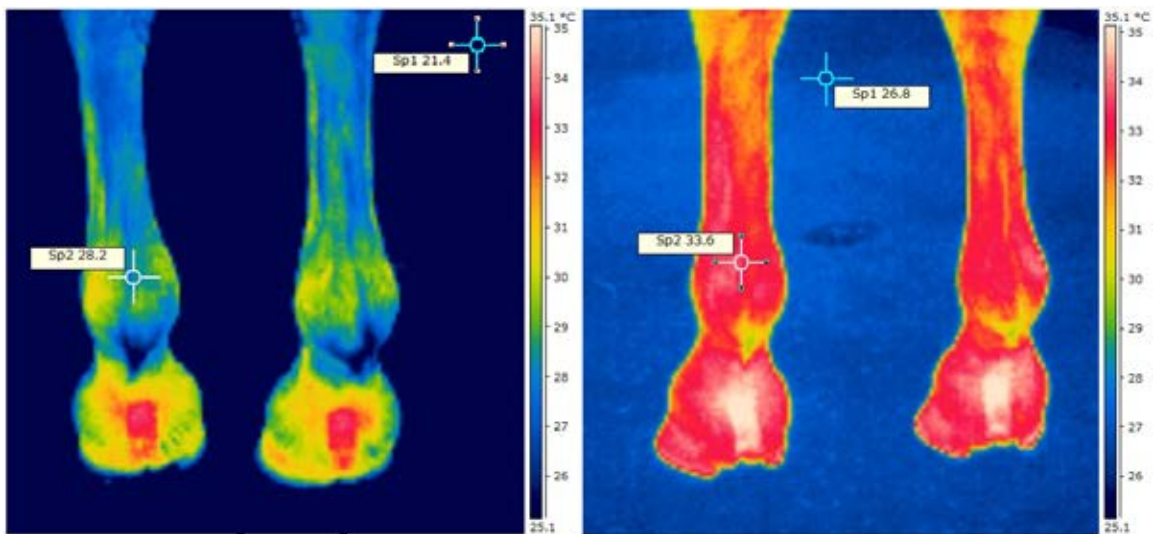


Figura 18 – Termografia do mesmo equino em ambientes com temperaturas diferentes. À esquerda, em baia a 21,4° C e à direita, em baia a 26,8°C.

Obs.: Note que a escala de cores/temperatura é a mesma em ambas as imagens. Um incremento de 5,4° C na temperatura ambiente produziu o mesmo incremento de temperatura no membro saudável.

### 3.2 Método de correção das interferências ambientais para avaliações quantitativas seriadas no tempo - PadTemp

Conforme citado anteriormente, as variações na temperatura ambiente alteram o padrão das temperaturas superficiais da pele, podendo induzir o avaliador ao erro. Desta forma, quando se pretende realizar um acompanhamento de uma afecção ou de um tratamento ao longo do tempo, torna-se indispensável utilizar algum tipo de correção ou padronização das temperaturas do corpo em relação a estas variações ambientais.

O método PadTemp foi criado baseando-se nos conceitos da engenharia aeronáutica de comparação de parâmetros de vôos realizados em condições atmosféricas diferentes (altitude, pressão, temperatura, densidade do ar, etc).

Partindo das premissas estabelecidas pela ICAO (*International Civil Aviation Organization*) para o estabelecimento da ISA (*International Standard Atmosphere*), pode-se deduzir a relação entre as diferentes grandezas atmosféricas (Anon, 1955). Partindo-se da equação geral dos gases, temos que:

$$P = \rho gRT \quad (1)$$

Dado que:

$P$  – pressão atmosférica

$\rho$  – densidade do ar

$g$ - aceleração da gravidade

$R$  – constante universal dos gases

$T$  – temperatura do ar

A mesma equação pode ser escrita para condições-padrão como:

$$P_0 = \rho_0 gRT_0 \quad (2)$$

E dividindo as equações (1) e (2), as constantes  $g$  e  $R$  se cancelam, resultando em:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\rho}{\rho_0} \frac{T}{T_0} \quad (3)$$

As razões que aparecem na equação (3) são frequentemente utilizadas na aeronáutica, portanto recebem convencionalmente os símbolos:

$$\delta = \frac{P}{P_0} \quad (4)$$

$$\sigma = \frac{\rho}{\rho_0} \quad (5)$$

$$\theta = \frac{T}{T_0} \quad (6)$$

Como as avaliações termográficas são geralmente realizadas sempre no mesmo local (hípica, haras, universidade, hospital), as relações referentes à pressão atmosférica e densidade do ar são constantes ao longo do tempo e iguais à 1. Portanto, somente a relação de  $\theta$  (equação 6) é aplicável nas correções das termografias, por haver variações na temperatura ambiente ao longo dos dias/horários.

Desta forma, o PadTemp propõe que, sempre antes da realização um exame termográfico, deve-se obter a temperatura ambiente com boa exatidão. A temperatura ambiente da primeira avaliação  $T_{amb_0}$  será o denominador de todas as equações de cálculo de  $\theta_i$  subsequentes. Durante as avaliações posteriores, o operador também deve coletar a temperatura ambiente do local  $T_{amb_i}$ , valores os quais serão os numeradores da equação de  $\theta_i$ .

$$\theta_i = \frac{T_{amb_i}}{T_{amb_0}} \quad (7)$$

Onde,

$T_{amb_0}$  - Temperatura ambiente no primeiro dia de avaliação, em Kelvin,

$T_{amb_i}$  - Temperatura ambiente em cada um dos dias subsequentes, em Kelvin.

Em seguida, realiza-se a padronização da temperatura da lesão dos dias subsequentes, dividindo-se a temperatura lida da lesão pelo valor calculado de  $\theta_i$ .

$$T_{lesão_i\_corr} = \frac{T_{lesão_i}}{\theta_i} \quad (8)$$

Onde,

$T_{lesão_i}$  - Temperatura da lesão lida diretamente da termografia, em Kelvin,

$T_{lesão_i\_corr}$  - Temperatura corrigida resultante, em Kelvin.

Lembrando que a temperatura em Kelvin é dada pela temperatura em graus Celsius somada à 273.

#### **4 VALIDAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO**

De forma a demonstrar a aplicabilidade e forma de atuação do método PadTemp, realizou-se um experimento de avaliação de regiões proximais e distais de cavalos sadios ao longo do tempo.

Vinte e quatro cavalos atletas de hipismo, todos abrigados em baia da mesma hípica, 18 machos e 6 fêmeas, com idade média de  $12\pm 5$  anos, pesando  $477\pm 64$  Kg, foram escolhidos por não terem histórico de claudicação no membro a ser avaliado. Os equinos selecionados foram examinados clinicamente para se verificar sensibilidade local e termograficamente para se detectar alterações no padrão de distribuição de temperatura na superfície lateral da articulação metacarpofalangiana (AMF) de uma das mãos e sobre a respectiva escápula, sobre o músculo deltóide.



Os equinos foram submetidos à avaliação termográfica em 7 momentos diferentes ao longo de 60 dias, com o objetivo de se obter dados com ampla variação de temperatura ambiente. Os dias de avaliação apresentaram as seguintes temperaturas ambiente médias:  $26,34 \pm 0,78^{\circ}\text{C}$ ,  $31,52 \pm 1,60^{\circ}\text{C}$ ,  $18,34 \pm 0,40^{\circ}\text{C}$ ,  $33,77 \pm 1,00^{\circ}\text{C}$ ,  $34,75 \pm 0,71^{\circ}\text{C}$ ,  $28,65 \pm 0,34^{\circ}\text{C}$  e  $20,63 \pm 0,34^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

#### 4.1 Avaliação de extremidades

A avaliação de extremidades foi representada pela obtenção da temperatura máxima lateral do boleto de uma das mãos (Figura 19). A termografia foi realizada a 90 cm da AMF, seguindo-se todos os procedimentos já discutidos anteriormente.

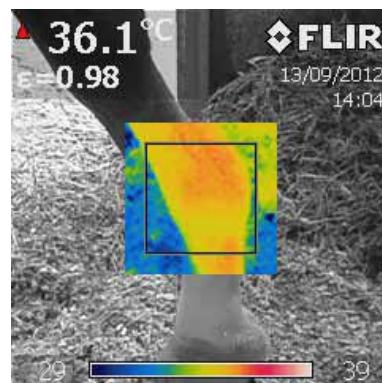


Figura 19 – Exemplo de termografia da AMF do membro torácico esquerdo de equino saudável.

Consideram-se extremidades todas as regiões dos membros que sejam distais às articulações do carpo e do tarso, inclusive. São regiões anatômicas sem cobertura muscular e, conseqüentemente, com baixa vascularidade. Desta forma, tornam-se mais susceptíveis às alterações de temperatura do ambiente e apresentam comportamento termodinâmico análogo (Figura 20).

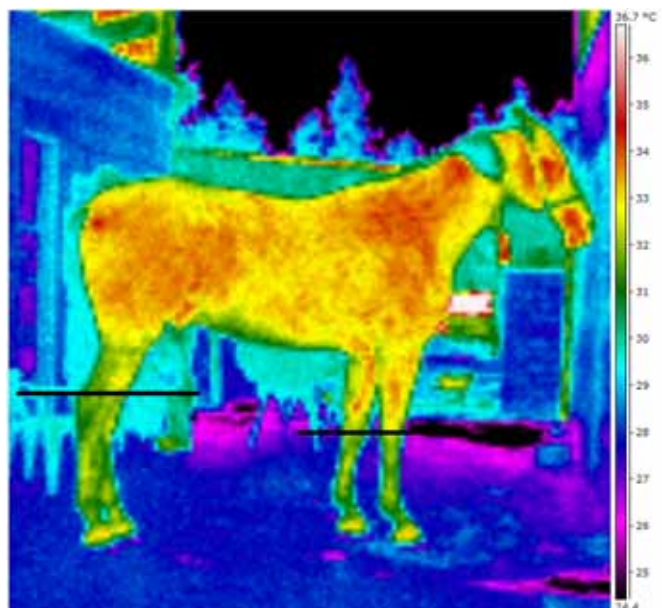


Figura 20 - Representação termográfica de um equino de corpo inteiro, ilustrando as extremidades distais ao carpo e tarso (linhas pretas).

Ao se obter as temperaturas máximas sobre as AMF's pelo janelamento automático do equipamento, aplicou-se o método PadTemp para as diferentes temperaturas ambientes, resultando nas curvas ilustradas na Figura 21.

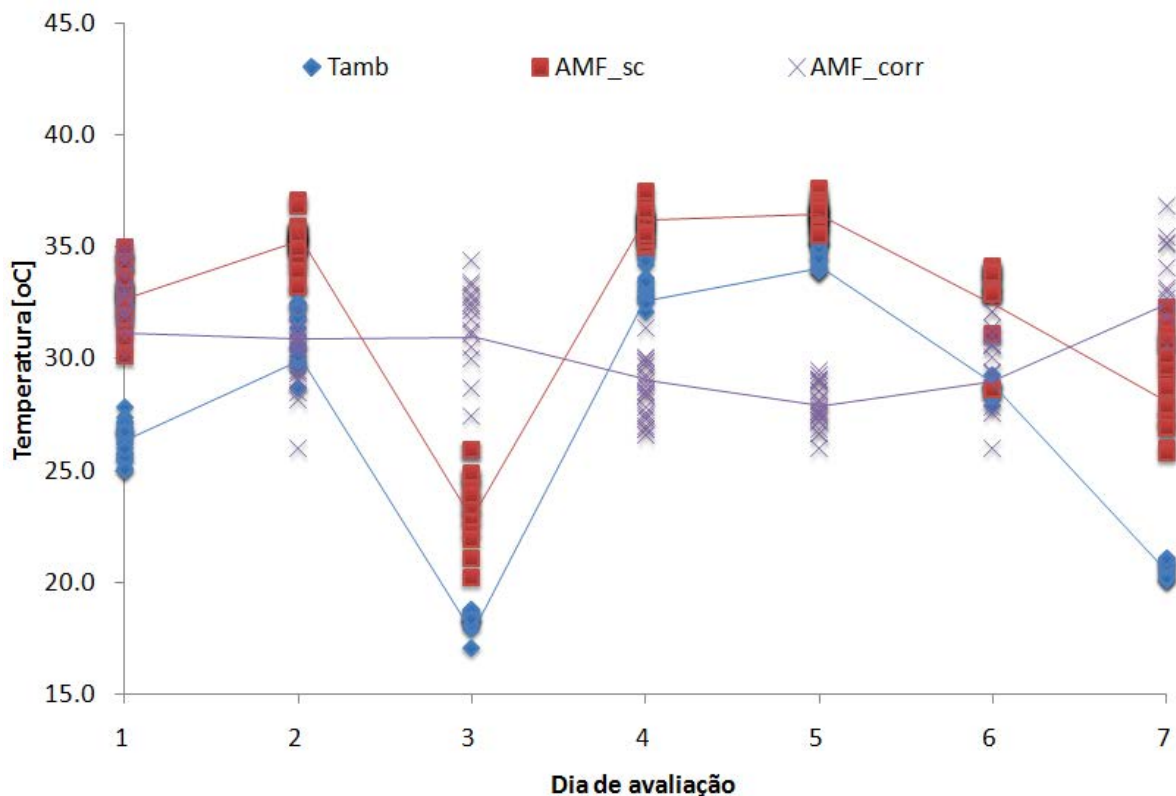


Figura 21 – Representação das temperaturas sobre as AMF's dos cavalos sadios antes e após a aplicação de método PadTemp.

Obs.: Tamb - temperatura ambiente; AMF\_sc - temperatura máxima sobre a AMF sem correção; AMF\_corr - temperatura máxima sobre a AMF corrigida pelo PadTemp.

A curva vermelha ilustra a média das temperaturas máximas das AMF's, ainda sem a padronização. Nota-se uma forte tendência da curva sem correção em seguir as variações da temperatura ambiente, representada pela curva azul, provavelmente pela baixa irrigação sanguínea local. Ao se realizar a padronização das temperaturas pelo método PadTemp (curva púrpura), observa-se que as temperaturas se mantêm variando dentro de uma faixa de  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ . Como os cavalos são todos sadios, espera-se de fato que haja mínima variação nas temperaturas obtidas para as AMF's. Desta forma, pode-se concluir que o método

PadTemp é aplicável para a padronização das temperaturas das extremidades em um envelope de variação de temperatura ambiente entre 18 e 35 °C (certificadas por este experimento).

#### 4.2 Avaliação de grupamentos musculares

Da mesma forma que para as AMF's, avaliou-se também a temperatura máxima sobre as espáduas dos cavalos sadios ao longo dos 60 dias, conforme a Figura 22.

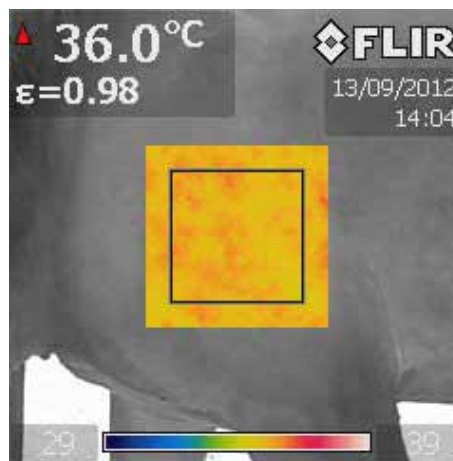


Figura 22 – Posicionamento do termógrafo para obtenção da temperatura máxima sobre o músculo deltóide de cavalos sadios.

A Figura 23 apresenta os valores de temperatura máxima sobre a escápula para os 24 cavalos nas 7 avaliações. De forma diferente ao comportamento das extremidades, a região da escápula (curva verde) não seguiu completamente as variações da temperatura ambiente (curva preta).

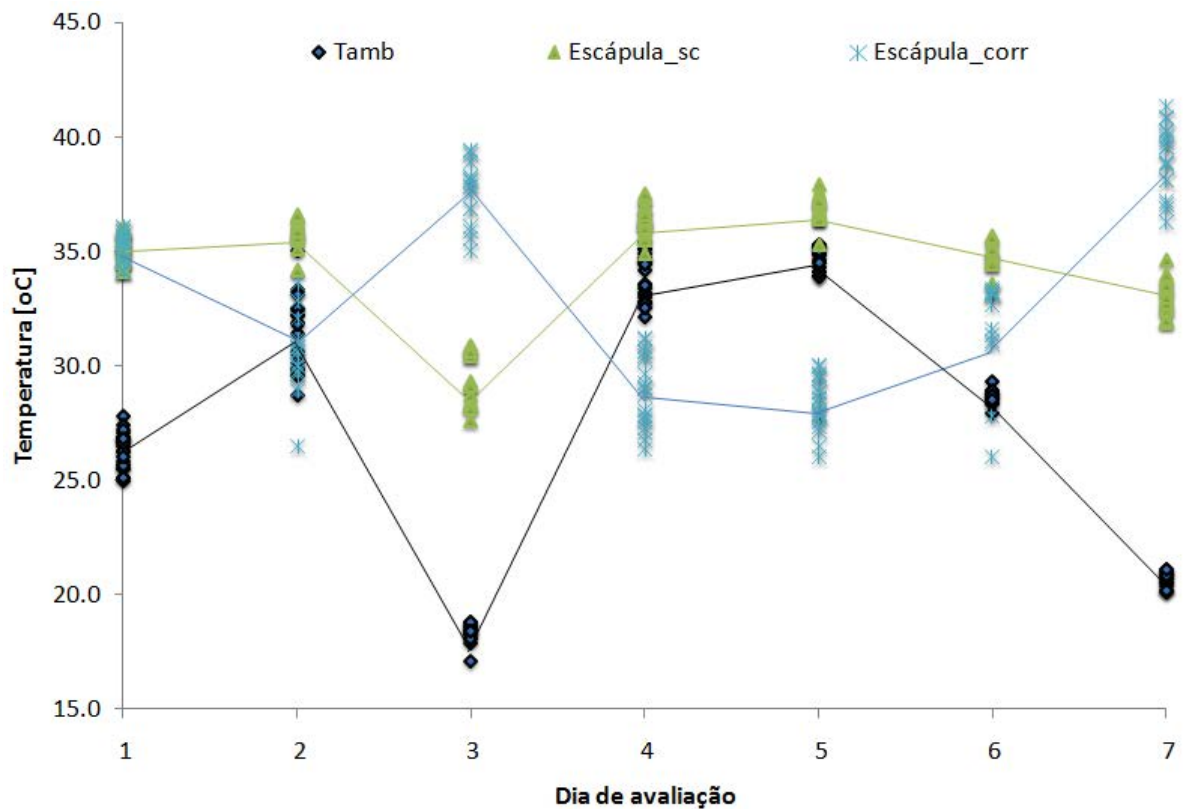


Figura 23 - Representação das temperaturas sobre as escápulas dos cavalos saudáveis antes e após a aplicação de método PadTemp.

A curva verde ilustra a média das temperaturas máximas sobre as escápulas ao longo do tempo e é possível notar que, especialmente no dia mais frio, a musculatura não apresentou queda de temperatura acentuada. Este fato demonstra a ação dos mecanismos de termorregulação atuando no sentido de aumentar a produção de calor e minimizar as perdas.

Como a temperatura sobre as escápulas não seguiram a mesma ordem de grandeza das variações da temperatura ambiente, o método PadTemp apresentou algumas incorreções. Os efeitos de vasodilatação, fasciculação, piloereção, que são de segunda ordem nas partes distais dos membros, se tornam efeitos de primeira ordem nas regiões com grande cobertura muscular, tornando não-linear o padrão de variação de temperatura

destas regiões. O uso do método PadTemp provoca *overshoots* e *undershoots*, tornando-se inadequado para estas correções.

A Figura 24 ilustra o comportamento termodinâmico sobre as AMF's e escápulas em relação à temperatura ambiente. Nota-se que as temperaturas do equino apresentam variação que pode ser modelada por meio de uma parábola, sendo que, a espádua apresenta mínima variação em função do ambiente entre 30 e 35 °C.

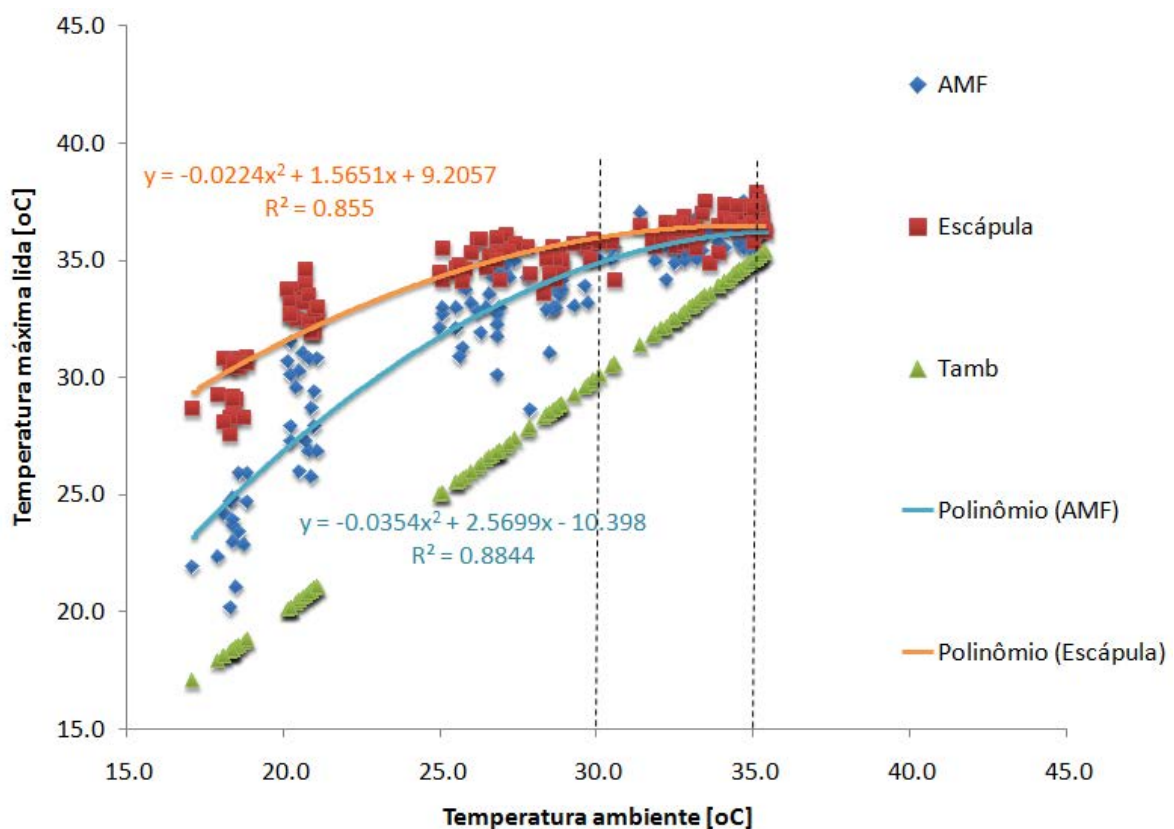


Figura 24 – Variação das temperaturas sobre as AMF's e escápulas de equinos saudáveis em função da variação da temperatura ambiente.

Desta forma, recomenda-se que, ao se efetuar um estudo de temperaturas de regiões proximais, deve-se minimizar os efeitos das trocas com o meio externo por meio do

controle de temperatura ambiental. De acordo com este estudo preliminar, sugere-se que o ambiente seja mantido numa faixa de temperatura entre 30 e 35°C, região em que as temperaturas da espádua se mantiveram praticamente constantes (entre as retas tracejadas).

## **5 APLICAÇÕES DO MÉTODO NA MEDICINA DE EQUINOS**

### **5.1 EXPERIMENTO 1: Uso do PadTemp para avaliação de estados inflamatórios**

Três cavalos sadios, sem histórico de claudicação ou sensibilidade nos membros, sendo dois machos e uma fêmea, pesando  $423 \pm 35$  kg, com aproximadamente 3 anos de idade, foram utilizados neste experimento. Durante o período experimental, os animais foram mantidos em piquete de grama e alimentados com feno e concentrado (BASILE et al., 2010a). A indução do estado inflamatório foi aprovada pelo CEBEA pelo protocolo 022528/09.

O protocolo de indução de inflamação consistiu na restrição circulatória do terço proximal da região metacárpica do membro torácico esquerdo (MTE) mediante garroteamento com tira elástica. O macho Alfa permaneceu garroteado por 3 horas e o



macho Gama e a fêmea Rosilha permaneceram garroteados por 6 horas. Durante a indução, os animais permaneceram sedados com xilazina (0,5 mg/kg) e tramadol (2,1 mg/kg). Foi adotado procedimento de resgate analgésico, caso os animais apresentassem dor acentuada, utilizando-se fenilbutazona (4,4 mg/kg). O macho gama necessitou de resgate analgésico ao término da indução.

As avaliações termográficas foram efetuadas imediatamente antes da indução (0h) e após a indução nos tempos 6h, 12h, 18h, 30h, 54, 78h, 102h, 150h. Desta forma, foi possível avaliar a dinâmica da temperatura na resposta inflamatória ao longo do tempo. O procedimento de aquisição das imagens foi realizado de acordo com as indicações já comentadas anteriormente, sendo que as termografias foram realizadas a uma distância de 90 cm.

A temperatura ambiente da condição basal que serviu como referência para os cálculos de *theta* foi de 20,7°C. Os valores das variações de temperatura máxima dos membros foram obtidos por meio de janelamento no local da lesão, como demonstrado para um dia fictício, na Figura 25.

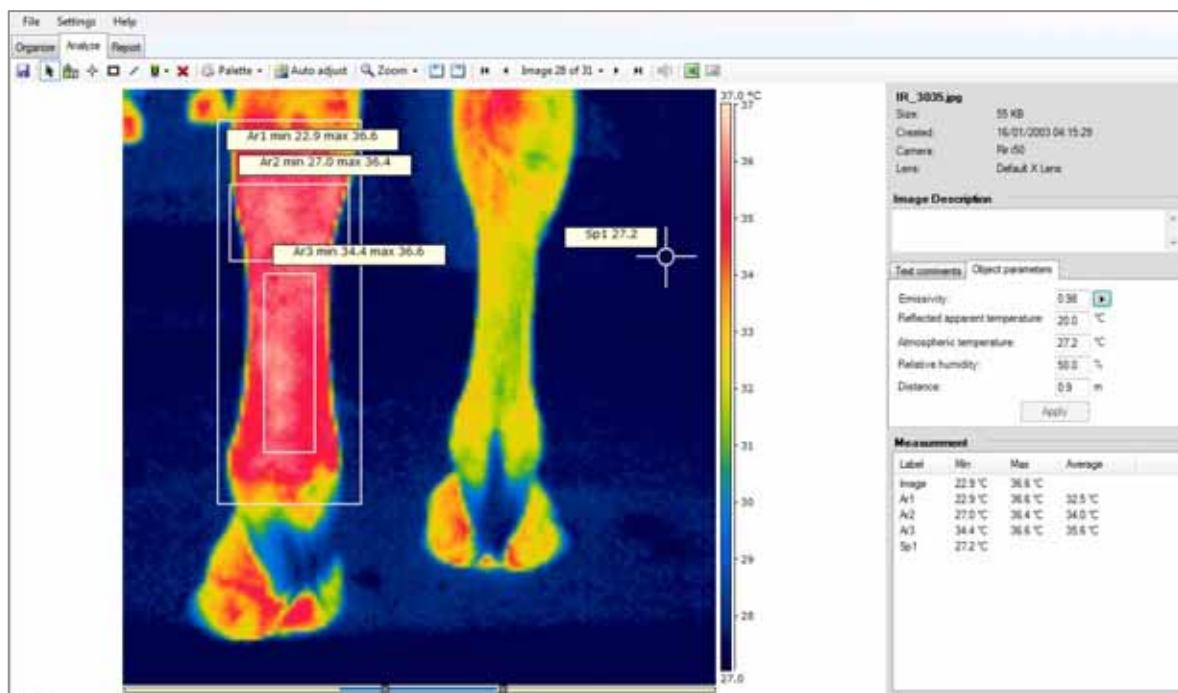


Figura 25 - Exemplo de extração das temperaturas do termograma por janelamento no local da lesão induzida no MTE de equino por meio de garroteamento do membro.

Observe a importância de se escolher a temperatura máxima e não a temperatura média para a avaliação de estados inflamatórios. A Figura 25 mostra três tipos de janelamento que incluem totalmente ou parcialmente a região inflamada. A Área 1 é o retângulo maior, que engloba todo o metacarpo, do carpo até o boleto. A Área 2 é o retângulo menor, na região do terço proximal do metacarpo. E a Área 3 é o retângulo em pé, na região média e distal do metacarpo.

Apesar das áreas possuírem medidas diferentes e estarem localizadas em regiões anatômicas diversas, todas elas evidenciam temperaturas máximas muito próximas (36,6; 36,4; 36,6)°C. Já as temperaturas médias apresentadas por elas são bastante diferentes (32,5; 34,0; 35,6) °C, apesar das áreas parecerem ter distribuição de cores análoga. Desta

forma, sugere-se fortemente que sejam utilizadas as temperaturas máximas para a avaliação quantitativa de estados inflamatórios.

A Tabela 1 mostra os valores de temperatura máxima no local da lesão (Área 1) obtidos para os 3 cavalos, com e sem correção para as variações de temperatura ambiente.

Tabela 1 - Valores de temperatura máxima (°C) no local da lesão obtidos por meio de janelamento do membro torácico esquerdo dos equinos.

	Tempo [h]							
	6	12	18	30	54	78	102	150
Rosilha_sc	1.5	2.5	2.4	3.2	0.8	-3.3	-2.1	-0.1
Gama_sc	1.4	2.3	2.8	2.8	0.7	-0.2	0.6	-0.2
Alfa_sc	0.7	1.4	0.6	2.1	1.0	-0.3	1.3	0.0
Rosilha_corr	1.9	2.3	2.2	3.0	0.8	-3.3	-2.2	-0.2
Gama_corr	1.8	2.1	2.6	2.6	0.7	-0.2	0.5	-0.3
Alfa_corr	1.1	1.2	0.4	1.9	1.0	-0.3	1.2	-0.1

Obs: \_sc: valores sem correção para temperatura ambiente. \_corr: valores corrigidos.

Como a égua Rosilha apresentou valores muito discrepantes de redução local de temperatura às 78h, ela foi retirada da análise gráfica a seguir.

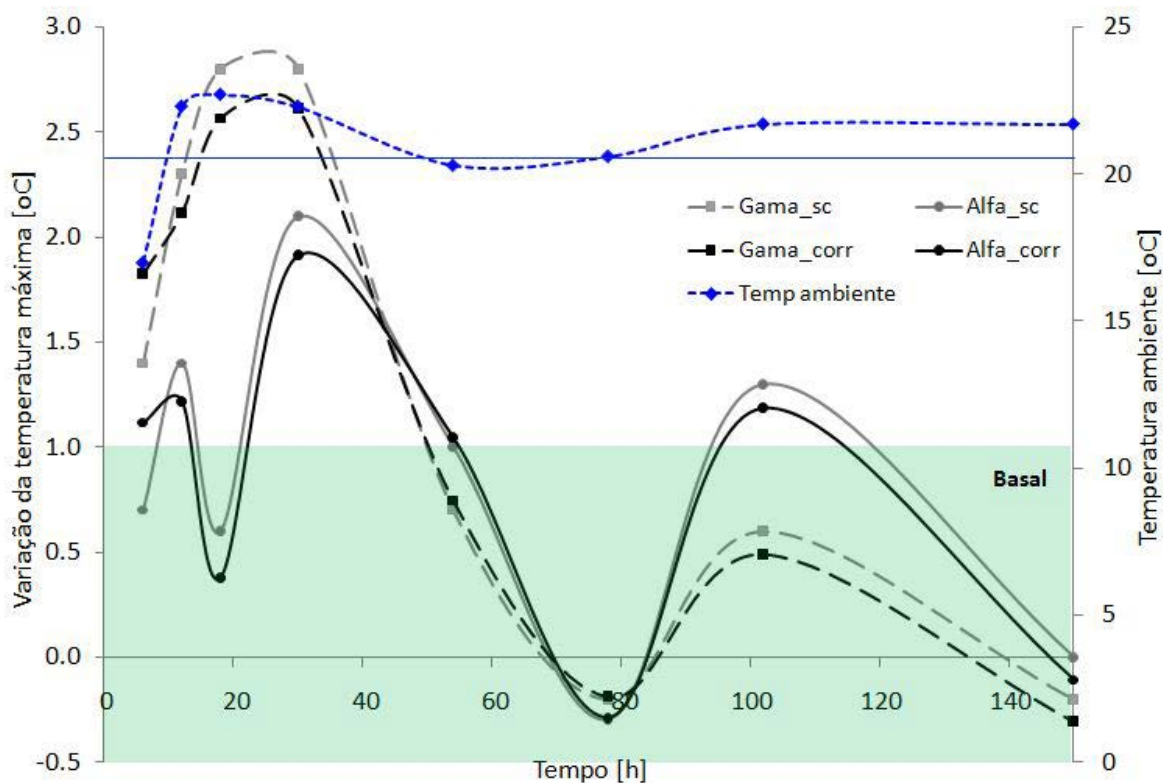


Figura 26 - Evolução das temperaturas máximas dos MTE's de equinos ao longo do tempo e demonstração do comportamento da temperatura ambiente no mesmo período.

Obs: A linha horizontal azul representa a temperatura ambiente na condição basal ( $20,7^{\circ}\text{C}$ ), valor que serviu de denominador para todos os cálculos de *theta* dos instantes posteriores.

A Figura 26 mostra o comportamento dinâmico da temperatura dos dois cavalos durante as 150 horas do experimento. Note que as temperaturas sem correção acompanham as variações da temperatura ambiente em relação à basal. Quando a temperatura ambiente é maior que a basal, a temperatura do membro também aumenta. O contrário também é válido, podendo ser observado no instante 6h. No instante 6h, poderia se chegar à conclusão que o método de indução não tinha sido válido para o animal Alfa, já que seu valor não corrigido se encontrava dentro da faixa de normalidade de temperaturas. No

instante 18h e 24h, a inflamação aparentava ser mais severa do que realmente era para o animal Gama. Quando a temperatura ambiente se aproximou da temperatura na condição basal, as correções foram praticamente desprezíveis, como esperado.

Além disso, é interessante observar o comportamento oscilante e autolimitante da temperatura durante a inflamação. O macho Gama (linha tracejada) apresentou quadro inflamatório mais severo que o macho Alfa, devido ao maior tempo de exposição ao garroteamento do MTE. Porém, como recebeu uma dose de fenilbutazona em 6h, apresentou queda acentuada de temperatura após 30h, além de amplitude de oscilação menor que a de Alfa.

A termografia mostrou ser um método satisfatório para o acompanhamento da inflamação musculoesquelética de equinos. Ficou evidente que a forma mais adequada de realizar este acompanhamento é por meio das temperaturas máximas locais, já que as médias são muito susceptíveis ao erro. Além disso, o método PadTemp é importante por corrigir as temperaturas da superfície em relação às variações da temperatura ambiente, evitando que se tenha conclusões equivocadas sobre o estado da lesão.

## 5.2 EXPERIMENTO 2: Avaliação da eficácia da fenilbutazona nos processos inflamatórios musculoesqueléticos

Doze equinos, selecionados por exame clínico e livres de claudicação ou sensibilidade à palpação dos membros, foram submetidos à indução de inflamação do terço proximal da região metacarpiana por meio do garroteamento com tiras elásticas por 6 horas

(BASILE et al., 2012b; BASILE et al., 2010c). O estudo possui aprovação do Comitê de Ética e Bem-Estar Animal sob o protocolo n. 022528/09. A força resultante nos garrotes, calculada pela equação  $F = 46.251.L + 4.984$  [N], onde L é o comprimento restante da tira elástica após a amarração do garrote, foi de  $61,72 \pm 13,73$  N. Com a finalidade de amenizar o processo doloroso, durante o período de indução os animais foram submetidos a analgesia por meio da associação entre xilazina e tramadol na dose de 0,5 e 3,0 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os animais foram divididos por sorteio em dois grupos, controle e tratado, de seis equinos cada. O grupo tratado recebeu fenilbutazona injetável, na dose de 4,4 mg.kg<sup>-1</sup>, da seguinte forma:

- Dose inicial administrada 6 horas após o término da indução mecânica da inflamação, correspondente ao tempo zero (t=0h);
- Demais doses nos horários t=12h, t=24h, t=48h, t=72h e t=96h.

Os equinos foram avaliados por termografia nos instantes basal (-6h), 0 (tratamento), 6, 12, 24, 48, 72, 96 horas. Além da termografia, durante o experimento também foram realizadas as avaliações clínica, cinemática e de proteínas de fase aguda. A Figura 27 permite visualizar a evolução da temperatura máxima da lesão nos grupos controle e tratado durante o período de avaliação.

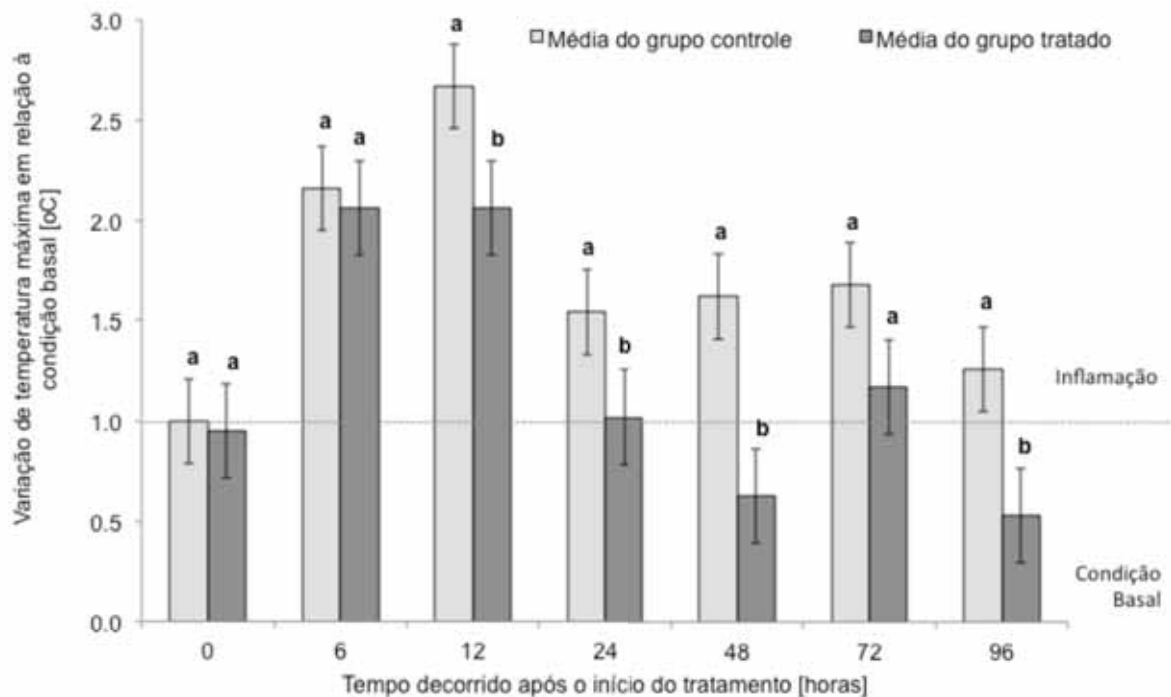


Figura 27 - Variação da temperatura do membro torácico esquerdo de doze equinos (média  $\pm$  erro padrão) após o início do tratamento (tempo zero) em relação à sua temperatura basal.

Obs: Obs.: Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

Os resultados permitem observar que o grupo tratado apresentou diferença ( $p < 0.05$ ) ao grupo controle a partir de 12 horas do início do tratamento. No instante 72 horas, os grupos não apresentaram diferença devido ao fato do desvio padrão do grupo tratado se apresentar relativamente alto. Porém, observa-se novamente diferença às 96 horas após o início do tratamento (referente ao quinto dia).

Os animais do grupo controle atingiram máximo grau de inflamação no instante 12 horas (18 horas após a retirada do garrote), e mantiveram-se em estado inflamatório durante as 96 horas. O grupo tratado retornou à condição basal em 24 horas, com tendência de

diminuição de temperatura local nos tempos subsequentes, sugerindo a resolução da inflação.

Neste experimento, a aplicação do método de termografia quantitativa permitiu identificar a inflamação ao longo de sua evolução, sendo que a indução produziu uma resposta inflamatória severa no grupo controle cerca de 15 horas após a retirada do garrote. O tratamento com fenilbutazona iniciado 6 horas após o término da indução controlou a resposta inflamatória do grupo tratado. Nenhum dos outros métodos de avaliação, exceto a verificação da sensibilidade local, foram capazes de detectar o estado inflamatório induzido (BASILE et al., 2012b).

### 5.3 EXPERIMENTO 3: Estudo comparativo de eficácia do firocoxibe e fenilbutazona no controle da sinovite induzida em equinos

Para este estudo foram utilizados 10 equinos, com  $398,5 \pm 35,7$  Kg de peso médio, sendo 7 fêmeas e 3 machos castrados. Todos os animais foram submetidos ao exame clínico completo com ênfase ao sistema locomotor antes do início do experimento. Após a seleção de um grupo de animais hígido, os equinos foram distribuídos aleatoriamente em três grupos experimentais: controle (CONTROL, n=10), firocoxibe (FIRO, n=10) e fenilbutazona (FENIL, n=9). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em um estudo randomizado com *cross-over* total e período de *wash-out* de 21 dias. Aprovação CEBEA sob o protocolo 015002/10.



A sinovite foi induzida experimentalmente por aplicação intrarticular de 3,0 ml de solução contendo lps (lipopolissacarídeo) à concentração de 4,5 ng/ml.

Os animais dos grupos FIRO e FENIL foram tratados após 1 hora da indução da lesão. Os animais do grupo FENIL receberam fenilbutazona (Marcolab®) via oral na dose 4.4mg/kg a cada 12h no primeiro dia e nos 2 dias seguintes somente uma vez ao dia, a cada 24 horas, conforme boletim técnico oferecido pela indústria fornecedora do medicamento. Os animais do grupo FIRO foram tratados com firocoxibe (Merial®), via oral na dose 0,1mg/kg, durante 3 dias, a cada 24horas . Os animais do grupo CONTROL não receberam tratamento.

As avaliações termográficas da porção dorsal da articulação metacarpofalângiana (AMF) dos membros torácicos foram realizadas nos instantes 0h (basal), 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 16, 20, 24, 30, 36 e 48 h, conforme ilustrado na Figura 28.

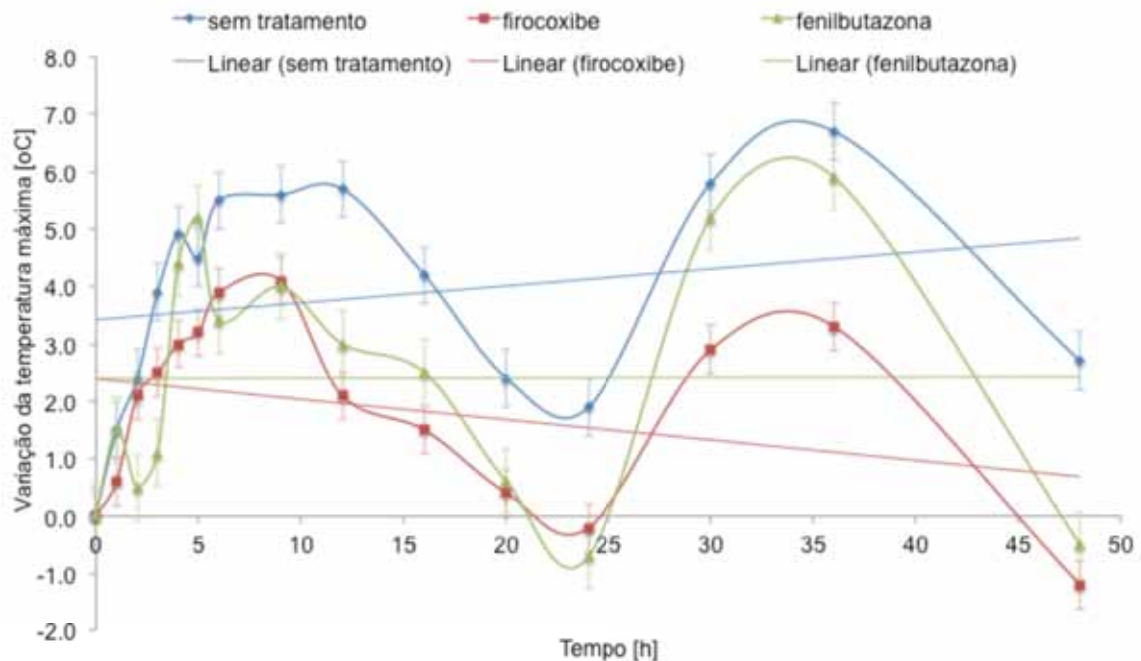


Figura 28 - Evolução das médias  $\pm$  erro padrão da variação das temperaturas máximas da porção dorsal da AMF esquerda com artrite induzida por injeção de LPS em dez equinos.

É possível observar que, durante o período de avaliação, as três curvas apresentaram comportamento oscilatório. A curva azul apresentou comportamento divergente, evidenciado por sua regressão linear (reta azul) com coeficiente angular positivo. Isto significa que o modelo de indução ainda estava atuando no sentido de amplificar a inflamação articular após 48 h.

A potência de atuação dos anti-inflamatórios não-esteroidais (AINE's) fica evidenciada pelas retas de regressão linear das curvas relativas à fenilbutazona (verde) e firocoxibe (vermelha). Pela inclinação negativa da reta vermelha, é possível concluir que o firocoxibe age de forma bem mais assertiva que a fenilbutazona no controle da sinovite induzida. Caso a avaliação se estendesse por mais alguns dias, seria possível evidenciar o

tempo de retorno à condição normal de cada uma das curvas, inclusive a do grupo não tratado, já que a inflamação possui um comportamento autolimitante.

Novamente, este foi um experimento que utilizou não somente a termografia, mas também a avaliação clínica, cinemática e ultrassonográfica para avaliação da inflamação nos equinos. A termografia se mostrou o método mais rápido, fácil e objetivo de se obter dados para validação dos tratamentos.

#### 5.4 CASO CLÍNICO 1: Acompanhamento da evolução de cirurgia ortopédica utilizando o PadTemp

Um equino macho da raça quarto-de-milha, 12 anos, pesando 445 kg, atleta de provas de laço, foi internado para realização de desmotomia do ligamento anular plantar esquerdo após diagnóstico clínico e ultrassonográfico. A realização da termografia antes da intervenção cirúrgica (dia -1) revelou a presença de um processo inflamatório nas faces plantar, lateral e medial da região proximal ao ligamento anular, com incremento médio de temperatura de  $2.4 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$  (Figura 29). A avaliação clínica local revelava aumento de volume com consistência flutuante, dor à palpação e claudicação visível ao passo (BASILE et al., 2011).



Figura 29 - Termografia pré-cirúrgica da região metatarsofalangiana de equino com constrição do ligamento anular plantar.

A desmotomia foi realizada em cirurgia convencional (dia 0) com anestesia geral inalatória por halotano, por meio da incisão transversal do ligamento anular em sua face lateral, caudalmente ao plexo neurovascular digital plantar. O pós-cirúrgico ocorreu sem complicações, sendo o paciente medicado com antibiótico penicilina G benzatina na dose de 30.000 UI/kg por 6 dias (3 aplicações) e fenilbutazona na dose de 4.4 mg/kg em dose única no pós operatório imediato. O paciente permaneceu em baia durante os 13 dias em que esteve internado no HV e recebeu bandagens compressivas, trocadas a cada 2 dias durante 7 dias e, em seguida, duas sessões de hidroterapia (ducha) diárias.

A primeira termografia pós-cirúrgica foi realizada 2 dias após a intervenção, no primeiro dia de troca da bandagem. O procedimento para a realização da avaliação termográfica consistia em retirar a bandagem cerca de 2 horas antes, deixar o animal em local fresco e sem correntes de ar ou incidência de luz solar, com temperatura ambiente controlada e variando entre 20 e 30°C, estando o local da lesão limpo e seco. As

termografias foram realizadas em três vistas e sempre à mesma distância – plantar à 90 cm, lateral e medial à 80 cm, de forma a fixar a resolução da imagem.

Os dados de temperatura máxima do local da lesão foram padronizados em função da temperatura ambiente no dia da aquisição (dia i) em relação à temperatura ambiente no dia -1 (antes da cirurgia), de forma a corrigir as possíveis interferências da temperatura ambiente no tecido lesionado e permitir a correta avaliação da evolução do quadro.

A primeira termografia após a cirurgia (dia 2) revelou a presença de um estado inflamatório severo, com incremento médio na temperatura das três vistas em  $6.6 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ .

No quarto dia após a cirurgia, o local da lesão apresentava redução de volume e o equino já era capaz de apoiar o membro, porém ainda com claudicação notável ao passo. As termografias realizadas nos dias 4, 9, 11 e 13 mostraram comportamento dinâmico oscilatório, variando entre  $5.4$  e  $6.4^{\circ}\text{C}$ , classificadas ainda como inflamação severa apesar da redução observada (Figura 30).

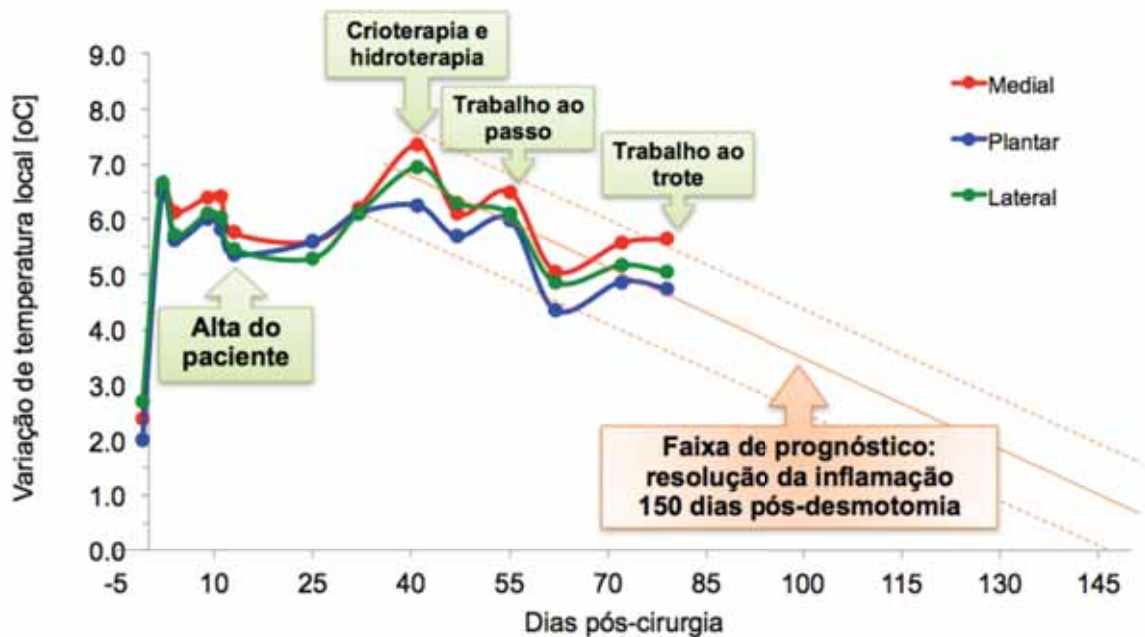


Figura 30 - Variação da temperatura máxima da articulação metatarsofalangiana nas projeções plantar, medial e lateral de equino.

Os pontos foram retirados no sétimo dia e a termografia realizada no nono dia revelava ainda a presença de um processo inflamatório bastante marcante em torno da região de sutura. Outro fato notado foi que a ferida cirúrgica apresentava uma fina área de isquemia caracterizada pelo decremento de temperatura local. O paciente recebeu alta no décimo terceiro dia, apresentando leve aumento de volume local provocado por edema, temperatura média regional de  $5.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ , sem claudicação evidente ao passo e sem dor à palpação, com prescrição somente de repouso.

No retorno realizado no vigésimo quinto dia, observou-se nova redução de volume local, porém os dados de termografia permaneceram estáveis. Apesar da avaliação clínica permanecer inalterada, no dia 41 observou-se notável incremento de temperatura local, a qual obteve média de  $6.8 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ , direcionando o tratamento para a necessidade de

intervenção clínica. Foram prescritas sessões diárias de crioterapia e hidroterapia por 20 minutos cada.

As avaliações semanais subsequentes demonstraram uma melhora consistente porém lenta do estado inflamatório da lesão, com prognóstico de recuperação completa em torno de  $150 \pm 15$  dias após a cirurgia, obtido pela extrapolação dos dados de termografia.

No dia 72, ao se obter temperaturas médias de  $5.2 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ , decidiu-se novamente alterar a estratégia de tratamento acrescentando a prescrição de trabalho ao passo montado por 20 minutos diários.

O método da termografia quantitativa complementou a avaliação clínica do pós-operatório de desmotomia de ligamento anular, muitas vezes demonstrando cenários que os métodos convencionais não eram capazes de evidenciar, além de fornecer dados sobre a eficácia do tratamento adotado e permitir seu redirecionamento quando necessário. O acompanhamento do quadro inflamatório ao longo do tempo forneceu informações também para a elaboração de um prognóstico mais determinístico.

#### 5.5 Proposta de escala de inflamação de extremidades baseada no método PadTemp

Unindo-se todos os conhecimentos obtidos após as diversas aplicações do método PadTemp, juntamente com o estado clínico (dor, claudicação, sensibilidade à palpação) dos cavalos dos experimentos citados anteriormente, propõe-se finalmente uma escala de gradação da inflamação em função da variação das temperaturas máximas das extremidades dos membros de equinos (Tabela 2).

Tabela 2 - Severidade da inflamação em decorrência do incremento local de temperatura em extremidades.

Grau de inflamação	Incremento de temperatura
Ausente	até 1°C
Leve	de 1°C à 3°C
Moderada	de 3°C à 5°C
Severa	de 5°C à 7°C
Muito Severa	acima de 7°C

Esta escala permite ao pesquisador comparar estados inflamatórios baseando-se nas variações de temperatura do membro, de uma forma direta e simplificada. Lembrando que tais incrementos de temperatura só são válidos para os valores obtidos após a padronização com o método PadTemp.



## **6 CONCLUSÃO**

A termografia é um método relevante de diagnóstico e acompanhamento da evolução do tratamento na medicina de equinos. Por se tratar de uma técnica de alta sensibilidade, exige de seu operador treinamento e doutrina para a realização dos exames. Porém, fornece informações tão detalhadas sobre os estados inflamatórios que pode ser utilizada também no meio científico, inclusive para a verificação da eficácia de fármacos.

Dado que os corpos estão em constante troca de calor com o meio em que se localizam, a temperatura do ambiente exerce grande influência na variação da temperatura superficial destes corpos. As extremidades dos membros dos equinos são regiões muito susceptíveis a tais variações, portanto este trabalho propôs um método de padronização das temperaturas superficiais dos membros em função das mudanças da temperatura ambiente.

O uso do método PadTemp também permite que a termografia se adéque às necessidades da medicina de equinos. Torna-se muito difícil respeitar as exigências de apertada faixa de temperatura ou mínima variação desta ao longo do exame proposta por muitos pesquisadores até o presente momento. O método PadTemp foi validado para execução de exames termográficos de extremidades ao longo do tempo em um envelope de temperatura ambiental entre 18 e 35°C.

As avaliações de regiões sobre grupamentos musculares devem ser realizadas em ambiente com controle de temperatura ambiental entre 30 e 35°C, já que o método proposto não é válido para as regiões proximais dos corpos dos equinos. Nesta faixa de temperatura proposta, as trocas entre a pele e o ambiente são mínimas.

O método PadTemp já foi utilizado para a verificação de eficácia de fármacos antiinflamatórios e para o acompanhamento pós-cirúrgico de desmotomia, demonstrando ser útil para correta compreensão dos fenômenos inflamatórios ao longo do tempo.

## 7 REFERÊNCIAS

ALBERT, S.M.; GLICKMAN, M.; KALLISH, M. Thermography in orthopedics. *Ann NY Acad Sci* 121: 157-170, 1964.

AMALU, W.C.; HOBBS, W.B.; HEAD, J.F.; ELLIOT, R.L. Infrared imaging of the breast: a review. In: DIAKIDES, N.A.; BRONZINO, J.D. *Medical infrared imaging*, CRC Press, 9-1 - 9-4, 2008.

ANBAR, M.; GRATT, B.M.; HONG, D. Thermology and facial telethermography. Part I: History and technical review. *Dentomaxillofac Radiol* 27(2): 61-67, 1998.

Anon. ICAO Standard Atmosphere and Extreme Atmospheres DOC 7041 – *NACA Contractor Report* 1235, 1955.

BAR-SELA, A. The history of temperature recording form antiquity to the present. In: ALBERNATHY, M.; UEMATSU, S. *Medical Thermology*. Georgetown University Medical Center, 1-5, 1986.

BASILE, R.C.; BASILE, M.T.; FERRAZ, G.C.; PEREIRA, M.C.; QUEIROZ-NETO, A. Equine inflammatory process evaluation using quantitative thermographic methodology. *Ars Veterinaria* 26(2):77-81, 2010a.

BASILE, R.C.; BASILE, M.T.; ALBERNAZ, R.M.; PEREIRA, M.C.; ARAUJO, R.; FERRAZ, G.C.; QUEIROZ-NETO, A. Guia prático de exames termográficos em equinos. *Bras J Equine Med* 31: 24-28, 2010b.

BASILE, R.C.; FERRAZ, G.C.; ALBERNAZ, R.M.; PEREIRA, M.C.; GIL, P.C.N.; QUEIROZ-NETO, A. Termografia quantitativa: um método para avaliação da eficácia da fenilbutazona. *Anais da XI Conf An Abraveq*, 257-258, 2010c.

BASILE, R.C.; FILHO, D.Z.; POLO, T.S.; QUEIROZ-NETO, A.; MACORIS, D.G. Acompanhamento pós-cirúrgico de desmotomia do ligamento anular plantar de equino com auxílio de termografia quantitativa - Relato de Caso. *Rev Vet Zootec Minas* 109: 131-132, 2011.

BASILE, R.C. *Acupuntura no tratamento de lesões da medula espinhal de equinos*. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Acupuntura Veterinária, Botucatu, 50 p., 2012.

BASILE, R.C.; FLORES, F.N.; GIANGRECCO, E.; VALADÃO, C.A.; MACORIS, D.G.; JOAQUIM, J.G.F. Estratégias de tratamento de lesões traumáticas da medula espinhal de equinos - relato de caso. *Rev Ed Cont Med Vet Zoot* 10(1), 2012a.

BASILE, R.C.; ALBERNAZ, R.M.; PEREIRA, M.C.; ARAÚJO, R.A.; FAGLIARI, J.J.; GONDIN, M.R.; FERRAZ, G.C.; QUEIROZ-NETO, A. Estudo comparativo dos limiares de detecção de métodos de avaliação de inflamação musculoesquelética em equinos. *Anais da XIII Conf An Abraveq*, 135-136, 2012b.

BATHE, A.P.; LITTLE, D.; SCHRAMME, M.C. Diagnostic imaging. Em: FLOYD, A.E.; MANSMANN, R.A. *Equine podiatry*. Ed Saunders Elsevier, 167-170, 2007.

BOWERS, S.; GANDY, S.; ANDERSON, B.; RYAN, P.; WILLARD, S. Assessment of pregnancy in the late-gestation mare using digital infrared thermography. *Theriogenology* 72: 372-377, 2009.

BRAVERMAN, Y. Potential of infra-red thermography for the detection of summer seasonal recurrent dermatitis (sweet itch) in horses. *Vet Rec* 124(14): 372-374, 1989.

BERKMAN, C.; ALBERNAZ, R.M.; BASILE, R.C.; LACERDA-NETO, J.C.; QUEIROZ-NETO, A.; FERRAZ, G.C. Exercício em esteira não elevou a temperatura do casco de equinos. *Ciência Rural*, 2011.

BRELSFORD, K.L.; UEMATSU, S. Thermographic presentation of cutaneous sensory and vasomotor activity in the injured peripheral nerve. *J Neurosurg* 62: 711-715, 1985.

CABRERA, I.N.; COHEN, J.; DOWNING, L. Thermography techniques. In: LEE, M.H.M.; COHEN, J.M. *Rehabilitation medicine and thermography*. Impress Publications, 25-32, 2007.

CELESTE, C.J.; DESCHESENE, K.; RILLEY, C.B.; THEORET, C.L. Skin temperature during cutaneous wound healing in an equine model of cutaneous fibroproliferative disorder: kinetics and anatomic-site differences. *Vet Surg*, 2012.

CETINKAYA, M.A.; DEMIRUTKU, A. Thermography in the assessment of equine lameness. *Turk J Vet Anim Sci* 36(1): 43-48, 2012.

CHAN, L.S.; CHEUNG, G.Y.; LAUDER, D.; KUMANA, C.R.; LAUDER, D. Screening for fever by remote-sensing thermographic camera. *J Travel Med* 11(5): 273-279, 2004.

CHRISTENSEN, J.; MATZEN, L.H.; VAETH, M.; SCHOU, S.; WENZELL, A. Thermography as a quantitative imaging method for assessing postoperative inflammation. *Detomaxillofac Radiol* , 2012.

CLARK J.A.; CENA, K. The potential of infrared thermography in veterinary diagnosis. *Vet Rec* 100: 404, 1977.

COHEN, J.M. Thermography - Clinical indications. Em: LEE, M.H.M.; COHEN, J.M. *Rehabilitation medicine and thermography*. Impress Publications, 11-14, 2007.

COLLINS, A.J.; RING, E.F.J.; COSH, J.A.; BACON, P.A. Quantitation of thermography in arthritis using multi-isothermal analysis. *Ann Rheum Dis* 33: 113, 1974.

COSTA, A.P.D.; SOBRINHO, B.L.; BOGOSSIAN, P.; MENDONÇA, L.P.V.; ANDRADE, V.A.A.; VIANA, A.P. Thermography in the evaluation of hindlimb muscles in horses after a cross-country test. *Proc 11th Weva*, 2011.

DELAHANTY, D.D.; GEORGI, J.R. Thermography in equine medicine. *J Am Vet Med Assoc* 147: 235-238, 1965.

DIEPPE, P.A. SATHAPATAYAVONGS, B.; JONES, H.E.; BACON, P.A.; RING, E.F. Intra-articular steroids in osteoarthritis. *Rheumatol Rehabil* 19:212-217, 1980.

EDDY, A.L.; VAN HOOGMOED, L.M.; SNYDER, J.R. The role of thermography in the management of equine lameness. *The Vet J* 162: 172-181, 2001.

FISCHER, A.A. Diagnosis and management of chronic pain in physical medicine and rehabilitation. Em: RUSKIN, A.P. *Current therapy in physiatry*. Ed Saunders, 123-145, 1984.

FONSECA, B.P.A.; ALVES, A.L.G.; NICOLLETTI, J.L.M.; THOMASSIAN, A.; HUSSNI, C.A.; MIKAIL, S. Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. *J Eq Vet Sci* 26(11): 507-516, 2006.

GOODMAN, P.H.; HEALSET, M.W.; PAGLIANO, J.W.; et al. Stress fracture diagnosis by computer-assisted thermography. *Phys Sportsmed* 13:114, 1985.

HADLER, N.M. Arm pain in the work place. A small area analysis. *J Occup Med* 34(2): 113-119, 1992.

HEAD, J.F. LIPARI, C.A.; ELLIOT, R.L. Comparison of mammography and breast infrared imaging: sensitivity, specificity, false negatives, false positives, positive predictive value and negative predictive value. *IEEE*, 1999.

HERMAN, C. CETINGUL, P.M. Quantitative visualization and detection of skin cancer using dynamic thermal imaging. *J. Vis. Exp.* (51), e2679, 2011.

HERRICK, R.T.; HERRICK, S.K. Thermography in the detection of carpal tunnel syndrome and other compressive neuropathies. *J Hand Surg* 12(A): 943-949, 1987.

HERRY, C.L.; FRIZE, M. Quantitative assessment of pain-related thermal dysfunction through clinical digital infrared thermal imaging. *Biomed Eng Online* 3: 1-14, 2004.

HOLMES, L.C.; GAUGHAN, E.M.; GORONDY, D.A.; HOGGE, S.; SPIRE, M.F. The effect of perineural anesthesia on infrared thermographic images of the forelimb digits of normal horses. *Can Vet J* 44:392-396, 2003.



JUROWSKI, P.; KUSMIERCZYK, J. OWCZAREK, G.; GRALEWICZ, G. Quantitative thermographic analysis of viscoelastic substances in an experimental study in rabbits. *J Cataract Refract Surg* 32(1): 137-140, 2006.

LAWSON, R.N.; CHUGTAI, M.S. Breast cancer and body temperatures. *Can Med Assoc J* 88:68, 1963.

MERRIAM, J.G. The role and importance of farriery in equine veterinary practice. *Vet Clin North Am Equine Pract* 19(2):273-283, 2003.

MING, Z.; ZAPROUDINA, N. SIIVOLA, J. NOUSIANEN, U.; PIETIKAINEN, S. Sympatetic pathology evidenced by hand thermal anomalies in carpal tunnel syndrome. *Pathophysiology* 12(2): 137-141, 2005.

MITCHELL, R.D. Imaging considerations in the purchase examination of the performance horse. *AAEP Proceedings* 55: 296-300, 2009.

NORWOOD, G.L.; HAYNES, P.F. Dorsam metacarpal disease. In: MANSMANN, R.A.; MCALLISTER, E.S. *Equine medicine and surgery*. Am Vet Publications, 1982.

PASCOE, D.D.; MERCER, J.B.; WEERD, L. Physiology of thermal signs. In: DIAKIDES, N.A.; BRONZINO, J.D. *Medical infrared imaging*. CRC Press, 6-1 - 6-5, 2008.

PUROHIT, R.C.; BERGFELD, W.A.; MCCOY, M.D.; THOMPSON, W.M.; SHARMAN, R.S. Value of clinical thermography in veterinary medicine. *Auburn Vet* 33:104-108, 1977.

PUROHIT, R.C. The diagnostic value of thermography in equine medicine. *Proceedings AAEP* 26: 317-326, 1980.

PUROHIT, R.C.; MCCOY, M.D. Thermography in the diagnosis of inflammatory process in the horse. *Am J Vet Res* 41(8): 1167-1174, 1980.

PUROHIT, R.C.; MCCOY, M.D.; BERGFELD, W.A. Thermographic diagnosis of Horner's syndrome in the horse. *Am J Vet Res* 41(8): 1180-1182, 1980.

PUROHIT, R.C.; SCHUMACHER, J.; MOLLOY, J.M.; SMITH, D.D.; PASCOE, D.D. Elucidation of thoracic and lumbosacral dermatomal patterns in the horse. *Thermol Int* 13:79, 2003.

RANTANEN, N.W. Equine imaging modalities: an algorithm approach. *Proceedings of the 56th annual convention of AAEP*, 290-296, 2010.

RING, E.F.J; COLLINS, A.J. Quantitative thermography. *Reumatol Phys Med* 10: 337, 1970.

RING, E.F.J. Quantitative thermal imaging. *Clin Phys Physiol Meas* 11(A):87-95, 1990.

RING, E.F.J. The historical development of thermal imaging in medicine. *Rheumatology* 43(6): 800-802, 2004.

RING, E.F.J.; AMMER, K. Thermal imaging in the disease of the skeletal and neuromuscular systems. Em: DIAKIDES, N.A.; BRONZINO, J.D. *Medical infrared imaging*. CRC Press, 17-1 - 17-15, 2008.

ROSEMBLUM, J.; WU, S.S.H.; CABRERA, I.N.; LEE, M.H.M. Use of acupuncture and thermography in modern medicine. Em: LEE, M.H.M.; COHEN, J.M. *Rehabilitation medicine and thermography*. Impress Publications, 113-122, 2007.

SANCHEZ, B.M.; LESCH, M.; BRAMMER, D.; BOVE, S.E.; THIEL, M.; KILGORE, K.S. Use of a portable thermal imaging unit as a rapid, quantitative method of evaluating inflammation and experimental arthritis. *J Pharmacol Toxicol Methods* 57(3): 169-175, 2008.

SHARMA, S.D.; SMITH, E.M.; HAZLEMAN, J.R.; JENNER, J.R. Thermographic changes in keyboard operators with chronic forearm pain. *B MJ* 314:118, 1997.

SIMON, E.L.; GAUGHAN, E.M.; EPP, T.; SPIRE, M. Influence of exercise on thermographically determined surface temperatures of thoracic and pelvic limbs in horses. *J Am Vet Med Assoc* 229(12): 1940-1944, 2006.

SMITH, W.M. Applications of thermography in veterinary medicine. *Ann N Y Acad Sci* 121: 248-254, 1964.

STEIN, L.E.; PIJANOWSKI, G.J.; JOHNSON, A.L.; et al. A comparison of steady state and transient thermography techniques using a healing tendon model. *Vet Surg* 17:90, 1988.

STROMBERG, B.; NORBERG, I. Infrared emission and Xe-disappearance rate studies in the horses. *Equine Vet J* 1:7-14, 1971.

STROMBERG, B. The normal and diseased flexor tendon in race-horses. *Acta Radiol [Suppl]* 305:1-94, 1971.

STROMBERG, B. Morphologic, thermographic and Xe clearance studies on normal and diseased superficial digital flexor tendons in race horses. *Equine Vet J* 5:156, 1973.

STROMBERG, B. The use of thermography in equine orthopedics. *J Vet Radiol* 15:94, 1974.

TOMLINSON, J.; SAGE, A.M.; TURNER, T.A. Ultrasonographic examination of the normal and diseased equine pelvis. *AAEP Proceedings* 46: 375, 2000.

TUNLEY, B.V.; HENSON, F.M.D. Reliability and repetability of thermographic examination and the normal thermographic image of the thoracolumbar region in the horse. *Equine Vet J* 36(4): 306-312, 2004.

TURNER, T.A.; FESSLER, J.F.; LAMP, M.; PEARCE, J.A.; GEDDES, L.A. Thermographic evaluation of podotrochosis in horses. *Am J Vet Res* 44:535-539, 1983.

TURNER, T.A.; PUROHIT, R.C.; FESSLER, J.F. Thermography: a review in equine medicine. *Comp Cont Ed Pract Vet* 8:855, 1986.

TURNER, T.A. Hindlimb muscle strain as a cause of lameness in horses. *AAEP Proceedings* 34: 281, 1989.

TURNER, T.A.; WOLFSDORF, K.; JOURDENAIS, J. Effects of heat, cold, biomagnets and ultrasound on skin circulation in the horse. *AAEP Proceedings* 37: 249-257, 1991.

TURNER, T.A. Use of thermography in lameness evaluation. *AAEP Proceedings* 44: 224-226, 1998.

TURNER, T.A.; PANSCH, J.; WILSON, J.H. Thermographic assessment of racing thoroughbreds. *AAEP Proceedings* 47: 344-346, 2001.

TURNER, T.A. Thermography: Use in equine lameness. Em: ROSS, M.W.; DYSON, S.J. *Diagnosis and management of lameness in the horse*. Ed Saunders, 236-239, 2003.

TURNER, T.A.; WALDSMITH, J.K.; WILSON, J.H. How to assess saddle fit in horses. *AAEP Proceedings*, 2004.

TURNER, T.A. Diagnosis and treatment of back pain in horses. Proceedings of 16th Italian Association of Equine Veterinarians Congress, 157-160, 2010.

VADEN, M.F.; PUROHIT, R.C.; MCCOY, M.D.; VAUGHAN, J.T. Thermography: a technique for subclinical diagnosis of osteoarthritis. *Am J Vet Res* 41(8): 1175-1179.

VALBERG, S.J. Diagnostic approach to muscle disorders. *AAEP Proceedings* 52: 340-346, 2006.

VAN HOOGMOED, L.M.; SNYDER, J.R. Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. *Vet J* 164(2); 129-141, 2002.

VARJU, G.; PIEPER, C.F.; RENNER, J.B.; KRAUS, V.B. Assessment of hand osteoarthritis: correlation between thermographic and radiographic methods. *Rheumatology* 43: 915-919, 2004.

WEBBON, P. Prohibited practices in equine sport - how to root out malpractice. *Vet J* 164(2): 83-84, 2002.

WEINSTEIN, S.A. A comparison of thermography with EMG, CAT scanning, myelography and surgery in 250 patients with low back symptoms. *13th Annual Meeting, Academy of Thermology*, Washington DC, 1984.

WINSOR, T.; WINSOR, D. The noninvasive laboratory: History and future of thermography. *Int Angiol* 4(1): 41-50, 1985.

WU, S.S.H. The clinical use of temperature measurement in medical practice: a historical perspective. Em: LEE, M.H.M.; COHEN, J.M. *Rehabilitation medicine and thermography*. Impress Publications, 11-14, 2007.