

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
*CAMPUS* ARAPIRACA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA

HELOÍSA CARVALHO CRUZ

PADRÃO DE VARIAÇÃO TERMOGRÁFICA EM REGIÕES MUSCULARES E  
ARTICULARES DE EQUINOS COMPETIDORES DE VAQUEJADA

VIÇOSA-AL  
2018

HELOÍSA CARVALHO CRUZ

PADRÃO DE VARIAÇÃO TERMOGRÁFICA EM REGIÕES MUSCULARES E  
ARTICULARES DE EQUINOS COMPETIDORES DE VAQUEJADA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Medicina Veterinária da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Tobyas Maia de Albuquerque Mariz

VIÇOSA-AL

2018

**Catálogo na fonte Universidade  
Federal de Alagoas Biblioteca Polo  
Viçosa, AL**

Bibliotecária Responsável: Edvânia Cosmo da S. Gonçalves

C957p Cruz, Heloísa Carvalho

Padrão de variação termográfica em regiões musculares e articulares de equinos competidores de vaquejada / Heloísa Carvalho Cruz – 2018.

37 f.; il.

Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Viçosa,AL, 2018.

Orientação: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Tobiyas Maia de Albuquerque Mariz

Inclui bibliografia

1. Termograma 2. Cavalos 3. Fisiologia I. Título

CDU: 619:616-002.1:636.1

## Folha De Aprovação

AUTOR: HELOÍSA CARVALHO CRUZ

### PADRÃO DE VARIAÇÃO TERMOGRÁFICA EM REGIÕES MUSCULARES E ARTICULARES DE EQUINOS COMPETIDORES DE VAQUEJADA

Dissertação submetida ao corpo docente  
do Programa de Pós-Graduação em  
Medicina Veterinária da Universidade  
Federal de Alagoas e aprovada em  
27/07/2018.



---

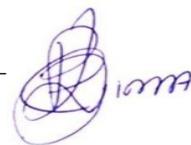
Prof. Dr. Tobias Maia de Albuquerque Mariz – UFAL (Orientador)

Banca Examinadora:



---

Prof. Dr. Pierre Barnabé Escodro- UFAL



---

Profa. Dra. Carolyny Batista Lima Mariz- UFAL

A Deus e a minha filha, fonte de  
inspiração de todas as minhas conquistas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente e especialmente a Deus por ter me concedido saúde e garra para superar as dificuldades. Seu amor não falha.

A todas as pessoas que fazem o Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da UFAL acontecer, em especial aos docentes por tanto ensinamentos.

Ao meu orientador Dr. Tobyas Mariz, por todo o suporte, correções e incentivos, mesmo com seu tempo limitado.

Aos meus pais pela confiança e pelo apoio incondicional em todos os aspectos.

A minha irmã por seu exemplo.

A minha filha pela compreensão da ausência.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa trajetória.

Muito obrigada!

## RESUMO

A vaquejada é um esporte equestre que demanda condicionamento físico adequado do animal. Por ser realizada principalmente na região nordeste do país, os animais deparam-se frequentemente com condições climáticas adversas. Fatores climáticos são promotores de estresse e induzem resposta fisiológica no animal para manutenção da homeostase. Visto que as reações químicas corporais dependem da temperatura. Além disso, a hipertermia é um possível mecanismo de causa para que os cavalos tenham fadiga. Uma das utilizações da termografia é auxiliar a avaliação fisiológica do cavalo, pois tem a capacidade de analisar se existe termorregulação eficiente através do estudo da temperatura superficial do atleta. Além disso, o estudo da fisiologia do exercício equino também subsidia a indústria de bons cavalos para a vaquejada deixando para trás práticas que se baseavam exclusivamente no empirismo.

**Palavras-chave:** Fisiologia do exercício. Termorregulação. Cavalo atleta.

## **ABSTRACT**

The vaquejada is an equestrian sport that demands adequate physical conditioning of the animal. Due mainly to the northeastern region of the country, the animals often encounter adverse climatic conditions. Climatic factors are stress promoters and induce a physiological response in the animal to maintain homeostasis. Since body chemical reactions depend on temperature. In addition, hyperthermia is a possible cause mechanism for horses to have fatigue. One of the uses of thermography is to assist the physiological evaluation of the horse, since it has the capacity to analyze if thermoregulation is efficient through the study of the athlete's superficial temperature. In addition, the study of the physiology of equine exercise also subsidizes the good horse industry for the cowgirl, leaving behind practices that were based exclusively on empiricism

**Keywords:** Exercise physiology. Thermogulation. Horse athlete.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1INTRODUÇÃO</b>   | <b>10</b> |
| <b>2REVISÃO DE LITERATURA</b>  | <b>12</b> |
| 2.1 FISILOGIA GERAL DO EXERCÍCIO (FUNCIONAMENTO E ATIVIDADE MUSCULAR, PRODUÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA, PRODUÇÃO E DISSIPACÃO DE CALOR) | 12        |
| 2.2 PRODUÇÃO E DISSIPACÃO DE CALOR EM EQUINOS DE ACORDO COM A ATIVIDADE FÍSICA E COM O AMBIENTE                                      | 17        |
| 2.3 TERMOGRAFIA  | 18        |
| <b>3CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>   | <b>22</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b>   | <b>23</b> |
| <b>APÊNDICE A – PADRÃO DA VARIAÇÃO TERMOGRÁFICA EM REGIÕES MUSCULARES E ARTICULARES DE EQUINOS COMPETIDORES DE VAQUEJADA</b>         | <b>29</b> |
| RESUMO   | 29        |
| ABSTRACT   | 29        |
| RESUMEN  | 30        |
| INTRODUÇÃO   | 31        |
| MATERIAL E MÉTODOS   | 31        |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO   | 33        |
| CONCLUSÃO  | 37        |
| REFERÊNCIAS  | 38        |

## 1 INTRODUÇÃO

Os cavalos foram criados e destinados para vários usos. Raças mais pesadas foram atribuídas para tração ou trabalho militar na idade média. As raças mais leves foram criadas para velocidade e resistência, usadas para transporte, pastoreio e esporte (HINCHCLIFF e GEOR, 2008). A vaquejada é um dos esportes equestres de destaque no Brasil, e foi elevado à condição de patrimônio cultural imaterial e manifestação da cultura nacional através da Lei 13.364, de 29 de novembro de 2016 (BRASIL, 2016). Movimenta mais de 160 milhões por ano no país, gerando milhares de empregos diretos e indiretos, tendo distribuição inicialmente concentrada na região nordeste (PIMENTEL et al., 2011), e posterior expansão por todo o território nacional (CNA, 2006; ARAÚJO et al., 2008).

A vaquejada é um esporte equestre que demanda bastante energia para a sua execução. A intensidade do exercício efetuado tende a aumentar a frequência cardíaca e respiratória, num ajuste fisiológico necessário para promover uma maior aporte sanguíneo para os músculos e oxigenação do sangue. A capacidade atlética superior do cavalo deve-se a sua alta capacidade aeróbica máxima, boas reservas intramusculares de energia, marcha eficiente e termorregulação altamente eficaz (GERARD et al., 2014).

Assim como nos humanos, consequências do estresse térmico impossibilitam o máximo desempenho atlético dos animais (SOUZA et al., 2012). O ambiente térmico muda com a hora e a localidade, e esse fato consiste em um desafio para os animais homeotérmicos como o cavalo, que tem que manter uma temperatura corporal constante mesmo com as condições físicas extremas (MORGAN, 1996).

Fatores climáticos como altas temperaturas, umidade relativa do ar e radiação solar são causas de estresse e induzem resposta fisiológica no animal para manutenção da homeostase corporal (FONSECA et al., 2014). Isto porque as reações químicas corporais dependem da temperatura (COLVILLE e BASSERT 2010).

A hipertermia é um possível mecanismo de causa para que os cavalos tenham fadiga. O exercício prolongado, principalmente quando a competição acontece em ambientes quentes e úmidos, pode promover o alcance da temperatura corporal crítica que antecipa o fenômeno da fadiga (VALBERG, 2014). O estudo da

temperatura corporal é um indicador de quais animais estão mais adaptados ao exercício, ou seja, os que estão mais condicionados e menos predispostos à fadiga (PALUDO et al., 2002).

Uma das utilizações da termografia é justamente auxiliar na avaliação fisiológica do cavalo. As modernas termocâmeras são sensíveis às mudanças de temperaturas superficiais corporais, servindo para mensurar incrementos de calor gerados pelo exercício e a eficiência dos mecanismos termorregulatórios do animal (REDAELLI et al., 2014). Sabendo que essas variáveis auxiliam na detecção do estresse térmico e podem comprovar a adaptação dos animais a um determinado ciclo sequencial de exercícios, objetivou-se realizar uma breve revisão de literatura sobre os tópicos que rodeiam o assunto, que serviram de suporte para embasar o já artigo publicado sobre pesquisa relacionada com o tema.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

A vaquejada constitui-se em uma atividade cultural-competitiva, em que dois vaqueiros montados a cavalos possuem o objetivo de alcançar e emparelhar o boi, conduzindo a rês até o local indicado, derrubando-a pela cauda. A pista em que o boi é deitado no chão tem um colchão de areia de no mínimo 40 centímetros. Existem fatores de julgamento para definir se “valeu o boi”, indica êxito do competidor; “zero”, insucesso; “retorno”, anulação da apresentação e “desclassificação”, que acarreta a eliminação do mesmo (ABVAQ, 2016).

Sancionada pelo presidente da república, a Lei 13.364, de 29 de novembro de 2016, eleva a vaquejada à condição de patrimônio cultural imaterial e manifestação da cultura nacional (BRASIL, 2016). A profissão do vaqueiro é regulamentada pela Lei 10.220, de 11 de abril de 2001, a qual o equipara ao atleta profissional (BRASIL, 2001). A normatização da vaquejada ainda tramita como Proposta de Emenda à Constituição número 50 de 2016 e aguarda promulgação em sessão no Congresso Nacional (SENADO, 2017). A atividade movimenta mais de 160 milhões por ano no Brasil, gera milhares de empregos diretos e indiretos.

### **2.1 FISILOGIA GERAL DO EXERCÍCIO (FUNCIONAMENTO E ATIVIDADE MUSCULAR, PRODUÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA, PRODUÇÃO E DISSIPAÇÃO DE CALOR)**

Há gerações, a criação e o treinamento de cavalos são baseados em processos tradicionais, porém, o estudo da fisiologia do exercício vem ganhando espaço para subsidiar a indústria desses animais atletas (HODGSON et al., 2014). Esses estudos geralmente contemplam medições de temperatura corpórea, frequência cardíaca e respiratória. Tais parâmetros são importantes para o estabelecimento da intensidade do exercício e para dimensionar o condicionamento dos cavalos (EVANS 2000).

O cavalo é um atleta excepcional, atributo que decorre de sua origem nas pradarias da América do Norte. Nessa Planície desprovida de árvores, a espécie sobreviveu e evoluiu por conta de sua velocidade, pois era presa; e pela resistência

adquirida por viajar longas distâncias buscando água e alimento. Essa capacidade atlética superior é atribuída à sua alta capacidade aeróbica máxima, de transportar oxigênio, contração esplênica, ampla reserva de substratos energéticos intramusculares, especialmente glicogênio, grande volume mitocondrial no músculo e termorregulação eficiente (HINCHCLIFF e GEOR 2008; GERARD et al., 2014).

Os vertebrados se locomovem a partir da associação de várias vias fisiológicas e metabólicas que se unem e fornecem mobilidade ao organismo através do sistema músculo esquelético. Possivelmente a via mais importante é a de produção de energia, pois sem energia o músculo não se contrai, e conseqüentemente o corpo não se movimenta. O músculo precisa que a energia química armazenada pelo corpo seja transformada em energia cinética para que ocorra a contração (GERARD et al., 2014).

A energia necessária para a contração muscular provém da oxidação de carboidratos, gorduras e uma menor contribuição de proteínas e aminoácidos. Cerca de 90% das reservas de carboidratos encontram-se no músculo, sendo a glicose acondicionada nos músculos esqueléticos e no fígado, na forma de glicogênio. A concentração de glicogênio na musculatura do cavalo é grande em comparação a outras espécies, ou seja, esses animais possuem boas reservas de substrato intramuscular prontos para uso durante o exercício (HINCHCLIFF e GEOR 2008).

O músculo esquelético estriado possui mecânica de contração isotônica e isométrica, tendo os movimentos fisiológicos musculares voluntários características intermediárias entre essas condições, já que movimentos destinados à locomoção se contraem de forma isotônica, mas para manter a postura utiliza-se especialmente contrações isométricas. Somente 25% da energia utilizada pelo músculo é transformada em energia mecânica e os outros 75% dissipam-se em calor, concluindo-se que a maior parte das reações que ocorrem no sistema muscular é exotérmica (REDAELLI et al., 2014).

Na contração muscular, as células do músculo esquelético possuem proteínas especializadas em traduzir a energia química do ATP em movimento, denominadas miosina e actina. A molécula de ATP liga-se fortemente a uma certa conformação da miosina com o objetivo de mantê-la nessa conformação. Por fim, a miosina catalisa a hidrólise do ATP a qual está ligada em ADP e Pi (NELSON e COX, 2014), conforme demonstra a equação abaixo:



As duas resultantes se dissociam, o que permite que a proteína relaxe em outra conformação até que outro ATP se ligue. A ligação e a hidrólise consecutiva do ATP fornecem energia para as modificações cíclicas na conformação da cabeça da miosina. As transformações na conformação de numerosas moléculas de miosina resultam no deslizamento das mesmas ao longo dos filamentos de actina, promovendo assim a contração macroscópica do músculo (NELSON e COX 2014).

A concentração de ATP na fibra muscular é reduzida, suficiente apenas para alguns segundos de contração. Utiliza-se, portanto, a fosfocreatina, que é uma molécula que apresenta uma ligação fosfato de alta energia. Esta é a fonte primária antes da ativação da glicogenólise. Outra fonte de ATP é a glicose plasmática que é transportada para o músculo através de difusão facilitada. A glicólise aeróbia ocorre quando existe oxigênio suficiente, o ácido pirúvico participa do ciclo do ácido cítrico metabolizando até formar  $\text{CO}_2$  e água (DA SILVA, 2011). A glicose se propaga no citoplasma celular do músculo através da circulação. É transformada em glicose-6-fosfato mediante uma reação catalisada pela enzima hexoquinase a partir de uma molécula de ATP. A glicose-6-fosfato pode ser transformada de forma reversível em glicose-1-fosfato para ser armazenada como forma de glicogênio muscular ou enviado diretamente para a via glicolítica para produção de energia instantânea (GERARD, 2014).

Quando existe oxigênio disponível, os átomos de hidrogênio da molécula são transportados para a cadeia de transporte de elétrons e o piruvato serve como substrato para a coenzima acetilCoA. Essa entra no ciclo de Krebs formando o citrato através de sua ligação com o oxaloacetato. Normalmente o ciclo utiliza ainda três NAD e um FAD que se transformam em NADH E FADH e são reoxidados abastecendo os depósitos de ATP e adenina. O emprego de um mol de glicose nessa via gera de 36 a 38 ATP's (GERARD, 2014).

Na glicólise anaeróbica não tem oxigênio suficiente, o ácido pirúvico não participa do ciclo, transformando-se em ácido láctico (DA SILVA, 2011). Nessa via, as reações ocorrem somente no citoplasma da célula muscular. Com a ausência de oxigênio, o piruvato aceita átomos de hidrogênio do NADH e invés de ser convertido em acetilCoA para entrar no ciclo, ele é transformado em lactato. O catalisador da reação é a lactato desidrogenase e a regeneração do NAD1 sustenta a reação

anaeróbica através do oferecimento de novos hidrogênios. Essa via é de produção rápida e produz 3 moléculas de ATP a partir de uma de glicogênio ou 2 de ATP a partir da glicose (GERARD, 2014).

No estágio inicial da atividade física, a glicogenólise muscular, glicólise anaeróbica e aeróbica são as principais fontes de energia. Após a fase inicial do exercício, ocorre o incremento de  $\text{Ca}^{+2}$ , aumento que impulsiona a fosforilasequinase que catalisa a transformação de fosforilase b em a. O monofosfato cíclico de adenosina ativa a fosforilase e a fosfofrutoquinase-1 e a atividade da glicólise e a atividade de glicogênio são ampliadas (DA SILVA, 2011), sobressaindo-se aí a vantagem energética dos equídeos em comparação a outras espécies, mencionada anteriormente, devido suas grandes reservas intramusculares de glicogênio (GERARD et al., 2014). Ainda subsiste a lipólise através da  $\beta$ -oxidação de ácidos graxos do plasma oriundo do tecido adiposo e a decomposição de triacilgliceróis do músculo, essencialmente em atividades mais longas (DA SILVA, 2011).

Toda essa atividade muscular esquelética descrita, independente da via energética que for ativada para promovê-la, irá gerar calor no corpo. Mesmo quando o corpo está em situação de repouso, está sendo gerado o calor basal primordial para manutenção da situação homeoterma da espécie, advindo da atividade metabólica. Quando ativo, a produção de calor muscular aumenta de forma proporcional à mecânica do movimento, principalmente em contrações isotônicas. Logo, o calor produzido pelo trabalho viabiliza uma análise de fenômenos químicos provenientes do músculo (REDAELLI et al., 2014).

No decurso da atividade do músculo, essas reações químicas do metabolismo energético produzem ganhos de calor corporal notáveis. Também é absorvido pelo corpo o calor da radiação solar e de objetos com temperatura mais elevada (MCARDLE et al., 2016). A temperatura corporal dos animais homeotérmicos é quase constante, e as vias metabólicas e as estruturas celulares desses animais são bastante influenciadas pelas alterações de temperatura, o que torna a regulação da temperatura corporal um processo crítico para fisiologia corporal (POWERS e HOWLEY, 2005). Por este motivo o corpo esforça-se, quando submetido a diferentes temperaturas, para conservar a temperatura interna numa variação bastante curta (FOSS e KETEVIAN, 2010).

A regulação da temperatura possui um centro coordenador que se encontra no hipotálamo, formado por um conjunto de células nervosas especializadas que

trabalham de forma semelhante a um “termostato” que ativa os mecanismos termorregulatórios sempre quando necessários. Receptores na pele e alterações térmicas no sangue que atravessa o hipotálamo incitam essa região, e a atividade acentuada dessas células desperta o hipotálamo anterior a provocar respostas coordenadas para auxiliar a perda de calor, ou o hipotálamo posterior, para a conservação do calor (MCARDLE et al., 2016).

A dissipação de calor é essencialmente importante em atividades físicas em climas quentes, dado que já existem os mecanismos que mantêm o grande fluxo de sangue no músculo, acaba subsistindo uma competição entre esse e os mecanismos de termorregulação. A perda de calor corporal exigida pode ocorrer através de quatro métodos físicos, quer seja a radiação, condução, convecção e a evaporação (MCARDLE et al., 2016).

A radiação consiste na emissão contínua de ondas térmicas eletromagnéticas naturalmente lançadas por todos os corpos. Já a condução compreende a transferência direta de calor entre moléculas por intermédio de um sólido, líquido ou gás, sendo dependente de fatores como o gradiente de temperatura da pele e das outras superfícies e de suas qualidades térmicas (possibilidade de absorver calor). A perda de calor por condução de um corpo depende da convecção da água ou ar adjacente a ele. Se a convecção desses elementos sucede de forma lenta, o ar ou a água que está adjacente a pele se aquece e evita a perda de calor. Se ocorrer o contrário, a convecção diminui a proteção feita pelo material adjacente e existe aumento na perda de calor. Já a água que evapora das vias respiratórias e da superfície da pele através do suor transfere calor por evaporação incessantemente para o ambiente (MCARDLE et al., 2016).

Caso esses mecanismos não sejam efetivos, o calor tende a se acumular no corpo, levando a um aumento de temperatura. A intensidade e duração do exercício que está sendo realizado tem correlação com essa carga de calor, já que a temperatura central se eleva, e naturalmente induz a um aumento dissipação do calor como um mecanismo compensatório. Se isso não ocorrer, o desempenho atlético diminui para a redução da produção de calor, podendo até mesmo ocorrer um colapso por conta da hipertermia (TANDA, 2016).

## **2.2 PRODUÇÃO E DISSIPAÇÃO DE CALOR EM EQUINOS DE ACORDO COM A ATIVIDADE FÍSICA E COM O AMBIENTE**

No decurso do exercício, a sobrecarga da formação ampliada de calor metabólico está sob responsabilidade de mecanismos termorreguladores. Os quatro meios principais são a condução, convecção, radiação e evaporação, sendo a evaporativa, através da sudorese, a mais eficiente no exercício, sobretudo no cavalo. Nem sempre esses mecanismos são suficientes para impedir a elevação da temperatura, já que as temperaturas sanguíneas, retais e musculares se elevam demasiadamente no equino conforme a intensidade e duração do exercício (REECE, 2006).

Os animais reagem de forma desigual às mudanças de clima ou às exposições a radiação solar. Há fatores que podem alterar comportamento e produtividade dos mesmos e modificar diversos parâmetros fisiológicos (ROBERTO et al., 2010). Os equinos possuem a característica de serem animais que não ofegam, porém, quando existe exercício de longa duração, ocorre perda de calor evaporativo através do trato respiratório (CUNNINGHAM, 2004).

As vaquejadas são realizadas em todos os turnos. O turno em que existe maior variação de parâmetros fisiológicos, indicando um maior empenho do metabolismo animal para a termorregulação, é o período da tarde. O grande esforço realizado pelos equinos atletas une-se às condições climáticas quentes do clima tropical em que o esporte é realizado. A frequência cardíaca é diretamente proporcional à frequência respiratória e o esforço físico da vaquejada tem influência direta nessas medidas. Esses aumentos são mecanismos compensatórios para o cavalo perder calor para o ambiente, conseguindo manter a temperatura corpórea na normalidade (FONSECA et al., 2014).

Praticada principalmente no nordeste brasileiro, os cavalos atletas da vaquejada se exercitam bastante durante cada prova. Eles estão sujeitos a exercícios de alta intensidade em breve período de tempo, chegando em algumas situações ao limite máximo de esforço que seu corpo suporta. Por esse motivo, os mecanismos compensatórios realizados para a regulação da temperatura corporal podem diminuir a qualidade da performance do atleta (EVANS, 2000; FONSECA et al., 2014).

Em provas de laço dupla, a temperatura dos cavalos submetidos ao exercício aumenta, mas volta ao seu valor basal em 24 horas após a atividade. Constatou-se que na região tendínea distal dos membros pélvicos e na musculatura da garupa o retorno à temperatura pode demorar um pouco mais por conta do maior volume de carga nelas durante a prática do esporte. Contudo, a raça Quarto-de-milha mostrou-se adaptada ao exercício de acordo com os seus mecanismos termorregulatórios eficientes (GERARDI, 2016).

Também existe diferença de capacidade termorregulatória entre as raças dos animais. Cavalos do exército brasileiro de diversas raças, mantidos no Regimento do Exército Brasileiro em Brasília, submetidos às condições climáticas do cerrado, foram estudados através da colheita de variáveis fisiológicas, constatando-se que os animais bretões são mais adaptados ao tipo de atividade ao qual estão submetidos no trabalho militar e as condições ambientais no qual estava inseridos, conclusão baseada através da observação principalmente de sua frequência respiratória e temperatura retal, parâmetros pouco aumentados após a exposição às situações citadas (PALUDO et al., 2002).

### **2.3 TERMOGRAFIA**

Apesar de ser uma tecnologia atual e de bastante ascendência, a termografia infravermelha surgiu em 1800. William Herschel descobriu a radiação térmica, que posteriormente, nos anos sessenta, ficou conhecida como infravermelho. Ele provou que o infravermelho acompanhava a mesma lei que a luz visível. Os primeiros termógrafos foram desenvolvidos em 1830, mas só em 1970 surgiram as primeiras câmeras comerciais. Atualmente, os aparelhos foram aprimorados pela computação e eletrônica que garantem resultados de alta qualidade e sensibilidade (ARFAOUI et al., 2012).

Câmera térmica é o aparelho que focaliza a radiação infravermelha em detectores de matriz bidimensional, que apresenta uma saída elétrica proporcional à potência da radiação que foi detectada. A lei de Stefan-Boltzmann modificada é utilizada para determinar a temperatura nos segmentos do campo de visão e a saída é emitida com cores codificadas para cada temperatura, chamada de termograma (SOKORO et al., 2018). Ou seja, a termografia infravermelha transforma a energia térmica emitida pelo corpo em um elemento visível (ARFOUI et al., 2012). Os

termogramas são avaliados visualmente e processados por um software que revela dados úteis como a média das temperaturas encontradas nas regiões escolhidas (SOKORO et al., 2018).

A medida da radiação também depende do ambiente e da emissividade, não apenas da temperatura da superfície do corpo a ser analisado. Emissividade é uma propriedade própria da superfície, é a sua capacidade relativa para emitir energia por radiação (ARFAOUI et al., 2012). Pode ser levado em consideração como erro na técnica aquecimento irradiante do revestimento, a variação da emissividade e o resfriamento evaporativo. As imagens termográficas podem ser colhidas a menos de 1 metro de distância, ou até mais de 1.000 metros do corpo a ser avaliado (MCCAFFERTY, 2007). Para ser utilizada para fins de diagnósticos, essa ferramenta possui a limitação de ser altamente influenciada pelo ambiente (SANTANA et al., 2018).

É preciso observar alguns fatores para conseguir imagens térmicas seguras, tais como condições de movimentação, temperatura e radiação do ambiente e artefatos. Para evitar movimento, recomenda-se a restrição física, evitando a química, pois o fármaco pode alterar a circulação periférica. Artefatos podem ser provocados por pêlos, cicatrizes ou sujeira, por isso a imagem é colhida de vários ângulos. Aconselha-se que o exame seja realizado em áreas protegidas do sol e de preferência sem fluxos de ar para evitar o aumento da perda de calor (REDAELLI et al., 2014). Por causa da influência ambiental, para garantir a qualidade das imagens para fins diagnósticos, é necessário controlar umidade e temperatura do local (SANTANA et al., 2018).

A termografia por infravermelho possui aplicação ampla, sendo comumente empregada em ciência dos materiais, engenharia, agricultura, veterinária e em campos esportivos (PRAKASH, 2012). É uma tecnologia nova e colabora bastante para o progresso da ciência animal. Um dos grandes desafios na veterinária é estabelecer medidas seguras do estado geral dos animais, ou seja, fazer uma avaliação eficiente em seus pacientes das suas respostas positivas e negativas, levando em consideração outros fatores como a herança genética e o ambiente. Para analisar essa resposta, os indicadores não invasivos podem ser úteis, pois não interferem diretamente no organismo a ser avaliado, evitando reflexos indevidos ao estresse da manipulação direta (LUZI et al., 2013).

A técnica é definida como não invasiva, pois não causa danos e não precisa de nenhum contato com o corpo do paciente ou do executante. O corpo não recebe ondas ultrassonográficas como a ultrassonografia, não precisa ser colocado em um campo eletromagnético como a ressonância magnética e não recebe radiação como na radiografia e tomografia computadorizada. Oferece uma análise em tempo real, por isso a termografia infravermelha é considerada um método fisiológico, já que fornece imagens dinâmicas, não apenas imagens estáticas como as outras técnicas. Pode mostrar alterações antes mesmo de demonstrar sinais clínicos e monitora reposta a tratamentos sem interferência (REDAELLI et al., 2014).

Na atualidade, a imaginologia infravermelha é o único método para monitoramento não-invasivo em tempo real de temperatura da pele (TANDA, 2016), sendo frequentemente empregada para medição da temperatura de superfície, podendo ser considerado informativo de fluxo sanguíneo para a região (DOUTHIT et al., 2014). Essa medida contempla a situação do metabolismo do tecido e da circulação sanguínea. Padrões térmicos anormais podem indicar áreas de inflamação superficial ou deficiências circulatórias (STELLETA et al., 2012).

É um instrumento útil e indicador geral de processos inflamatórios, estresse, patologias e dor, com uso inovador, rápido, de baixo-custo, eficiente e não necessita de contato físico com o animal (MCMANUS et al., 2016). Desde 2001 sucederam-se inúmeros esforços para a introdução da termografia na prática veterinária (STELLETA et al., 2012), confirmando-se como uma técnica de grande valor para área (SHECAIRA et al., 2017). Porém, mesmo sendo sensível para tantas mudanças de padrões térmicos, a termografia pode não ser o suficiente para revelar as causas que levam às condições que ela identifica (MCMANUS et al., 2016).

Existem muitas aplicações da termografia para a medicina veterinária, não obstante as diferenças entre as espécies e as dificuldades por causa das características dos pacientes. Primeiramente a aplicação da técnica estava concentrada no diagnóstico na clínica equina, em especial de claudicação. Logo depois surgiram outras utilizações também em medicina bovina, voltadas para o diagnóstico de mastite e para a análise do bem-estar (STELLETA et al., 2012).

A termografia infravermelha foi utilizada para identificar sinais inflamatórios na pele de bezerros recém-nascidos (SHECAIRA et al., 2017), podendo também ser empregada na triagem de vacas leiteiras que possuem dermatite digital bovina, ajudando a selecionar os bovinos afetados e tratá-lo no estágio inicial da patologia

(ALSAAOD et al., 2014). A técnica demonstra capacidade para auxiliar na detecção do estro em vacas (TALUKDER et al., 2014) e até para avaliar o estado emocional em termos de excitação em cães (TRAVAIN et al., 2016). Revelou-se confiável para acompanhar os efeitos do tratamento de reabilitação de acidente vascular cerebral, podendo mostrar o curso do trauma e a eficácia do tratamento até em fases agudas (HEGEDUS, 2017).

Na medicina veterinária de equinos, pode ser utilizada para revelar a temperatura corporal do equino de modo prático em tempo real (SOKORO et al., 2018) podendo ser empregada para complementar diagnóstico, quantificar a regressão da inflamação e acompanhar a efetividade da ação de anti-inflamatórios (SOKORO e HOWELL, 2016; BOWMAN et al., 1983; GHAFIR et al., 1996). Na reprodução, oferece um indicativo não invasivo de fatores testiculares que podem afetar a fertilidade do garanhão, revelando necessidade de investigação veterinária, especialmente em problemas subclínicos (LLOYDE-JONES et al., 2015). Fornece auxílio para detecção de veia jugular para punção (DAGLISH et al., 2017), e também é útil para detectar reações de medo em avaliações fisiológicas de cavalos de esporte (DAI et al., 2015). Associada à ultrassonografia, revela-se eficiente no diagnóstico de lesões toracolombares em cavalos atletas (FONSECA et al., 2006).

A interação térmica com o ambiente tem papel considerável no desempenho atlético, já que a temperatura da pele regula a troca de calor por convecção, radiação e evaporação. Portanto, a termografia é utilizada para medir a troca de gradientes térmicos em atividades de corridas em humanos (TANDA, 2016). Assim como para o acompanhamento da temperatura corporal equina em tempo real - termografia dinâmica. A perda de calor pode ser analisada pela temperatura de superfície corporal, porém ainda necessita de estudos para explorar as mudanças fisiológicas durante o exercício (SOKORO et al., 2018).

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A ciência auxilia no entendimento e elaboração de planos de treinamentos para o condicionamento físico dos cavalos, abandonando antigas práticas baseadas somente no empirismo dos criadores e treinadores.

A termografia pode ser proveitosa por ser uma ferramenta de fácil manuseio e mínima intervenção com o animal a ser avaliado. Contribui para uma avaliação fisiológica eficiente e rápida, principalmente se for associada a outros parâmetros. Como a vaquejada é um esporte altamente difundido, principalmente no nordeste, e atualmente reconhecida como patrimônio da cultura nacional, é imprescindível que ela seja incluída no âmbito de pesquisas relacionadas ao esporte e ao desempenho desses atletas.

## REFERÊNCIAS

ABVAQ, 2016- Regulamento geral da vaquejada 2017-2018. Disponível em: <<http://abvaq.com.br/app/webroot/documentos/regulamentogeraldevaquejada20172018.pdf>> Acesso em: 13 de jun de 2018.

ALSAAOD, M.; SYRING, C.; DIETRICH, J.; DOHERR, M.G.; GUJAN, T.; STEINER, A. field trial of infrared thermography as a non-invasive diagnostic tool for early detection of digital dermatitis in dairy cows. **The Veterinary Journal**, v.199, p.281-285, 2014.

ARFAOUI, A.; POLIDORI, G.; TAIAR, R.; POPA, C. Sports Activity. in: PRAKASH, R.V. **Infrared Thermography**. Rijeka: InTech, 2012. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/infrared-thermography/infrared-thermography-in-sports-activity>> Acesso em 13 jun. 2018.

BOWMAN, K.F.; PUROHIT, R.C.; GANJAM, V.K.; PECHMAN, R.D.; VAUGHAN, J.T. Thermographic evaluation of corticosteroid efficacy in amphotericin B – induced arthritis in ponies. **American Journal of Veterinary Research**, v. 44, p.51–56, 1983.

BRASIL. Lei n. 13.364, de 24 de nov. de 2016. Eleva o Rodeio, a Vaquejada, bem como as respectivas expressões artístico-culturais, à condição de manifestação cultural nacional e de patrimônio cultural imaterial **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília-DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/L13364.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13364.htm)> Acesso em: 10 de jun de 2018.

CUNNINGHAM, J.G. Termorregulação. In: **Tratado de fisiologia veterinária**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

DAGLISH, J.; JEUNE, S.L.; PYPENDOP, B.H.; RAMIREZ, E.M.; TURNER, T.A. Use of infrared thermography to detect jugular venipuncture in the horse. **Journal of**

**Equine Veterinary Science**, New York: Elsevier B.V., v.59, p. 1-6, 2017.

DAI, F.; COGI, N.H.; HEINZL, E.U.L, COSTA, E.D.; CANALI, E.; MINERO, M. Validation of a fear test in sport horses using infrared thermography. **Journal of Veterinary Behavior**, v. 10, p. 128-136, 2015.

DA SILVA, C.A.; Contratilidade: músculo esquelético e músculo liso. In: CURI, R.; PROCOPIO, J. **Fisiologia Básica**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011, 143-162p.

DOUTHIT, T.L; BORMANN, J.M.; BELLO,N.M.Assessing the Association Between Hoof Thermography and Hoof Doppler Ultrasonography for the Diagnosis of Lameness in Horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, New York: Elsevier B.V., v.34, p. 275-280, 2014.

EVANS, D.L. **Training and fitness in athletic horses**. Sydney: University of Sydney. Department of Animal Science, 2000.

FONSECA, B.P.A., ALVES, A.L.G.; NICOLETTI, J.L.M, THOMASSIAN, A.; HUSSNI, C.A.; MIKAIL, S. Thermography and Ultrasonography in Back Pain Diagnosis of Equine Athletes. **Journal of Equine Veterinary Science**. New York: Elsevier B.V., v. 26, n. 11, p. 507-516, 2006.

FONSECA, W.J.L.; BARROS JR, C.P.; FONSECA, W.L.; LUZ, C.S.M.; OLIVEIRA, A.M.; ARAÚJO, A.C.; SOUSA JR, S.C. Características termorreguladoras de equinos submetidos a competições de Vaquejada.**Journal of Animal BehaviourBiometeorology**. Brasil, v.2, n.2, p.43-46, 2014.

FOSS, M.L.; KETAYIAN, S.J. **Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

GERARD, M.P.; GRAAF-ROELFSEMA, E.; HODGSON, D.R.; VAN DER KOLK, J.H. Energetic Considerations of Exercise. In: Hodgson, D.R.; McKeever,

K.H.; McGowan, C.M. **The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine**. New York: Elsevier, 2014, 2 ed, p. 19-33.

GERARDI, B. **Perfil de citocinas séricas e termografia em equinos Quarto de Milha submetidos à prova de laço em dupla**. 2016, 73 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

GHAFIR, Y.; ART, T.; LEKEUX, P. Thermography facial patterns following an  $\alpha_2$  – adrenergic agonist injection on two horses suffering from Horner’s syndrome. **Equine Veterinary Education**, v. 8, p. 192–195, 1996.

HEGEDŰS, B. The Potential Role of Thermography in Determining the Efficacy of Stroke Rehabilitation. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**, v. 27, p. 309-314, 2018.

HINCHCLIFF, K.W.; GEOR, R.J. The horse as an athlete: a physiological overview. In: Hinchcliff, K.W.; Geor, R.J. **Equine Exercise Physiology**. New York: Saunders, p.2-11, 2008.

LLOYD-JONES, J.L.; PUROHIT R.C.; BOYLE, M.; SHEPHERD, C. Use of Thermography for Functional Evaluation of Stallion Scrotum and Testes. **Journal of Equine Veterinary Science**, New York: Elsevier B.V., v.35, p.488-494, 2015.

LUZI, F.; MITCHELL, M.; NANNI C.L.; REDAELLI, V. **Thermography: current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine**. Brescia: Luzi, F.; Mitchell, M.; Nanni Costa, L.; Redaelli, V., 2013. 216 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/.../92.pdf>> Acesso em 10 jun. 2018.

MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH V.L. **Exercise physiology: nutrition, energy and human performance**. 8 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016, p. 630-659.

MCCAFFERTY, D.J. The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. **Mammal Review**, Singapore, v.37, n. 3, p. 207-223, 2007.

MCMANUS C., TANURE C.B; PERIPOLLI V.; SEIXAS, L.; FISCHER, V; GABBI, A.M.; Menegassi S.R.O.; Stumpf, M.T.; Kolling, G.J.; Dias, E.; Costa Jr, J.B.G. Infrared thermography in animal production: An overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 136, p. 10-16, 2016.

NELSON, D.L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

PALUDO, G.R.; MCMANUS, C., DE MELO, R.Q.; CARDOSO, A.G.; MELLO, F.P.S. MOREIRA, M.; FUCK, B.H. Efeito do Estresse Térmico e do Exercício sobre Parâmetros Fisiológicos de Cavalos do Exército Brasileiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1130-1142, 2002.

PICCIONE, G.; MESSINA, V.; BAZZANO, M.; GIANNETTO, C.; FAZIO, F. Heart Rate, Net Cost of Transport, and Metabolic Power in Horse Subjected to Different Physical Exercises. **Journal of Equine Veterinary Science**. New York, v.33, p. 586-589, 2013.

POLIDORIA,G.; KINNEB, M.; MEREUC , T.; BEAUMONTA, F.; KINNED, M. Medical Infrared Thermography in back pain osteopathic management. **Complementary Therapies in Medicine**, New York, 2018, v. 39, p. 19-23.

POWERS, S.K.; HOWLEY, E.T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 5 ed. Barueri: Manole, 2005, p.232-248.

PRAKASH, R.V. **Infrared thermography**. Rijeka: InTech; 2012.

REDAELLI, V.; BERGER, D.; ZUCCA, E.; FERRUCCI, F.; COSTA, L.N.; CROSTA, L.; LUZI, F. Use of Thermography Techniques in Equines: Principles and

Applications. **Journal of Equine Veterinary**. New York: Elsevier B.V, v.34, p. 345–350, 2014.

ROBERTO, J. V. B. ; DE SOUZA, B.B.; DA SILVA A.L.N., JUSTINIANO, S.V.; FREITAS, M.M.S. Parâmetros hematológicos de caprinos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação no Semi-árido paraibano. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 127-132, 2010.

SANTANA, M.A.; PEREIRA, J.M.S.; DA SILVA, F.L.; LIMA, N.M.; SOUSA, F.N.; ARRUDA, G.M.S.; LIMA, R.C.F.; DA SILVA, W.W.A., DOS SANTOS, W.P. Breast cancer diagnosis based on mammary thermography and extreme learning machines. **Research on Biomedical Engineering**. Brazil, v. 34, n.1, p. 45-53, 2018.

SENADO. PEC da vaquejada é aprovada na câmara e vai a promulgação. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/06/01/pec-da-vaquejada-e-aprovada-na-camara-e-vai-a-promulgacao> Acesso em: 13 de jun de 2018.

SHECAIRA, C.L.; SEINO C.H; BOMBARDELLI, J.A.; REIS G.A.; FUSADA, E.J.; AZEDO, M.R.; BENESI, F.J. Using Thermography as a Diagnostic Tool for Omphalitis on Newborn Calves. **Journal of Thermal Biology**, v. 71, p. 209-211, 2018.

STELLETTA, C.; FIORE, E.; VENCATO, J.; MORGANTE, M.; GIANESELLA, M. Thermographic applications in veterinary medicine. In: PRAKASH, R.V. **Infrared Thermography**. Rijeka: InTech, 2012. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/infrared-thermography/thermographic-applications-in-veterinary-medicine> Acesso em: 17 jun. 2018. [aprovada-na-camara-e-vai-a-promulgacao](https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/06/01/pec-da-vaquejada-e-aprovada-na-camara-e-vai-a-promulgacao) Acesso em: 13 de jun de 2018

SOROKO, M; HOWELL, K. Infrared Thermography: Current Applications in Equine Medicine; **Journal of Equine Veterinary Science**, New York: Elsevier B.V., v. 60, p.

90-96, 2018.

SOKORO, M; HOWELL, K; DUDEK, K; WILK, I; ZASTRZEŻYŃSKA, M; JANCZAREK, I. A pilot study into the utility of dynamic infrared thermography for measuring body surface temperature changes during treadmill exercise in horses. **Journal of Equine Veterinary Science**. New York: Elsevier B.V., v. 62, p. 44-46, 2018.

TALUKDER, S.; KERRISK, K.L.; INGENHOFF, L.; THOMSON P.C.; GARCIA S.C.; CELI, P. Infrared technology for estrus detection and as a predictor of time of ovulation in dairy cows in a pasture-based system. **Theriogenology**, v.81, p. 925-935, 2014.

TANDA, G. Skin temperature measurements by infrared thermography during running exercise. **Experimental Thermal and Fluid Science**.v. 71, p. 103-113, 2016.

TRAVAIN, T.; COLOMBO, E.S.; GRANDI, L.C.; HEINZL, E.; PELOSI, A.; PREVIDE, E.P.; VALSECCHI, P. How good is this food? A study on dogs' emotional responses to a potentially pleasant event using infrared thermography. **Physiology&Behavior**, v. 159, p. 80-87, 2016.

## APÊNDICE

APÊNDICE A- Artigo Publicado na Revista Brasileira de Medicina + Equina, Ano 13, Número 76, Páginas 16 a 18, publicado no ano de 2018.

### PADRÃO DE VARIAÇÃO TERMOGRÁFICA EM REGIÕES MUSCULARES E ARTICULARES DE EQUINOS COMPETIDORES DE VAQUEJADA

Determination of thermographic variation in muscular and articular regions of horses competitors of vaquejada

Padrón de variación termográfica en regiones musculares y articulares de equinos competidores de vaquejada”

**RESUMO:** Objetivou-se com este estudo, analisar a influência ambiental e da dinâmica do exercício sobre a variação termográfica em regiões musculares e articulares dos membros de equinos competidores de vaquejada. O trabalho foi realizado em uma competição credenciada junto a Associação Alagoana de Criadores de Cavalos Quarto de Milha (ALQM), avaliando-se 14 equinos utilizados para puxar a rês, todos machos, sendo 7 no período vespertino e 7 no período noturno, em momentos de exercício diversos, seguindo a dinâmica normal da prova, quer seja antes da prática do exercício (T0), após o primeiro exercício de lida com a rês (T1), após o segundo (T2) e após o terceiro (T3). Os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas e processados em um esquema fatorial 2x4, sendo dois períodos do dia e quatro momentos de exercício, com sete repetições, num delineamento inteiramente casualizado, submetendo-se posteriormente a uma análise de variância e teste de médias (Tukey 5% de probabilidade). Diferentes condições ambientais e a dinâmica do exercício continuado, próprios à vaquejada, interagem e geram alterações termográficas nas distintas regiões musculares e articulares analisados nesse estudo.

**Unitermos:** Cavalos. Fisiologia. Termografia.

**ABSTRACT:** The objective of this study was to analyze the environmental influence and the dynamics of the exercise on the thermographic variation in muscular and

articular regions of the members of competing equine horses. The work was carried out in an accredited competition next to the Associação Alagoana de Criadores de Cavalo Quarto de Milha (ALQM), evaluating 14 horses used to pull the horses, all males, being 7 in the afternoon period and 7 in the nocturnal period, at moments (T0), after the first exercise of readings (T1), after the second (T2) and after the third (T3). The data were tabulated in electronic spreadsheets and processed in a 2x4 factorial scheme, being two periods of the day and four moments of exercise, with seven repetitions, in a completely randomized design, being submitted to a variance analysis and averages test (Tukey 5% probability). Different environmental conditions and the dynamics of the continuous exercise, proper to the vaquejada, interact and generate thermographic changes in the different muscular and articular regions analyzed in this study.

**Keywords:** Horses. Physiology. Thermography.

RESUMEN: Se objetivó con este estudio, analizar la influencia ambiental y de la dinámica del ejercicio sobre la variación termográfica en regiones musculares y articulares de los miembros de equinos competidores de Vaquejada. El trabajo fue realizado en una competición acreditada junto a la Associação Alagoana de Criadores de Cavalo Quarto de Milha (ALQM). En el caso de los machos, se observó un aumento en el peso de los machos, siendo 7 en el período vespertino y 7 en el período nocturno, en momentos de ejercicio diversos, siguiendo la dinámica normal de la prueba, y sea antes de la práctica del ejercicio (T0), después del primer ejercicio de tratamiento con la res (T1), después del segundo (T2) y después del tercero (T3). Los datos fueron tabulados en hojas de cálculo y procesados en un esquema factorial 2x4, siendo dos períodos del día y cuatro momentos de ejercicio, con siete repeticiones, en un diseño completamente casualizado, sometido posteriormente a un análisis de varianza y test de promedios (Tukey 5% de probabilidad). Diferentes condiciones ambientales y la dinámica del ejercicio continuado, propios a la Vaquejada, interactúan y generan alteraciones termográficas en las distintas regiones musculares y articulares analizadas en este estudio.

**Palabras clave:** Caballos. Fisiología. Termografía.

## **INTRODUÇÃO**

É comum que a prática esportiva gere alterações fisiológicas em animais atletas, que são promovidas pelos processos adaptativos que o indivíduo deve passar para ajustar-se a nova condição fisiológica induzida pela condição na qual está inserido temporariamente. Quando esse atleta passa por um período de treinamento adequado, garante-se ao seu corpo uma condição de bem estar fisiológico que pode ser monitorado por meio do controle de seus parâmetros fisiológicos<sup>1,2</sup>.

Os termógrafos são instrumentos de captação de radiação infravermelha que detectam pequenas oscilações térmicas, do objeto ou corpo analisado, por apresentarem grande sensibilidade e alta resolução<sup>3</sup>. A termografia mostra-se como uma nova ferramenta de acompanhamento de estado fisiológicos de indivíduos submetidos a situações que alterem sua temperatura superficial, seja ela por efeito climatológicos direto seja por um estado natural pós-prática de exercício físico. Também vem sendo utilizada na detecção precoce ou mesmo prevenção de doenças musculoesqueléticas em equinos atletas, enfermidades que são responsáveis pela pausa nos treinos, diminuição da performance e invalidez antecipada na vida desses animais. Além de ser um procedimento dinâmico e não invasivo, proporciona o diagnóstico precoce, diminuindo a onerosidade do tratamento. O aumento da temperatura da superfície identificada através da termografia evidencia o aumento do calor, que é um sinal cardinal da inflamação<sup>4</sup>.

Objetivou-se com este estudo, analisar a influência ambiental e da dinâmica do exercício sobre a variação termográfica em pontos musculares e articulares dos membros de equinos competidores de vaquejada.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Realizou-se um trabalho de pesquisa em uma competição de vaquejada credenciada junto a Associação Alagoana de Criadores de Cavalos Quarto de Milha (ALQM), cujas regras e condutas seguem as instruções normativas reguladoras do

esporte referentes à sua prática com garantia do bem estar dos animais envolvidos. Foram avaliados 14 equinos utilizados para puxar a rês, todos machos, sendo 7 no período vespertino e 7 no período noturno, em diferentes momentos de exercício, de acordo com a dinâmica normal da prova, sendo considerados: momento antes da prática do exercício (T0), após o primeiro exercício de lida com a rês (T1), após o segundo (T2) e após o terceiro (T3). Os parâmetros termográficos foram tomados com o uso de um Termovisor Portátil da Marca FLIR, modelo i7 (Figura 1).

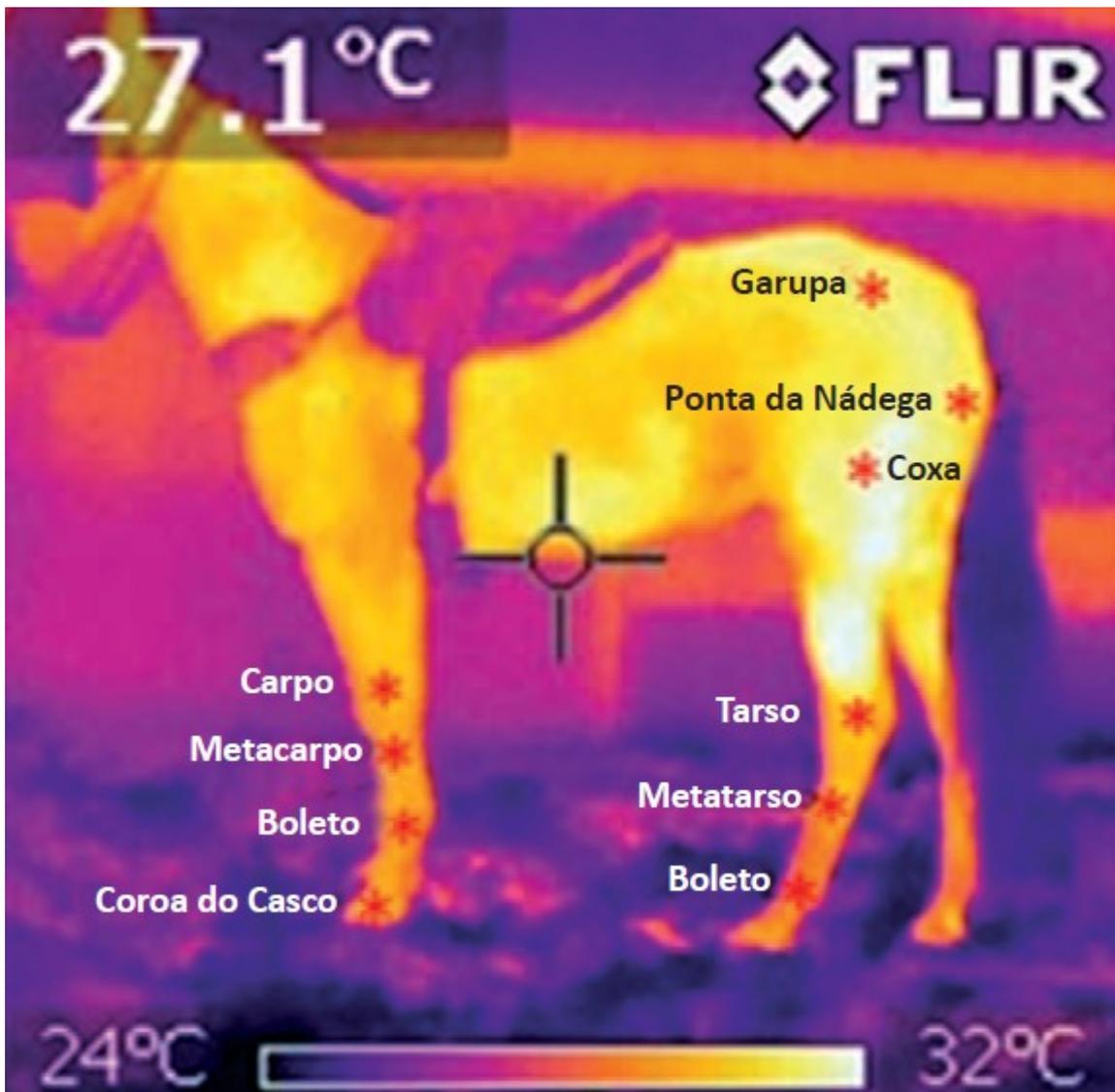


Figura 1: Obtenção de imagem termográfica para avaliação de temperaturas superficiais em diferentes partes do corpo de equinos competidores de Vaquejada.

Os dados foram comparados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (PROC MIXED, Statistical Analysis System, versão 9.3), utilizando-se para análise de variância um DIC fatorial que incluiu o efeito dos tipos de exercício,

período do exercício e a interação. Utilizou-se ainda, estatística descritiva para demonstrar o incremento de temperatura após exercício nas regiões musculares e articulares analisadas. As regiões musculares analisadas através de termografia foram a coxa, garupa e a ponta da nádega, e as articulares foram as regiões do carpo, metacarpo, tarso e metatarso, todas em suas faces laterais esquerdas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados ambientais diferiram estatisticamente ( $P < 0,05$ ) entre os dois períodos do dia considerados no estudo, sendo 30,75 e 24 °C de temperatura de globo negro, 29,7 e 25,8 °C de temperatura de bulbo seco e 64,85 e 82,8 % de umidade relativa do ar, para os períodos vespertino e noturno respectivamente. Verificou-se interação significativa em pelo menos uma média de cada ponto muscular ou articular avaliado, de acordo com o período e tipo de exercício (Tabela 1). As médias termográficas desses pontos no período da noite foram menores do que as da tarde, fato que pode ser associado à menor temperatura nesse período do dia, circunstância que gera uma menor necessidade de esforço para o animal desenvolver mecanismos termorregulatórios. Treinamentos e provas esportivas equestres são grandemente influenciados pelo ambiente térmico no desempenho esportivo, já que permitem, por serem realizadas ao ar livre, a exposição direta às variáveis climáticas, sendo assim a resposta termorreguladora do organismo ao exercício afetada diretamente por esses fatores<sup>5</sup>. São poucos os trabalhos com termografia em equídeos que consideram o efeito da temperatura sobre o incremento termográfico em diferentes partes do corpo, mas no trabalho de Machado et al.<sup>6</sup> (2013), foi apontada uma correlação positiva entre o aumento da temperatura ambiente com o aumento da temperatura superficial detectado por termografia em pontos articulares de membros de cavalos em treinamento.

**Tabela 1: Interação entre exercício e período do dia para termografia em regiões musculares e articulares de cavalos da raça Quarto de Milha competidores de Vaquejada**

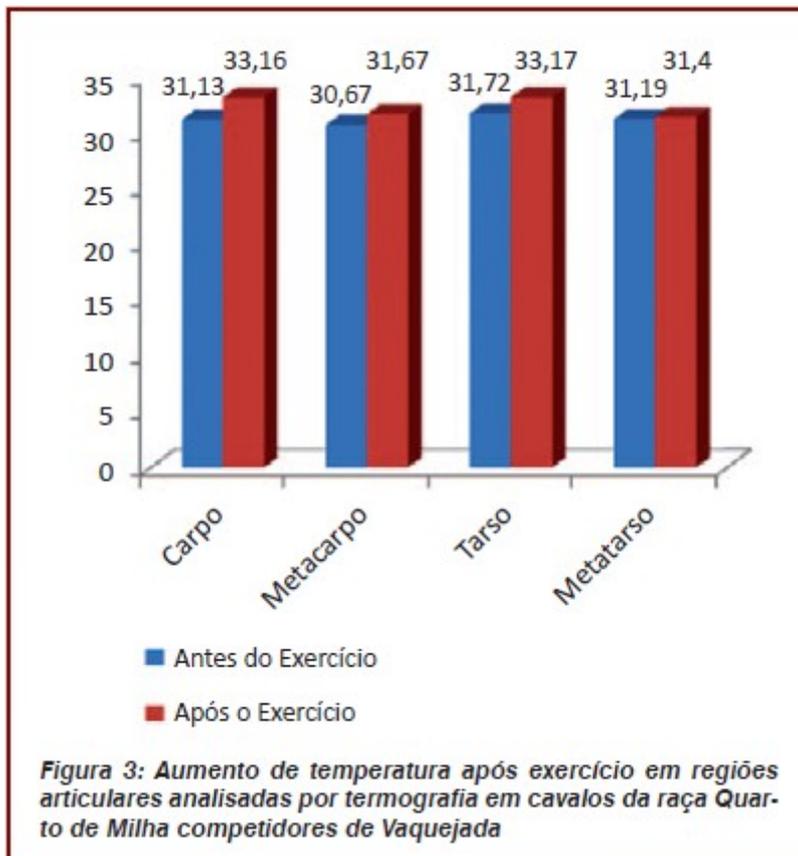
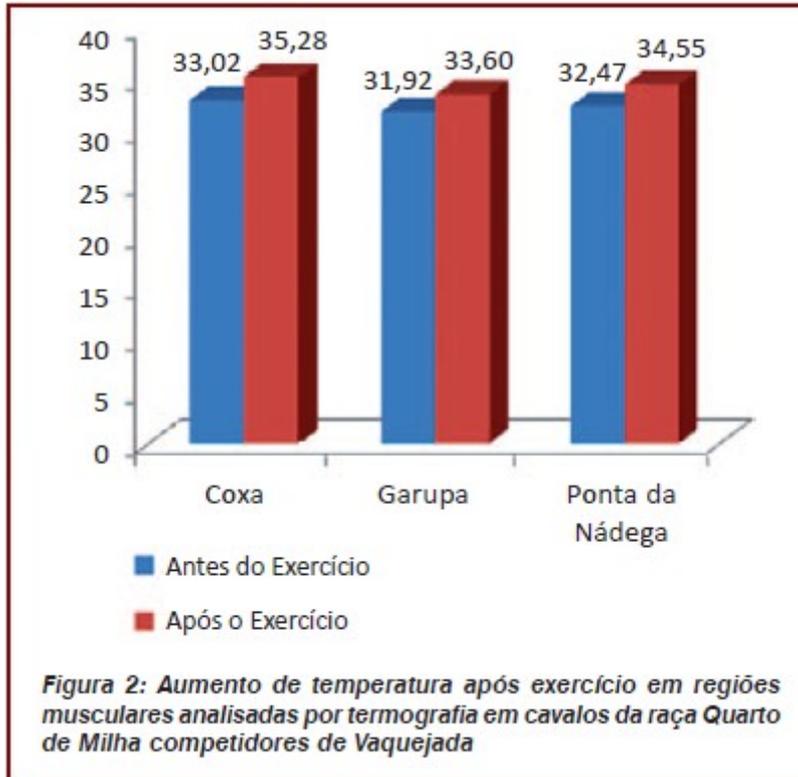
| Período do Dia             | Realização da Atividade Esportiva |        |         |         | C.V.(%) | EPM  |
|----------------------------|-----------------------------------|--------|---------|---------|---------|------|
|                            | T0                                | T1     | T2      | T3      |         |      |
| <b>REGIÕES MUSCULARES</b>  |                                   |        |         |         |         |      |
| <b>Coxa</b>                |                                   |        |         |         |         |      |
| Tarde (14:00)              | 33,28b                            | 35,24a | 36,00Aa | 35,88a  | 4,51    | 0,35 |
| Noite (18:00)              | 32,76b                            | 35,02a | 35,02Ba | 34,5a   | 3,47    | 0,27 |
| <b>Garupa</b>              |                                   |        |         |         |         |      |
| Tarde (14:00)              | 32,98                             | 34,54  | 34,54   | 34      | 4,67    | 0,35 |
| Noite (18:00)              | 30,86b                            | 33,52a | 32,48Ba | 32,54a  | 4,62    | 0,33 |
| <b>Ponta da Nádega</b>     |                                   |        |         |         |         |      |
| Tarde (14:00)              | 32,96                             | 35,12  | 35,12A  | 34,94   | 4,59    | 0,34 |
| Noite (18:00)              | 31,94b                            | 35,20a | 33,40Ba | 33,54a  | 4,39    | 0,37 |
| <b>REGIÕES ARTICULARES</b> |                                   |        |         |         |         |      |
| <b>Carpo</b>               |                                   |        |         |         |         |      |
| Tarde (14:00)              | 31,9                              | 33,82  | 34,12   | 34,26A  | 4,65    | 0,33 |
| Noite (18:00)              | 30,36                             | 32,72  | 32,98   | 31,04B  | 5,52    | 0,39 |
| <b>Metacarpo</b>           |                                   |        |         |         |         |      |
| Tarde (14:00)              | 31,58                             | 31,88  | 33,02A  | 32,52A  | 4,21    | 0,3  |
| Noite (18:00)              | 29,76b                            | 30,94b | 31,96Ba | 29,68Bb | 4,44    | 0,3  |
| <b>Tarso</b>               |                                   |        |         |         |         |      |
| Tarde (14:00)              | 32,16b                            | 33,12b | 34,02Aa | 34,94Aa | 4,62    | 0,34 |
| Noite (18:00)              | 31,28                             | 32,52  | 32,80B  | 31,64B  | 4,34    | 0,31 |
| <b>Metatarso</b>           |                                   |        |         |         |         |      |
| Tarde (14:00)              | 31,98A                            | 31,78A | 32,56A  | 32,62A  | 3,98    | 0,28 |
| Noite (18:00)              | 30,40B                            | 30,02B | 31,4A   | 30,02A  | 3,85    | 0,26 |

\*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes (entre período de trabalho) na linha ou letras maiúsculas diferentes (entre período do dia) na coluna diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

A diferença de temperatura entre a superfície do animal e do seu ambiente vai depender das perdas de calor por convecção e por radiação. A energia térmica proveniente do interior do corpo tem possibilidade de ser transferida por meio da superfície corporal dos animais por condução, através dos tecidos superficiais<sup>5</sup>. Vale ressaltar que incrementos de temperatura no corpo podem ocasionar a necessidade de interrupção do exercício, sendo maior esse risco quando a atividade física é praticada em situações climáticas quentes<sup>7</sup>. Observa-se nos resultados obtidos no presente estudo, um padrão adaptativo ajustado entre a temperatura superficial verificada nos animais e os índices ambientais obtidos nos dois períodos do dia analisados.

Também se encontrou interação entre temperatura superficial com o tipo de exercício, considerando os momentos anteriores e subsequentes à prática de trabalho junto à rês nos diferentes períodos do dia, fato que reflete o efeito da dinâmica continuada de exercícios próprias deste esporte sobre a fisiologia dos animais (Tabela 1). A produção de calor é um efeito fisiológico direto já esperado, quando da prática do exercício físico, já que cerca 20% da energia química que provém da oxidação dos nutrientes é convertida em energia mecânica e os outros 80% são transformados em energia térmica. Como na maioria dos casos o aumento da produção do calor é maior que a capacidade corporal de dissipação dele, todo o corpo como um todo tende a ter sua temperatura elevada<sup>8</sup>. Ao observarem-se as figuras 2 e 3, que comparam a temperatura obtida por termografia nos pontos dos equídeos considerados nesse estudo antes da prática esportiva (T0) com a média das temperaturas dos momentos pós-exercício (T1, T2 e T3) nota-se um aumento de 2,26, 1,68 e 2,08 °C nas áreas musculares de coxa, garupa e ponta da nádega respectivamente, e de 2,03, 1, 1,45 e apenas 0,21°C nas áreas articulares de carpo, metacarpo, tarso e metatarso respectivamente. A maior vascularização superficial nas regiões musculares analisadas em comparação com a das regiões articulares consideradas nesse estudo explica o maior incremento de temperatura observado após a prática do exercício físico nas primeiras.

Moura et al.<sup>9</sup> (2011), avaliando o uso do termógrafo como ferramenta de detecção de aumento de temperatura superficial em regiões musculares de um único cavalo antes e após exercício, identificaram efeitos significativos de incremento térmico na região axilar e do peito, mas não na garupa. Gerardi<sup>10</sup> (2016), investigando o perfil da termografia em cavalos quarto de milha submetidos à prova de laço em dupla, verificaram que as temperaturas da região dos tendões em membros pélvicos e da garupa mantiveram-se elevadas durante a prática esportiva.



## **CONCLUSÃO**

O período vespertino e a prática continuada do exercício físico aumentaram a temperatura superficial das regiões avaliadas nesse estudo.

Pesquisa aprovada pelo CEUA/UFAL, protocolo número 32/2015

## REFERÊNCIAS

1. CAYADO, P.; MUÑOZ-ESCASSI, B.; DOMÃ-NGUEZ, C. et al. Hormone response to training and competition in athletic horses. *EquineVeterinaryJournal*, v.36, p.274-278, 2006.
2. FERRAZ, G.C.; ESCODRO, P.B.; QUEIROZ NETO, A. Fisiologia do exercício equino: ferramenta para o desempenho atlético de cavalos atletas. *Brazilian Journal Equine Medicine*, v.12, p.6-8, 2007.
3. FIGUEIREDO, T.; DZYEKANSHI, B.; KUNZ, J. et al. A importância do exame termográfico na avaliação do aparato locomotor em equinos atletas. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, n.18, 2012.
4. HEAD, M.J.; DYSON, S. TalkingthetemperatureofEquineThermography. *The VeterinaryJournal*, v.162, p.166-167, 2001.
5. McCUTCHEON, L.J.; GEOR, R.J. Thermo regulation and exercise associated heat stress. In: HINCHCLIFF, K.W.; GEOR, R.J.; KANEPS, A.J. *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse*. Philadelphia: Elsevier, 2008, p.382-386.
6. MACHADO, L.F.S.; DITTRICH, R.L.; PAVELSKI, M. et al. Padronização do exame termográfico nas articulações do carpo e metacarpo falangeanas de cavalos em treinamento. *Archives of Veterinary Science*, v.18, n.4, p.40-45, 2013.
7. NYBO, L.; NIELSEN, B. Perceived exertion is associated with an altered brain activity during exercise with progressive hyperthermia. *JournalofAppliedPhysiology*, n.91, p.2017-2023, 2001.
8. CARVALHO, T.; MARA, L.S. Hidratação e nutrição no esporte. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v.16, n.2, p.33-40, 2010.
9. MOURA, D.J.; MAIA, A.P.A.; VERCELLINO, R.A. et al. Uso da termografia infravermelha na análise da termorregulação de cavalo em treinamento. *Engenharia Agrícola*, v.31, n.1, p.23-32, 2011.
10. GERARDI, B. Perfil de citocinas séricas e termografia em equinos Quarto de Milha submetidos à prova de laço em dupla. 2016, 73 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".