



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE ANIMAL

TERMOGRAFIA EM EQUINOS ANTES E APÓS EXERCÍCIO DE MARCHA

JÚLIO RAFAEL DE MELO PEREIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM SAÚDE ANIMAL

BRASÍLIA/DF
MARÇO 2019



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE ANIMAL

TERMOGRAFIA EM EQUINOS ANTES E APÓS EXERCÍCIO DE MARCHA

JÚLIO RAFAEL DE MELO PEREIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTÔNIO RAPHAEL TEIXEIRA NETO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM SAÚDE ANIMAL

PUBLICAÇÃO: 161/2019

BRASÍLIA/DF
MARÇO 2019

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

PEREIRA, J. R. M. **Termografia em equinos antes e após exercício de marcha**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2019, 43 páginas. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando a reprodução dessa dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo o autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Pereira, Júlio Rafael De Melo

Termografia em equinos antes e após exercício de marcha / Júlio Rafael De Melo Pereira

Orientador Antônio Raphael Texeira Neto.

Brasília, 2019.43 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Saúde Animal) -- Universidade de Brasília, 2019.

1. Câmara Infravermelha. 2. Equinos. 3. Temperatura corporal. 4. Marcha. I. Neto, Antônio Raphael Texeira, orient. II. Doutor.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA


TERMOGRAFIA EM EQUINOS ANTES E APÓS EXERCÍCIO DE MARCHA

JÚLIO RAFAEL DE MELO PEREIRA


Dissertação de Mestrado submetida ao programa de pós-graduação em Saúde Animal da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Saúde Animal. Orientador Prof. Dr. Antônio Raphael Teixeira Neto.

APROVADO POR:

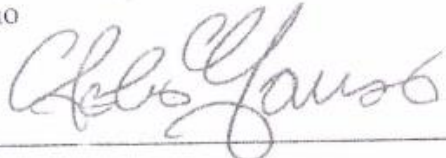
APROVADO POR:



Antônio Raphael Teixeira Neto, Doutor (UnB)
Orientador



Francisco Ernesto Moreno Bernal, Doutor (UnB)
Examinador Interno



Hélio Cordeiro Manso Filho, Doutor
Examinador Externo

BRASÍLIA/DF, março de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, minha namorada Ana Beatriz Nóbrega, meus familiares, amigos e professores.

Dedico também aos cavalos, em especial da raça mangalarga marchador, pela qual tenho muito amor.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus e a Jesus Cristo, pelas oportunidades de aprendizado as quais me submeteu. Por me proteger e iluminar o meu caminho durante esta caminhada.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Antônio Raphael Teixeira Neto, pela orientação, oportunidade, compreensão, amizade, paciência disponibilidade e ensinamentos prestados.

A minha noiva Ana Beatriz Nóbrega Dos Santos, que esteve ao meu lado durante toda realização do trabalho me ajudando muito em todos os momentos que precisei. Agradeço pela ajuda, compreensão e paciência.

Aos meus pais, Vanderlei e Eliane, pela minha existência, pelo amor, carinho e educação que sempre me propuseram.

Aos meus irmãos, Leiliane e Vanderlei Filho (Junior), agradeço por tê-los como irmãos.

Aos familiares e amigos pelo apoio nos momentos mais difíceis.

A minha amada "mãezinha" Maria Do Socorro Nóbrega". Obrigado por ser meu maior exemplo de força e perseverança.

À Doutoranda e amiga particular Anna Beatriz Veltri, pelo companheirismo e pelos incontáveis auxílios prestados.

As estagiárias Ana Beatriz, Nathalia Rodrigues, Luiza Gomes, Leiliane Pereira pelo auxílio junto à elaboração do trabalho.

A todos os integrantes do laboratório de Bem-Estar Animal da UnB, que nos concedeu a câmara termográfica, a estação meteorológica e nos instruiu a trabalhar com os equipamentos.

A todos os professores do PPGSA da UnB que de forma direta ou indireta participaram da realização deste trabalho. Em especial ao professor Ricardo Miyasaka pelo auxílio prestado na análise estatística.

Aos funcionários e residentes do Hvetão pela amizade e ajuda.

Ao proprietário do haras onde realizamos nosso estudo por disponibilizar sua estrutura física, funcionários e seus animais para a realização de nosso trabalho.

A todos os funcionários do haras pela disponibilidade e presteza, com que realizaram o trabalho.

A CAPES pela bolsa concedida.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Agradeço aos animais de uma forma geral e em especial aos queridos cavalos responsáveis por estarmos cada dia mais nos aprimorando. Sem dúvidas o maior motivo pelo qual escolhi a profissão de médico veterinário.

“O sacrifício é temporário, mas a glória é eterna”

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES	12
RESUMO	13
ABSTRACT	14
1.INTRODUÇÃO	15
2.REVISÃO DE LITERATURA	18
3.MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.CONCLUSÃO	34
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1- Imagem termográfica captada de perfil de animal da raça MM antes de realizar exercício de marcha 25
- FIGURA 2- Imagem termográfica captada por trás do animal da raça mm antes de realizar exercício de marcha. 25
- FIGURA 3- Imagem termográfica captada por trás com os valores de temperatura superficial corporal de cavalos da raça MM, antes do exercício de marcha. 27
- FIGURA 4- Imagem termográfica captada de perfil com os valores de temperatura superficial corporal de cavalos da raça MM, antes do exercício de marcha. 27

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 Valores de temperatura ambiente e umidade relativa do ar durante 5 dias de coleta dos dados termográficos em equinos antes e após exercício de marcha (15km/h), durante 20 minutos (Brasília, 2018)	29
TABELA 2 Valores médios (\pm desvio padrão) da frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), temperatura superficial corporal vista de perfil (TTD e TPD) e por trás (TPD e TPE) em equinos antes (a) e após (d) exercício de marcha (15km/h), durante 20 minutos (Brasília, 2018)	30

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

ABCCMM: Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Mangalarga Marchador

bpm: batimentos por minuto

DF: Distrito Federal

FC: frequência cardíaca

FR: frequência respiratória

mpm: movimentos por minuto

MM: Mangalarga Marchador

UR: umidade relativa do ar

UnB: Universidade de Brasília

Ta °C: temperatura ambiente

TP_{MÁX}: temperatura pélvica máxima

TPD: temperatura pélvica direita

TPD_{MÁX}: temperatura pélvica direita máxima

TPE_{MÁX}: temperatura pélvica esquerda máxima

TPE: temperatura pélvica esquerda

TR: temperatura retal

TT_{MÁX}: temperatura torácica máxima

TTD: temperatura torácica direita

IC (%): incremento da temperatura superficial do corpo depois do teste de esforço

°C: graus Celsius

RESUMO

A raça Mangalarga Marchador (MM), é a maior raça de cavalos marchadores do Brasil com mais de 600 mil cavalos registrados. A associação dos criadores promove em torno de 235 eventos oficiais por ano, com mais de 26 mil animais julgados nos concursos de marcha. O que motivou este estudo foi a escassez de pesquisas relacionadas a termografia em cavalos da raça MM. O objetivo principal foi avaliar a alteração de temperatura corporal superficial das regiões torácicas e pélvicas dos cavalos após esforço físico de marcha por meio da termografia.

Utilizaram-se 25 equinos da raça MM, 12 machos e 13 fêmeas com peso de $414,9 \pm 34,5$ kg e idade média $6,5 \pm 3$ anos. Todos os animais apresentavam marcha batida como andamento natural. O local onde foi realizado as imagens termográficas era monitorado com estação meteorológica digital que mensurava dados como umidade relativa do ar e temperatura ambiente certificando que as condições climáticas foram semelhantes durante os 5 dias de coleta dos dados. O esforço físico foi realizado em uma pista plana de 250 metros, gramado na região central e leve camada de areia em seu perímetro, por onde os animais passavam, em um haras na região de Brasília-DF ($15^{\circ}55'23.5''S$ $48^{\circ}07'41.4''W$).

Para captar as imagens termográficas, foi utilizado uma câmera termográfica antes da realização do esforço a uma distância de 5 metros com os animais em posição quadrupedal. Realizou-se imagens de posterior (vista por trás) e lateral de perfil do lado direito. Após captadas as imagens, os animais eram encilhados e dirigiram-se para a pista onde realizaram o esforço de marcha batida a uma velocidade média de 15km/h, durante 20 minutos ininterruptos. Imediatamente após realizado o teste de esforço, os animais eram conduzidos até o mesmo local para realização das imagens termográficas.

Observou-se diferença significativa ($P < 0,001$) dos parâmetros fisiológicos FC, FR e TR quando avaliados antes e após o esforço da marcha e percebeu-se retorno aos valores basais 30 minutos após. Já na análise das imagens termográficas vista por trás e vista de perfil não se observou diferença das temperaturas antes e após a realização do esforço. Entretanto notou-se incremento de mais de 5% entre as temperaturas registradas nesses tempos. Concluiu-se a termografia é um método capaz registrar variações da temperatura superficial corporal em equinos após esforço de marcha e que o prolongamento do esforço realizado, pode resultar em variações significativas dessa temperatura.

Palavras-chave: Camara Infravermelha, Equinos, Temperatura corporal, Marcha.

ABSTRACT

The Mangalarga Marchador (MM) breed is the largest gaited horse breed in Brazil with more than 600 thousand registered horses. The association of breeders promotes around 235 official events per year, with more than 26 thousand animals judged in contests of running. What motivated this study was the lack of research related to thermography in MM horses. The objective of this study was to evaluate body temperature changes of thoracic and pelvic regions of horses after “marcha batida” gait exercise by thermography.

We used 25 horses of the MM breed, 12 males and 13 females, with a mean weight of 414.9 ± 34.5 kg and 6.5 ± 3 years old. All animals had “marcha batida” gait as a natural progress. The place where thermographic images were taken was monitored with a digital weather station that measured data such as relative humidity air temperature and ambient temperature making sure that the weather conditions were similar during the 5 days of data collection. The physical effort was performed on a flat track of 250 meters, lawn in the central region and light layer of sand on its perimeter, where the animals passed, that placed at farm in the region of Brasília-DF ($15^{\circ}55'23.5''S$ $48^{\circ}07'41.4''W$).

The thermographic images was captured by thermographic camera that was used before the effort at a distance of 5 meters with the animals quadrupedal position. Images of posterior (back view) and lateral of profile of the right side were realized. After images were captured, the animals were silhouetted and they went to the lane where they realized the gait exercise at an average speed of 15 km / h for 20 minutes uninterrupted. Immediately after the gait exercise, the animals were to the same place for capture thermographic images.

A significant difference ($P < 0,001$) of the physiological parameters FC, FR and TR values when assessed before and after the gait effort and a return to basal values 30 minutes after effort. Already in the analysis of the thermographic images seen from back and right lateral views were not observed difference of temperatures before and after the effort. However, it was noticed an increase of more than 5% between the temperatures registered in these times. It was concluded that thermography is a method capable of recording equine temperature variations after gait effort and that effort may result in significant variations in temperature.

Keywords: Infrared camera, equines, body temperature, “marcha batida” gait.

1. INTRODUÇÃO

A raça Mangalarga Marchador (MM) é uma raça de equinos, originalmente Brasileira e que se encontra em expressiva expansão nacional e interacional (REZENDE et al., 2009) e como andamento natural, apresenta a marcha ao invés do trote (LIMA et al., 2006; JORDÃO et al., 2011). A marcha é um andamento típico, caracterizado por quatro tempos com apoios alternados dos bípedes laterais e diagonais, intercalados por momentos de tríplice apoio (ABCCMM, 2018). Apesar da relevância da raça no Brasil, ainda há demanda por estudos científicos que avaliam as particularidades visando melhorar o rebanho dos exemplares no país, além de fomentar a exportação de animais (FONSECA, 2018).

O cavalo Mangalarga Marchador tem sido cada vez mais submetido a situações de esforço, tais como exercício, viagens de longa distância e todos os tipos de estresse relacionado à competição, sendo o concurso de marcha a principal competição, em que os animais são funcionalmente avaliados (ABRANTES, 2015). O concurso de marcha trata-se de uma prova de avaliação funcional da raça na qual o animal executa esforço longa distância marchando sem descanso em velocidades entre 9 a 12 km/h (REZENDE, 2009; PRATES et al., 2009). Esta prova foi caracterizada como atividade de intensidade submáxima (PRATES et al., 2009) com grande gasto de energia e sobrecarga osteotendinosa, devido a peculiaridade que o animal nunca perde o contato com o solo (ABRANTES, 2015, JORDÃO, 2009).

Uma das principais características do treinamento e provas de cavalos é a grande influência do ambiente térmico no desempenho esportivo, por serem atividades ao ar livre, permitindo, assim, a exposição direta às variáveis climáticas afetando diretamente a resposta térmica do animal durante o esforço (MOURA et al, 2011).

A termografia trata-se de uma técnica de diagnóstico não invasivo, que tem a capacidade de detectar a emissão de calor da superfície corporal através da radiação infravermelha, indicando assim a temperatura superficial corporal do animal (STEWART et al., 2005). Desta forma podem ser evidenciadas alterações da perfusão sanguínea superficial do corpo e patologias como inflamações, tumores, fibroses, neuropatias ou isquemias relacionadas a tendões, ligamentos, articulações e musculatura esquelética, auxiliando assim no diagnóstico (CETINKAYA & DEMIRUTKU, 2012).

SALA et. al, 2012, demonstraram que a análise termográfica foi útil na avaliação da musculatura da região da garupa, em estudo realizado em equinos da raça quarto de milha,

onde foi possível verificar o condicionamento desses grupos musculares que foram exigidos em provas de três tambores.

Segundo Jordão, 2009 o treinamento dos cavalos MM realizados no Brasil são ainda muito empíricos, tornando-se necessário investigar procedimentos atualmente utilizados para a prova de marcha para propor protocolos de treinamento.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a variação termográfica de equinos da raça MM antes e após a realização de esforço de marcha de 15km/h, durante 20 minutos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo a ABCCMM 2018, a raça Mangalarga Marchador é uma raça tipicamente brasileira e surgiu há cerca de 200 anos na Comarca do Rio das Mortes, no Sul de Minas, através do cruzamento de cavalos da raça Alter, trazidos da Coudelaria de Alter do Chão, em Portugal, com outros equinos selecionados pelos criadores daquela região mineira. Os cruzamentos das raças do cavalo Alter, que tem base a raça espanhola Andaluz, com o cavalo nativo da Península Ibérica, germânicos e berberes, deram origem a animais de porte elegante, beleza plástica, temperamento dócil e próprios para a montaria. Para o nome Mangalarga Marchador, há várias versões, mas a mais consistente está relacionada à fazenda Mangalarga, localizada em Pati do Alferes, no Rio de Janeiro. O nome da fazenda era o mesmo de uma serra que existia na região. Seu proprietário era um rico fazendeiro que, impressionado com os cavalos da família Junqueira, adquiriu alguns exemplares para os passeios elegantes realizados no Rio de Janeiro. Quando alguém se interessava pelos animais, ele indicava as fazendas do Sul de Minas. As pessoas procuravam os fazendeiros perguntando pelos cavalos da fazenda Mangalarga e esta referência se transformou em nome. Já o nome Marchador foi acrescentado pelo fato de alguns daqueles cavalos terem a função de marchar em vez de trotar (ABCCMM, 2018).

A raça Mangalarga Marchador é a mais importante e numerosa raça brasileira (LIMA et al., 2006) e tem como andamento natural a marcha, valorizada por transportar o cavaleiro de maneira cômoda, mantendo sempre pelo menos um membro em contato com o solo, e por não transmitir a ele os mesmos impactos que ocorrem quando os animais trotam, o que traz como consequência sua frequente utilização nos enduros e cavalgadas. O andamento e a rusticidade do Mangalarga Marchador lhe conferem grande capacidade para percorrer longas distâncias e enfrentar desafios naturais (REZENDE, 2006).

Segundo a Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador, a marcha é um andamento natural, simétrico, a quatro tempos, com apoios alternados dos bípedes laterais e diagonais, intercalados por momentos de tríplex apoio. Possui como características ideais ser regular, elástica, com ocorrência de sobrepegada ou ultrapegada. É um andamento singular em que o animal nunca perde o contato com o solo, diferente do trote onde o equino, na troca dos apoios, apresenta suspensão dos quatro membros (ABCCMM, 2018).

O concurso de marcha da raça MM é uma prova equestre funcional singular (REZENDE, 2006) e compreende um exercício de duração (mínima de 20 minutos e máxima de 70 minutos), e de intensidade submáxima moderada, predominantemente aeróbico, com grande gasto energético, no qual o animal desenvolve um longo percurso sem descanso (ABCCMM, 2018, PRATES, 2009 e JORDÃO et al., 2009)

Os equinos marchadores, possuem uma dinâmica de movimentação diferente das raças de trote, pois, nunca perdem o contato com o solo, e, além disso, realizam as provas de marcha, durante mais de uma hora, sem qualquer descanso, sendo valorizados aqueles animais que apresentam maior flexão dos membros. Essas peculiaridades demonstram que os equinos marchadores, provavelmente, apresentam durante um concurso de marcha, grande dispêndio de energia e sobrecarga osteotendinea (REZENDE, 2009).

Relatos sobre a termografia apontam que o método surgiu a partir de estudos feitos pelo médico e filósofo grego Hipócrates (RING, 2012; LAHIRI et al., 2012). A mensuração da temperatura era realizada utilizando o dorso da mão para sentir o calor em diferentes partes do corpo. Utilizava-se também a lama, que nos locais que secassem mais rapidamente, após a aplicação, seria o de maior temperatura. Seguindo essa linha de raciocínio Hipócrates emitia diagnósticos, se havia ou não a presença de alguma enfermidade, baseando-se nas variações da temperatura superficial corporal do paciente (LAHIRI et al., 2012).

Em 1800, William Herschel, realizou a descoberta da radiação térmica infravermelha utilizando um espectroscópio. Descobriu-se que o sol emitia raios infravermelhos e assim realizou estudos das temperaturas das diferentes faixas dos espectros que compõem a luz visível. Entretanto, esta descoberta e sua relação com a luz não se tornaram claras até a metade do século XIX (BRIOSCHI et al., 2003).

Novos avanços da tecnologia de radiação infravermelha foram relatados no período da Segunda Guerra Mundial, em que o seu uso era restrito para fins militares, empregados no sistema de visão noturna para detectar alvos inimigos (BRIOSCHI et al., 2003).

O termógrafo é um equipamento que realiza a leitura de ondas eletromagnéticas de frequência infravermelhas emitidas pela superfície de um corpo. O calor é uma forma de energia a qual se transporta por este tipo de onda, portanto pode ser avaliado pôr câmeras termográficas (BASILE, 2012). A termografia é pelo menos 10 vezes mais sensível que a sensibilidade da mão humana na detecção da mudança de temperatura (ROSENMEIER, 2012).

Na Medicina Veterinária, a utilização da termografia teve sua primeira descrição quando Delahanty e Georgi (1965) utilizaram este método em equinos, associando com a radiografia em quatro casos clínicos para o diagnóstico de carcinoma de células escamosas, fratura de terceiro osso metacarpiano, osteoartrite társica e abscesso cervical profundo. Observaram em todos estes casos, aumento de calor ao redor da área envolvida. A medicina equestre foi uma das áreas pioneiras a utilizar esse tipo de exame complementar nos diagnósticos de diversas lesões e afecções (FERREIRA et. al, 2016).

O exame termográfico vem crescendo ao longo dos anos, não limitando seu uso apenas a espécie equina, mas também abrangendo o uso em cães, gatos e em animais de produção (DE LIMA et al., 2013). Um estudo realizado por Eddy et al. (2001) utilizou 64 cavalos que apresentavam claudicação, sendo que, 15 animais foram avaliados por meio da ultrassonografia, 20 animais por cintilografia nuclear e 29 submetidos ao exame radiológico. Em 62,5% dos casos, a termografia foi capaz de detectar o local das injúrias, colaborando para que o exame de diagnóstico por imagem fosse aplicado com sucesso.

A termografia é um método não invasivo utilizado para registrar gradientes e padrões térmicos corporais sendo empregada para medir a radiação térmica (calor) emitida pelo corpo ou partes deste, podendo, ser utilizada para diagnóstico de lesões causadas pelo treinamento (KITCHEM e YOUNG, 1998).

O registro dessa temperatura da superfície do corpo do cavalo ocorre por meio de uma câmera infravermelha (TATTERSALL, 2010). Em equinos atletas com alta exigência de performance, a termografia pode incrementar o treinamento, avaliando-se as injúrias musculoesqueléticas originadas de uma rotina de exercícios intensa, provendo informações úteis ao médico veterinário e treinadores na preparação dos animais para competições, como um auxílio diagnóstico de simples execução e resultados imediatos (VAN HOOGMOED e SNYDER, 2002; BASILE, 2012).

Yarnell et al. (2014), mostraram que a termografia poderia ser usada para avaliar mudanças de fluxo sanguíneo muscular após exercício agudo em esteira ergométrica. Além disso, poderia desempenhar um papel na reabilitação de equinos com miopatias da região da garupa e a detectar distensão muscular e inflamação dos membros posteriores (TURNER, 1998). A utilização da termografia como auxílio diagnóstico de lesões musculares após treinamento justifica-se pela facilidade do processo e por ser uma técnica não invasiva (MENDONÇA, 2014); sendo possível localizar com facilidade os pontos de inflamação muscular decorrentes do treinamento intenso (BALBINOT, 2006).

Fatores internos e externos têm um efeito significativo na temperatura da superfície do corpo (MOGG,1992). Para uso adequado da termografia é requerido portanto o cuidado com o animal e um ambiente controlado deve ser considerado para reduzir variabilidade e eliminar erros de interpretação (HEAD,2001, SOROKO, 2016).

A leitura e interpretação dos termogramas devem ser realizadas com cuidado. Focos quentes (*hot spots*) indicam geralmente processos inflamatórios e focos frios (*cold spots*) redução na circulação local, comumente encontrada em neuropatias, isquemia, fibrose e cicatrizes antigas (BASILE, 2012). Em uma imagem obtida por termógrafo, pode-se observar a distribuição da temperatura superficial de um determinado corpo, a qual é representada por uma escala de cores que variam geralmente do preto (ou cores mais escuras), indicando locais mais frios, até o branco (ou cores mais claras) indicando um local mais quente (BASILE, 2012).

O exercício físico exige adaptações orgânicas agudas como modificações dos sistemas autônomo, cardiovascular, pulmonar e metabólico com o objetivo de se adaptar as novas demandas provocadas pela atividade (JOHNSON et al., 2011). Uma das principais características da atividade física em equinos é a grande influência do ambiente térmico no desempenho esportivo, por serem atividades ao ar livre, permitindo, assim, a exposição direta do atleta às alterações climáticas, desta forma afetando diretamente a resposta térmica do organismo. A energia térmica gerada se acumula durante o exercício, elevando a temperatura corporal que deve ser dissipada através de mecanismos termorregulatórios (CARVALHO e MARA, 2010).

A maioria dos estudos desenvolvidos para verificar o efeito do ambiente térmico e do exercício sobre a termorregulação de equinos, avaliam a frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e a temperatura retal (TR) (MOURA et al, 2011).

Titto et al. (2009), afirmaram que a perda de calor por evaporação teria como vias termolíticas a sudação e a respiração. Nos cavalos atletas, a principal via para transferência de calor por convecção é o ajuste da circulação sanguínea (redistribuição do débito cardíaco), que direciona o calor do músculo para a pele e para o sistema respiratório, fazendo, desta forma, com que o sistema cardiovascular seja o principal responsável pela termorregulação (McCONAGHY et al. (1996).

Já Ribeiro et al. (2008) expuseram que algumas espécies utilizam a vasodilatação periférica, ou seja, o aumento do fluxo sanguíneo para a superfície corporal, como um processo para a manutenção da homeotermia, ocasionando aumento na temperatura da

superfície corporal. Esta vasodilatação facilita a convecção do calor por processos sensíveis e a eficácia deste depende do gradiente térmico entre o corpo do animal e a temperatura ambiente (McCUTCHEON e GEOR, 2008).

Dessa forma, torna-se de grande importância a avaliação e compreensão dos mecanismos fisiológicos dos animais durante o exercício físico intenso realizado nas competições ou nos treinamentos (MARQUES, 2002).

A principal função do coração é bombear o sangue através dos vasos, fazendo-o chegar a todos os órgãos e tecidos do organismo mantendo assim um bom funcionamento. Se a demanda circulatória se elevar, o coração poderá compensar mediante dois modos básicos possíveis pelos quais se proporciona maior volume circulante por minuto: aumento da frequência cardíaca e aumento da força de contração (MENDES, 2004).

As mensurações da frequência cardíaca durante o exercício em cavalos atletas são empregadas para quantificar a intensidade da carga de trabalho, monitorar o condicionamento físico e para estudar os efeitos do exercício sobre o sistema cardiovascular. Esse sistema responde ao exercício com acentuado aumento da frequência cardíaca, da força de contração, do volume sistólico e do débito cardíaco (WATANABE, 2006). Para os equinos adultos os valores da FC são de 35 a 45 batimentos por minuto (bpm), podendo-se observar valores maiores na clínica devido à excitação durante o exame. Nas raças desportivas se observam-se frequências mais baixas (28-32 bpm) em repouso (BOFFI, 2006).

Em estudos com doze éguas MM, Silva et al. (2015), avaliaram a FC durante e após uma prova de marcha com variação entre 105-156 bpm. Prates et al. (2009), em trabalho semelhante, obtiveram valores de FC entre 126 e 191 bpm em animais submetidos ao mesmo exercício. Já Babusci e López (2007), observaram variação da FC de 154 a 173 bpm, durante exercício de 30 minutos e velocidade constante de 12 Km/h.

A capacidade respiratória de um animal atleta tem importância relativamente pequena para exercícios de baixa intensidade, porém, é crítica para um desempenho máximo (FREITAS, 2005). Uma das principais funções do sistema respiratório é a troca de gases (oxigênio e dióxido de carbono) numa proporção que corresponde à demanda do metabolismo. A energia necessária para a realização do exercício físico de alta intensidade é fornecida pela combinação de via aeróbica e anaeróbica (HINCHCLIFF et al, 2002). O equino tem um alcance aeróbio muito alto, com uma capacidade extraordinária de aumentar o consumo de oxigênio em aproximadamente 40 vezes, entre o repouso e o exercício

máximo (FREITAS, 2005). O condicionamento do animal à atividade aumenta a sua capacidade aeróbica, melhorando o seu desempenho atlético (LACOMBE et al, 1999).

A frequência respiratória (FR) é expressa pelo número de movimentos respiratórios por minuto (mpm). Os cavalos têm uma FR em repouso que varia de 12-20 respirações/minuto (SILVA et al., 2015).

A temperatura retal nos permite avaliar se em condições de estresse térmico desses animais estão conseguindo manter sua temperatura dentro dos limites normais (PALUDO, 2002). É utilizada universalmente como parâmetro semiológico equivalente a temperatura central do organismo, sendo a média em equinos de 37,8°C. Ela sofre variações ao longo do dia, sendo 0,5°C mais baixa pelo turno da manhã e 0,5°C mais elevada pela tarde, devido à atividade fisiológica que vai aumentando ao longo das 24 horas (atividade física, digestiva, endócrina, etc.) (BOFFI, 2006). Pode variar entre 37,2 e 38,2°C. A temperatura normal apresenta variação durante o dia e pode-se elevar por até 2,5°C em consequência de atividade física acentuada, e por até 1,5°C quando o clima está quente e úmido (SPEIRS, 1999).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 25 equinos, 12 machos e 13 fêmeas, todos da raça Mangalarga Marchador com idade média de $6,5 \pm 3$ anos, e pesavam $414,9 \pm 34,5$ kg. Apresentavam andamento natural de marcha batida e eram todos registrados na ABCCMM,.

O estudo foi realizado em propriedade particular, situada na Ponte Alta de Baixo, município da cidade do Gama-DF, localizado na região Centro-Oeste do Brasil ($15^{\circ}55'23.5''S$ $48^{\circ}07'41.4''W$). Os animais utilizados no experimento eram de propriedade do haras. Eram alimentados com feno do tipo *tifton*, água e sal mineral *ad libitum*. Recebiam 1% do peso vivo de ração concentrada dividido em duas porções durante o dia (manhã e tarde). Os animais passavam a noite alojados em baias e as fêmeas eram soltas em piquetes durante o período da manhã. Os garanhões eram soltos em dias intercalados durante um período do dia.

O programa de treinamento dos animais cumpria o objetivo de participar de provas regionais e nacionais promovidas pela ABCCMM. O trabalho era realizado sempre em dias intercalados e consistia em exercícios de equitação, passo, marcha e galope. O treinamento tinha duração mínima de 20 minutos e máxima de 40 minutos. O local era de acordo com a

escolha do treinador, podendo ser realizado na pista de treinamento ou em mediações externa do haras, sempre considerando a necessidade e o limite físico de cada indivíduo.

O protocolo experimental foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética e Uso Animal (CEUA-UnB) sob o número 55/2018. Por meio de termo de consentimento livre e esclarecido, o proprietário do haras esteve de acordo com a realização do experimento.

Os animais passaram anteriormente por uma avaliação clínica e física completa, onde realizava-se manipulação dos membros torácicos, pélvicos e coluna vertebral. Todos os animais foram considerados hígidos e não apresentavam históricos de lesões locomotoras baseado nas informações concedidas pelo proprietário, treinadores e médico veterinário responsável.

O local estabelecido para realização das imagens termográficas era uma área aberta, sem paredes laterais, porém coberta com telhado. Durante o período experimental o local era monitorado com uma estação meteorológica digital, portátil (Instrutemp®, ITWH-1080), montada dentro do local estabelecido, onde mensurava dados como; umidade relativa do ar (UR, %), temperatura ambiente (Ta, °C) em tempo real e transmitia esses dados para o computador com intervalos de 5 minutos. A coleta dos dados teve duração total de 5 dias e foram realizadas em horários e condições climáticas semelhantes, entre 13:30 e 16:00 horas, com temperatura ambiente média em torno de 25°C e umidade relativa 37%, no mês de julho, caracterizando como inverno.

A fase do esforço de marcha ocorreu na pista de treinamento do haras, com perímetro de 250 metros, terreno plano, gramado na região central e uma leve camada de areia de 2 centímetros de altura (piso duro) que percorria todo o bordo interno da pista, por onde os animais se exercitavam. Para realização do teste de esforço solicitava-se que os animais não realizassem nenhuma atividade física nas 24 horas anteriores.

Ao iniciar o experimento os animais encontravam-se alojados em baias de alvenaria (16 m²) com boa ventilação, com palha de arroz como cama. Os animais eram contidos pelo treinador com o auxílio de um cabresto. Após contidos realizava-se exame clínico completo por meio de estetoscópio (Littmann®) para ausculta, relógio de pulso e termômetro digital (G-Tech®). Os parâmetros adotados em ordem durante o exame foram avaliação da frequência cardíaca em batimentos por minuto (bpm), frequência respiratória em movimentos por minuto (mpm) e aferição da temperatura corporal (retal) em graus Celsius, (FCa, FRa, TRa).

O equipamento usado para captação das imagens termográficas foi uma câmera

Após os parâmetros basais serem estabelecidos e o local das imagens ter sido devidamente preparado, os animais eram retirados de suas baias e conduzidos pelo seu treinador diretamente para a área estabelecida para captação das imagens. A distância entre esses dois pontos tinha 15 metros. Durante esse período era preconizado o máximo de calma possível para que os animais não se excitassem.

Os animais eram colocados em posição quadrupedal em um ponto determinado com os anteriores e posteriores alinhados. Nesse momento era realizada uma imagem de posterior (vista por trás) e uma de perfil do lado direito. Na imagem de posterior, o foco da câmera era direcionado para região da base da cauda, captando a região sacro-ilíaca até a região dos tarsos, ($TPD_{MÁX A}$, $TPE_{MÁX A}$). Já na imagem lateral era focalizado a região intercostal média. Desta forma captava-se lateralmente todo o corpo do animal acima da linha do tarso e carpo, ($TT_{MÁX A}$, $TP_{MÁX A}$). Toda as imagens foram realizadas de forma perpendicular ao corpo do animal a uma distância de 5 metros. Essas imagens foram consideradas de repouso.

Concluída essa primeira etapa, os animais eram encaminhados para a área de encilhamento. Como equipamentos eram usados: manta e sela desenvolvida para a raça e embocaduras escolhidas pelos treinadores de acordo com o grau de equitação de cada animal. Depois de arreados e montados, seguiam para pista de treinamento que ficava a uma distância de 100 metros, em grupo de quatro animais, cada um com seu treinador, com intervalo de 5 minutos entre eles. Esse intervalo foi instituído para melhor dinâmica do experimento e principalmente não ocorrer acúmulo de animais no momento da segunda fase de captação das imagens termográficas. Ao chegar na pista o treinador dava uma volta completa ao passo para aquecimento do seu animal. Após essa volta de aquecimento os animais eram colocados na marcha batida a uma velocidade média de 15 km/h, durante 20 minutos onde 10 minutos se realizavam no sentido horário e outros 10 em sentido anti-horário. Cinco minutos após o início da marcha do primeiro animal, o segundo animal já tendo realizado sua volta de aquecimento, iniciava sua marcha usando a mesma metodologia do primeiro animal e assim sucessivamente.

Durante o período do teste também eram observadas assimetrias de movimentação que pudessem caracterizar claudicação ou quaisquer sinais de dor, que impediria o animal de continuar o teste de esforço e o direcionava para exames complementares. Imediatamente após o término dos 20 minutos, o treinador já conduzia seu cavalo até a equipe que se encontrava ao centro da pista e no primeiro minuto após a parada realizava-se a aferição dos parâmetros (FCd, FRd, TRd). Imediatamente após, o treinador conduzia seu animal até a

área onde eram realizadas as imagens termográficas, fazendo assim o caminho inverso, sendo desarreados e colocado na mesma posição adotada para captação das imagens, ($TT_{MÁX D}$, $TP_{MÁX D}$, $TPD_{MÁX D}$ $TPE_{MÁX D}$) Figura 3 e Figura 4. O tempo gasto entre o término do exercício na pista de treinamento e o término da captação das imagens termográficas após exercício foi de três minutos.

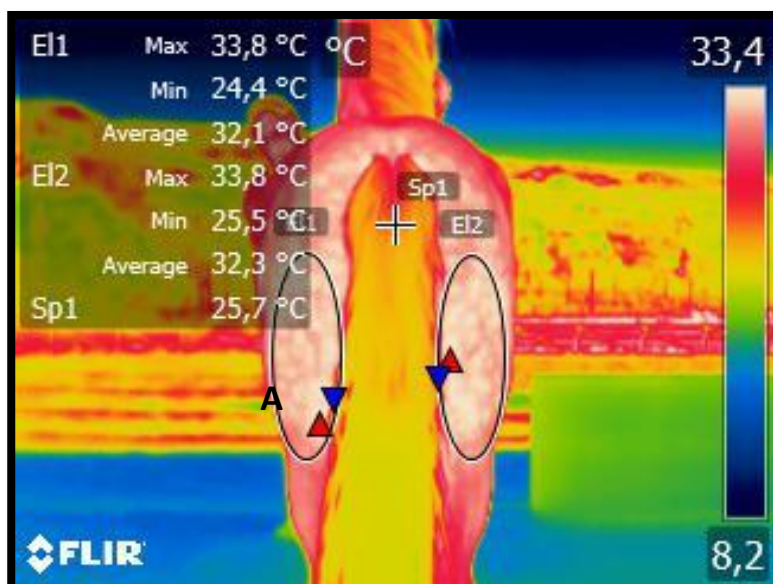


Figura 3: Imagem termográfica captada por trás com os valores de temperatura superficial corporal de cavalos da raça MM, antes do exercício de marcha.

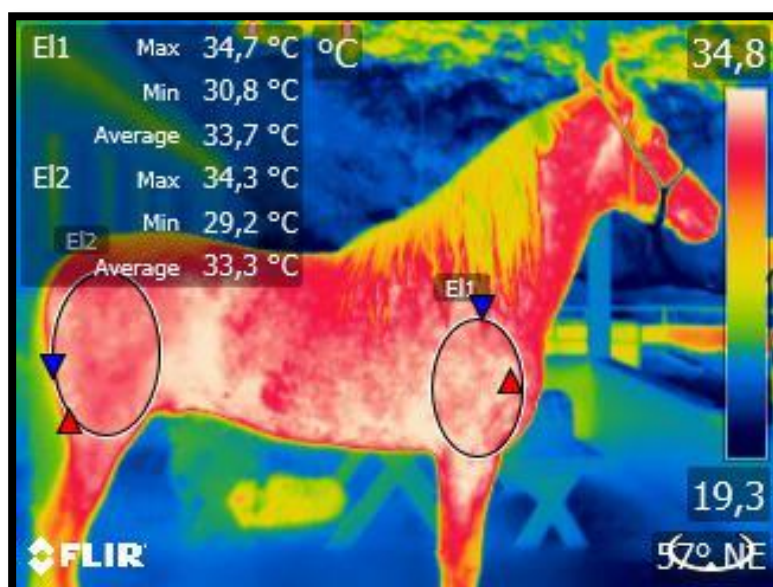


Figura 4: Imagem termográfica captada de perfil com os valores de temperatura superficial corporal de cavalos da raça MM, antes do exercício de marcha.

Na fase de análise das imagens optou-se pela figura da elipse, onde conseguiu tangenciar efetivamente as regiões anatômicas pré-determinadas, dos membros torácicos e pélvicos com a menor influência de regiões mais frias (*e.g.* crina, cauda) na determinação dos valores da temperatura máxima encontrada dentro da figura. As imagens termográficas dos animais foram realizadas sempre a uma distância de 5 metros, perpendicularmente ao corpo do animal, vista de perfil e posterior. Optou-se por comparar a temperatura máxima das áreas especificadas (dentro da elipse), antes e após o esforço, pois demonstrou ser a mais fidedigna entre os demais valores obtidos durante as análises e edições das imagens, mais consistente e com menor variância (COOK et al., 2006; STEWART et al., 2005; YARNELL et al., 2014). As análises das imagens termográficas foram realizadas por meio de software (Flir Tools[®]).

Os valores determinados foram submetidos a análise estatística descritiva e teste de normalidade de Shapiro-Wilk. O teste t-pareado foi empregado para a comparação das médias das variáveis fisiológicas e incremento calórico antes e depois do treinamento. O programa IBM SPSS Statistics for Mac, version 23 (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA) foi utilizado considerando nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados 25 equinos da raça MM, 12 machos e 13 fêmeas, pesavam $414,9 \pm 34,5$ kg e idade média $6,5 \pm 3$ anos. Todos registrados na ABCCMM, de marcha batida, sem complicações clínicas para realização do estudo.

Durante o período do estudo, o local foi monitorado com uma estação meteorológica digital portátil (Instrutemp[®], ITWH-1080), montada dentro do local estabelecido para realização das imagens termográficas, onde mensurava dados como umidade relativa do ar (UR, %), temperatura ambiente (T, °C), em tempo real e transmitia esses dados para o computador com intervalos de 5 minutos, conforme observado na Tabela 1.

Os devidos cuidados com os animais antes da realização das imagens foram adotados. Evitava-se molhar os animais, bem como escová-los, para que não houvesse variação de temperatura corporal superficial com essas medidas. O ambiente era coberto, protegido do sol e ventilado, com temperatura diária média de 25°C e uma umidade relativa média de 36,6%. Em estudos utilizando com termografia infravermelha, Eddy (2001), Simon (2006) e Redaelli et al. (2014) revelaram que as imagens térmicas deveriam ser

obtidas em condições padronizadas, sendo que variáveis controláveis incluíam temperatura ambiente e umidade do ar, trazendo como ideal uma faixa de temperatura de 20 a 25 °C.

Tabela 1. Valores médios diários de temperatura ambiente e umidade relativa do ar durante 5 dias de coleta dos dados termográficos em equinos antes e após exercício de marcha (15km/h), durante 20 minutos (Brasília, 2018).

Dados Do Ambiente	1° Dia	2° Dia	3° Dia	4° Dia	5° Dia
(T °C)	26,3	24,3	23	25,9	26,1
(UR %)	26,1	32,1	38,1	45,8	40,9

Os valores médios dos parâmetros fisiológicos encontrados antes do exercício nesse estudo (Tabela 2) apresentaram-se similares aos encontrados por Terra (2012) que avaliou 7 éguas MM após 42 dias de treinamento e encontrou valores médios basais de frequência cardíaca (FC) 33bpm, frequência respiratória (FR) 24mpm e temperatura retal (TR) 37,8°C.

A FC antes da atividade física realizada 41 ± 6 (bpm) encontrada no presente estudo apresentava-se dentro dos valores normais de referência de equinos da raça MM descritos na literatura (PRATES et al.,2009; ABRANTES, 2015) que obtiveram, com equinos MM, FC antes da marcha semelhantes a do nosso estudo. No entanto os valores de FC quando comparados com equinos de outras raças (28-32 bpm) em repouso (BOFFI, 2006) se revelaram pouco elevados. Sugere-se que essa diferença de FC pode ter ocorrido devido à presença da equipe para aferição desse parâmetro ou em decorrência de um estresse de antecipação ao exercício, mesmo com os animais condicionados com a rotina de treinamento.

Durante as competições, os equinos realizam um percurso circular, na marcha, mantendo a velocidade média de 12 a 14 km/h, o que garante a estabilidade e distribuição dos apoios característicos da marcha, durante um tempo mínimo de 20 minutos e máximo de 70 minutos (PROCÓPIO, 2003; ABCCMM, 2018). Em nosso estudo, os animais realizaram uma simulação do tempo mínimo de uma prova de marcha, a uma velocidade média de 15 km/h, sendo 10 minutos no sentido horário e 10 minutos no sentido anti-horário, desta forma percorrendo uma distância total de 5 Km.

Tabela 2. Valores médios (\pm desvio padrão) da frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e da temperatura superficial corporal vista de perfil e por trás em equinos antes (**a**) e após (**d**) exercício de marcha (15km/h), durante 20 minutos (Brasília, 2018)

n=25	Antes do Exercício	Após o Exercício
FC (bpm)	41 \pm 6	99 \pm 14*
FR (mpm)	24 \pm 9	70 \pm 16*
TR (°C)	37,6 \pm 0,4	39,1 \pm 0,4*
TT_{MÁX}	33,4 \pm 1,1	35,6 \pm 1,0
TP_{MÁX}	32,5 \pm 1,2	34,6 \pm 1,0
TPD_{MÁX}	33,5 \pm 1,2	35,6 \pm 1,1
TPE_{MÁX}	33,6 \pm 1,2	35,6 \pm 1,1
IC (%)	TT _{MÁX} 6,23	TP _{MÁX} 6,15
IC (%)	TPD _{MÁX} 5,66	TPE _{MÁX} 5,52

TT_{MÁX}: temperatura torácica máxima / TP_{MÁX}: temperatura pélvica máxima / TPD_{MÁX}: temperatura pélvica direito máxima / TPE_{MÁX}: temperatura pélvica esquerda máxima/ IC (%) incremento da temperatura superficial do corpo após o teste de esforço. (* $P < 0,001$)

A FC máxima logo após o esforço revelou aumento significativo ($p < 0,001$), de 99 \pm 14 (bpm), próximos aos valores encontrados por Prates et al. (2009) e Folador et al. (2014), 105-156 bpm e 100 bpm respectivamente, em animais da mesma raça. Essa elevação significativa da FC após a marcha era esperada, visto que o sistema cardiovascular aumenta de forma compensatória, para atender a demanda de oxigênio músculos em atividade, dos tecidos do organismo e auxiliar termoregulação dos equinos de forma eficaz (TITTO et al. 2009). A FC encontrada (99 \pm 14 bpm), pode estar relacionada ao bom condicionamento dos animais usados em nosso estudo pois todos tinham tempo mínimo de treinamento de seis

meses. Percebeu-se também, que os valores de FC retornaram aos basais 30 minutos após a conclusão do teste de marcha.

Prates et al. (2009), classificaram a marcha como uma atividade de intensidade submáxima por apresentar, durante sua execução, valores de frequência cardíaca abaixo de 200 bpm. Além disso, Silva et al., (2015) e Lages (2016), concluíram que uma prova de marcha como um exercício de baixa/média intensidade e média/longa duração e que tem como característica o metabolismo aeróbico. Desta forma, caracterizou-se o esforço realizado pelos animais como de intensidade intermitente e submáxima/moderada com predominância de metabolismo aeróbico.

Nota-se que antes de iniciarem o exercício de marcha, os animais apresentaram frequência respiratória (FR) antes do exercício de 24 ± 9 (mpm) (Tabela 2), acima daquele considerado como basal de 12 a 20 mpm de equinos atletas em repouso por Clayton (1991) e Silva et al., (2015), caso ocorrido também com a FC antes do exercício. Acredita-se que essa diferença de FR antes da marcha, se deu em virtude da mudança na rotina desses animais, pois eles não realizaram nenhum tipo de trabalho no dia anterior ao experimento e nem foram soltos em piquetes no período da manhã do dia do experimento. Essa conduta foi estabelecida para eliminar fatores ambientais que poderiam alterar as imagens termográficas e promover possíveis erros de interpretação das imagens. Apesar dos valores FR antes estarem elevados, ainda se encontram próximos de valores encontrados por Prates (2009), que em seu experimento com éguas MM registrou valores FR basal entre 28 e 38 mpm. O autor também relatou que esses valores mais altos de FR encontrados antes do exercício podem ter ocorrido em função do estresse de antecipação.

Os valores de FR encontrados após exercício da marcha 70 ± 16 (mpm), revelaram elevação significativa ($p < 0,001$) (Tabela 2) e se encontram com valores similares aos encontrados em cavalos MM após simulações ou provas oficiais de marcha (PRATES et al., 2009; FOLADOR et al., 2014). O aumento da FR imediatamente após o exercício, em relação aos valores de repouso ocorre devido à hiperventilação que se produz para suprir o déficit de oxigênio pós-exercício além de conduzir calor corporal produzido durante o exercício para o meio externo, cumprindo sua função termorreguladora (PERRONE et al., 2006).

A temperatura retal (TR) é um parâmetro semiológico, usado rotineiramente na clínica médica veterinária para auxiliar no diagnóstico de patologias. Nesse estudo verificou-se que houve aumento ($p < 0,001$) em relação a TR antes $37,6 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ e após o esforço $39,1 \pm$

0,4°C (Tabela 2). Valores semelhantes foram encontrados por Abrantes (2016) e Binda et al. (2013) que registraram TR entre 37,6°C e 38,1°C em animais antes do exercício de marcha e 39,0°C e 40,0°C após. Acredita-se que a prova de marcha seja um exercício que produz grande quantidade de calor metabólico (ABRANTES, 2016).

Sugere-se que a termografia infravermelha por ser um método não invasivo, de rápida execução e que não causa desconforto aos animais tem chances de se tornar peça ímpar no acompanhamento do comportamento da temperatura superficial corporal dos animais durante os eventos de marcha. Atualmente a Federação Equestre Internacional (FEI), em seu regulamento revela uma nova metodologia de exame de hipersensibilidade de membros para os veterinários, na qual 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 veterinários devem ficar atentos a diferenças de temperatura entre os membros e presença de regiões de alta ou baixa temperatura (FEI, 2019).

Não foram observadas diferenças entre as temperaturas da superfície corporal dos animais antes e depois do exercício de marcha, nas imagens captadas pelo termógrafo. No entanto, podemos perceber uma tendência a elevação da temperatura após o exercício proposto quando consideramos a variação do incremento calórico entre as etapas (Tabela 3).

Sala et. al (2012), obtiveram diferenças significativas na temperatura da musculatura pélvica, utilizando a termografia infravermelha, em cavalos da raça quarto de milha, logo após o exercício, em simulação a prova de três tambores. Simon et al. (2006), presumiram que a termografia poderia ser aplicada na avaliação da variação da temperatura da superfície corporal durante o exercício, em um estudo realizado com 7 equinos Puro Sangue Inglês, em exercício em esteira ergométrica quando obteve-se aumento significativo na temperaturas registradas nas regiões musculares escolhidas quando comparadas com as imagens antes e imediatamente após o esforço

Oliveira et al. (2018), em trabalho com 10 equinos da raça QM, submetidos a atividade física na guia, em círculo de 18 m ao trote por 10 minutos, não perceberam variação significativa da temperatura corporal após esforço, na região dos membros torácicos, resultado também observado em nosso estudo. Entretanto, variações da temperatura na região dos membros pélvicos foram observadas (SALA et al., 2012; SIMON et. al., 2006).

A raça MM é uma raça relativamente nova e começou a ser explorada cientificamente nas últimas décadas. Por isso, há poucos estudos científicos voltado ao tema do nosso trabalho, e considera-se esse então, precursor de um protocolo de avaliação do esforço de marcha por meio da captação de imagens termográficas. Desta forma percebeu-se também que diferenças entre as metodologias realizadas nas raças estudadas, na aptidão esportiva e na duração do esforço realizado.

Moura et al. (2011), não encontraram variações significativas analisando regiões distintas de grandes grupos musculares com o uso da termografia em um cavalo anglo-árabe, exercitado no estilo “*ring-work*” (exercício em pista), durante 30 minutos. Segundo McCutcheon e Geor (2008), esses resultados podem sugerir baixa capacidade vasomotora destas regiões, mesmo considerando aumento de fluxo sanguíneo em função do estresse e do esforço realizado e da rica vascularização e representação destas regiões.

Yarnell et al. (2014), revelaram que a termografia poderia ser usada para avaliar mudanças no fluxo sanguíneo muscular em estudo realizado com 7 equinos caminhando a uma velocidade média de 5,7 km/h na esteira aquática durante 21 minutos, revelando aumento de temperatura da superfície na região dos músculos semitendinosos ao término do exercício em três tratamentos utilizados (1-esteira sem água, 2-água na altura da articulação interfalangeana proximal e 3-água na altura do carpo), porém sem diferença significativa na taxa de mudança de temperatura entre cada tratamento com os três protocolos de exercícios. Os resultados encontrados no presente trabalho, quando analisadas as imagens de posterior também não revelaram diferença entre as temperaturas da superfície corporal antes e após o exercício de marcha (Tabela 2).

A temperatura retal é utilizada universalmente como parâmetro semiológico que se equivale a temperatura central do organismo (BOFFI, 2006). Já temperatura superficial corporal adquirida pela imagem termográfica, trata-se de um método que promove informação quantitativa da temperatura da pele, oriunda de uma energia térmica gerada que se acumula durante a prática do exercício, desta forma elevando a temperatura superficial (MENDONÇA, 2014). No presente estudo os valores da temperatura da superfície corporal ($TT_{MÁX} 35,6 \pm 1,0$ / $TP_{MÁX} 34,6 \pm 1,0$ / $TPD_{MÁX} 35,6 \pm 1,1$ / $TPE_{MÁX} 35,6 \pm 1,1$) revelou valores mais baixos que os valores de temperatura retal ($37,6 \pm 0,4$).

Apesar de não haver diferença entre as temperaturas antes e depois do esforço realizado, pode-se observar um incremento considerável nas imagens vista por trás 5,5% ($2^{\circ}C$) e nas de perfil, 6,1% ($2,1^{\circ}C$), corroborando Yarnell et al. (2014) onde revelaram

aumento da temperatura do músculo semi-tendinoso em 2,5°C entre o tempo zero e término do exercício (21 minutos).

Sugere-se que a ausência de diferença entre os valores das imagens termográficas determinadas no presente estudo, atribui-se pelo fato do esforço proposto (20 minutos de marcha) não ter sido suficiente para promover alteração significativa da temperatura corporal. Uma segunda hipótese seria que os animais estavam em boas condições de condicionamento físico ao exercício e por isso não produziram calor superficial corporal suficiente para gerar diferença da temperatura máxima das regiões determinadas nas imagens termográficas após o esforço da marcha. Cavalos condicionados ao exercício são considerados mais eficientes na termorregulação quando comparado com cavalos não condicionados. Redaelli et al. (2019), sugeriram que o uso de termografia pode ser um bom indicador de estresse fisiológico e pode ser útil para avaliar a eficácia de um treinamento em equinos de resistência.

Diante do exposto, novos estudos com maior tempo de esforço e atenção ao condicionamento físico, são requeridos visto que os animais em provas oficiais de marcha oficiais realizam esforços com duração mínima de 20 minutos e máxima de 70 minutos.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que ocorreu incremento na temperatura superficial de regiões torácicas e pélvicas mediante termografia infravermelha após esforço de marcha de 20 minutos. Contudo, não se percebeu alteração significativa de temperatura superficial corporal, mesmo havendo elevação da temperatura retal no teste de esforço proposto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCCMM. Associação Brasileira Dos Criadores Do Cavalo Mangalarga Marchador. **Regulamento do serviço de registro genealógico do Cavalo Mangalarga Marchador**, Belo Horizonte. p.1-51, 2018. Disponível em: <http://leia.abccmm.org.br/portal/regulamentos/estatuto/>. Acesso em 10/2018.

ABRANTES, R. G. P.; REZENDE, A. S. C; SANTIAGO, J. M.; PABLO, T; MARÍLIA, M. M.; FONSECA, M. G; LAGE, J; MOREIRA, D. C. A. Validation of a training protocol for marcha contests of the mangalarga marchador bree. **Biosci. J.**, Uberlândia-MG, v. 31, n. 6, p. 1787-1791, 2015.

ABRANTES, R. G. P., Validação de um protocolo de treinamento para provas de marcha da raça mangalarga marchador. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte- MG, 2013.

BASILE, R. B. Metodologia de avaliação e análise de termografia em equinos. Trabalho de Iniciação Científica apresentado a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus Jaboticabal, para graduação em Medicina Veterinária, p. 101, 2012

BABUSCI, M.; LOPEZ, E.; Sistema cardiovascular. In: BOFFI, F. M. Fisiologia del Ejercicio. Buenos Aires: **Inter-Médica**, p. 123-132,2007.

BASILE, R.C. et al. Guia Prático de Exames Termográficos em equinos. **Rev.Bra. Med. Vet.** São Paulo,Ano 6, nº31, p. 24-28, 2010.

BINDA, M. B.; OLIVEIRA Jr, L. A. T.; CONTI, L. M. C T.; CHAMPION, T. C. S.; COELHO, C. S.; Systolic blood pressure assessment of manga-larga marchador horses after physical exercise **Ars Veterinaria**, Jaboticabal - SP, v.29, n.3, 132-138, 2013.

BOUZAS, M. J.C.; DE ANDRADE, F. A.; GOMES, M. D.; SOUZA, S.F.; MAGNO, A.; COSTA, C., et al. Thermographic profile of soccer players' lower limbs. **Rev Andal Med Deporte**; 7: 1–6. 2014.

BORJA, D. Mangalarga Marchador -**Revista oficial da ABCCMM** n 87, p.2-3, 2017. Disponível em: <http://leia.abccmm.org.br/revistas/revista87/html5forpc.html?page=0>. Acesso em 10/2018.

BALBINOT, L.F. Termografia computadorizada na identificação de trigger points miofasciais. Dissertação Mestrado, Santa Catarina-RS UDESC, 2006.

BRANDI, R.A.; FURTADO, C.E.; MARTINS, E.N.; FREITAS, E.V.V.; LACERDA NETO, J.C.; QUEIROZ NETO, A.; RIBEIRO, L.B. Desempenho de equinos submetidos a enduro alimentados com níveis de óleo de soja na dieta. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador-BA, v.10, n.2, p.311-321, 2009.

BRIOSCHI, M.L.; MACEDO J.F; MACEDO, C.R.A.; Termografia cutânea: novos conceitos. **Revista Vascular Brasileira**; v. 2, p. 151-160, 2003.

BOFFI, Frederico M. **Fisiologia del ejercicio en equinos**. 1ª Ed. Buenos Aires: Inter-Médica, 2006.

CABRAL, G. C; ALMEIDA, F. Q; AZEVEDO, P.C. N; QUIRINO, C. R; SANTOS, E. M; CORASSA, A; PINTO, L. F. B; R. Avaliação morfométrica de equinos da raça Mangalarga Marchador: medidas angulares **Bras. Zootec**. Viçosa-MG v.3,n.6, 2004.

CARVALHO, T.; MARA, L.S. Hidratação e nutrição no esporte. **Rev. Bras. Med. do Esp.**, Rio de Janeiro, v.16, n.2, p. 33-40. 2010.

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

CUNNINGHAM, J.G. Termorregulação. In: **Tratado de fisiologia veterinária**. 3. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2002.

DE LIMA, V; PILES, M; RAFEL, O; LÓPEZ-BÉJAR, M; RAMÓN, J; VELARDE, A; DALMAU, A. Infrared thermography to assess the influence of high environmental temperature on rabbits. **Research in Veterinary Science**, v.95, n.2, p.802-810, 2013.

DYCE, K. M., SACK, W.O., WENSING, C.J.G. **Tratado de anatomia veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogans S. A., 1996.

EDDY, A.L.; VAN HOOGMOED, L.M.; SNYDER, J.R. The role of thermography in the management of equine lameness. **The Veterinary Journal**, v.162, n.3, p.172-181, 2001.

EVANS, D. L. Training and Fitness in Athletic Horses. Rural Industries Research and Development Corporation, p. 65, 2000.

FEI, Fédération Equestre Internationale, **Veterinary regulations**, 14^oEdition, Anexo XI p. 42-110. 2019.

FERREIRA, K. D. SAULO, H. A. F; JÉSSICA, F. B; LUIZ, A. F. S; VALCINIR, A. S. V; Termografia por infravermelho em medicina veterinária, **Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.13 n.23; p. 201, 2016.

FONSECA, M.G. Mangalarga marchador: estudo morfométrico, cinemático e genético da marcha batida e da marcha picada. Dissertação de doutorado Unesp, Câmpus de Jaboticabal –SP, 2018.

FOLADOR, J. C.; DRUMOND B.; SOUZA, V. R. C.; COELHO, C. S. Concentrações séricas de sódio, potássio e cálcio em equinos da raça mangalarga marchador após exercício físico., 2014 **Archives of Veterinary Science**, v.19, n.2, p.60-68, 2014.

FREITAS, E.V. V. Fisiologia do exercício físico de equinos. In: ZOOTEC, 2005, **Anais do ZOOTEC**. Campo Grande - MS, 2005.

HEAD, J. e DYSON S. Taking the temperature of equine thermography. **Vet. Journal**; 162:166–7, 2001.

HINCHCLIFF, K. et al. Clínica Veterinária: **Um tratado de Doenças dos Bovinos, Ovinos, Suínos, Caprinos e Eqüinos**. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 1737, 2002.

HEAD, J; DYSON, S; Taking the temperature of equine thermography. **Vet Journal**, v. 7, p. 162-166, 2001.

ING, F.J.; AMMER, K.; Infrared thermal imaging in medicine. **Physiol. Meas.**; v. 33, p.33–46, 2012.

JORDÃO, L. R., Manejo nutricional e suplementação dietética com cromo em eqüinos Mangalarga Marchador em prova de marcha, Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte- MG, 2009.

JORDAO, L. R.; REZENDE, A. S. C.; BERGMAM, J. A. G.; MOURA, R. S.; MELO, M. M. ; COSTA, M.L.L. ; MOSS, P. C. B. ; AQUINO NETO, H. M. .Effect of feed at different times prior to exercise and chelated chromium supplementation on the athletic performance of Mangalarga Marchador mares. **Equine and Comparative Exercise Physiology**, v. 7, p. 133-140, 2011.

JOHNSON, S. R; RAO, S; HUSSEY, S. B; MORLEY, P.S; DARGATZ, J. L; Thermographic eye temperature as an index to body temperature in ponies. **J Equine Vet Sci** n, 31, p.6, 2011.

KITCHEM S, YOUNG S. Princípios Eletrofísicos. In: Kitchem S, Bazim S. **Eletroterapia de Clayton**. São Paulo – SP: Manole. p.46-58, 1998.

LIMA, R. A. S.; SHIROTA, R.; BARROS, G. S. C. Estudo do complexo do agronegócio cavalo – **Relatório Final. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP**, p 251, 2006.

LAHIRI, B. B. BAGAVATHIAPPAN, S.; JAYAKUMAR, T.; Medical application of infrared thermography: A review. **Infrared Physics & Technology**, v.55, n.4, p.221- 235, 2012.

LACOMBE V.A., HINCHCLIFF K.W. e TAYLOR L.F. Interactions of substrate availability, exercise performance and nutrition with muscle glycogen metabolism in horses. **J. Am. Vet. Med. Assoc.** 2003.

MCCUTCHEON, L.J.; GEOR, R.J. Redistribution of cardiac output in response to heat exposure in the pony. **Equine Veterinary Journal**, v.22, p.42- 46, 2008.

MCCUTCHEON, L.J.; GEOR, R.J. Thermoregulation 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, p.382-386,2008.

MCCONAGHY, F.F.; HODGSON, D.R.; ROSE, R.J.; HALES, J.R.S. Redistribution of cardiac output in response to heat exposure in the pony. **Equine Veterinary Journal Supplement**, Newmarket, v.22, p.42-46, 1996.

MARQUES, M. S; Influência do exercício físico sobre os níveis de lactato plasmático e cortisol sérico em cavalos de corrida. Dissertação (Mestrado em Clínica Veterinária). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, USP- SP, p. 70, 2002.

MOURA D.J; MAIA A.P.A; VERCELLINO A. R. et al, Uso da termografia infravermelha na análise da termorregulação de cavalo em treinamento. **Eng. Agríc.** Jaboticabal, v.31, n.1, p.23-32, 2011.

MENDONÇA, M. F. F. Determinação dos parâmetros fisiológicos e utilização da câmera termográfica para diagnosticar lesões em equinos de salto na cidade de João Pessoa-PB – Patos, 2014.

MOGG, K.C; POLLITT, C.C. Hoof and distal limb surface temperature in the normal pony under constant and changing ambient temperatures. **Equine Vet J**, v. 24, p. 134–139, 1992.

MENDES, D. N. **Semiologia do sistema circulatório de equinos e ruminantes**. In: FEITOSA, F. L. F. Semiologia veterinária: a arte do diagnóstico: cães, gatos, equinos, ruminantes e silvestres. SãoPaulo: Rocca. p. 234- 277, 2004.

OLIVEIRA, K. OLIVEIRA, G. A. C.; DA SILVA, D. A.; BUENO, L. G. F.; LOPES, A. M.; DE MOURA, D. J; Dinâmica da temperatura da pele de equinos durante atividade física por meio da termografia infravermelha **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v. 12, 327-332, 2018.

OLIVEIRA, L.A.; CAMPEL, J.E.G.; AZEVEDO, D.M.M.R.; COSTA, A.P.R.; TURCO, S.H.N.; MOURA, J.W.S. Estudo de respostas fisiológicas de equinos sem raça definida e da raça quarto de milha às condições climáticas de Teresina, Piauí. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.9, n.4, p.827-838, 2008.

PEREIRA, V. P.; R. V. G.; CARVALHO, L. E.; JORDÃO, L. R.; MOSS, P. C. B.; SOARES, A.; REZENDE, A. S. C. Frequência cardíaca em equinos Mangalarga Marchador durante a após prova de marcha. **Revista Veterinária e Zootecnia em Minas**, v. 100, p. 93-95, 2009.

PERRONE, G.M.; CAVIGLIA, J.F.; PÉREZ, A.; FIDANZA, M.; MARQUEZ, A.; CATELLI, J.L.; GONZÁLEZ, G. Cambios em las variables fisiológicas en equinos compitiendo en una prueba combinada. **Anales de Veterinaria**, Murcia, v.22, p.35-42, 2006.

PRATES, R. C., REZENDE, H. C., LANA, A. M. Q. *et al.* Heart rate of Mangalarga Marchador mares under march test and supplemented with chrome. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.916-922, 2009.

PROCÓPIO, A.M.; A velocidade da marcha. In: Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador, editor. **Mangalarga Marchador: Revista Oficial da ABCCMM**. Belo Horizonte-MG; Edition v. 53, 74-6, 2003.

PROCÓPIO, A.M.; BERGMANN, J.A.G.; MENZEL, H.J. *et al.* Curvas ângulo-tempo das articulações dos equinos marchadores. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.59, p.41-48, 2007.

PUOLI FILHO, J.N.P.; BARROS NETO, T.L.; RODRIGUES, P.H.M.; GARCIA, H.P.L. Parâmetros fisiológicos do desempenho de cavalos de alta performance hidratados voluntariamente com água ou solução isotônica contendo carboidrato. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.44, n.2, p.122-131, 2007.

REDAELLI, V. BERGERO, D., ZUCCA, E. FERRUCC, F., COSTA, L. N CROSTA.L., LUZI, F. Use of Thermography Techniques in Equines: Principles and Applications. **Journal of Equine Veterinary Science** n34, p 345–350, 2014.

REDAELLI, V., LUZI, F., MAZZOLA, S., BARIFFI, G. D., ZAPPATERRA, M., COSTA, L. N., PADALINO, B., The Use of Infrared Thermography (IRT) as Stress Indicator in Horses Trained for Endurance: A Pilot Study. **Animals**, p.9-84, 2019.

REZENDE, A.S.C. Aditivos ou suplementos? **Mangalarga Marchador**, v. 18, n. 59, p. 44 - 48, 2006.

REZENDE, H. H. C.; PRATES, R. C.; MOURA, R. S.; MOSS, P. C. B.; LANA, A. M .Q.; MELO, M. M.; GARCIA, E. S.; REZENDE, A. S. C. Efeito do cromo sobre o metabolismo energético e a resposta hormonal em éguas Mangalarga Marchador em trabalho de condicionamento para provas de marcha. **Revista Veterinária e Zootecnia em Minas**, v. 100, p. 81-83, 2009.

RIBEIRO, N.L.; FURTADO, D.A.; MEDEIROS, A.N.; RIBEIRO, M.N.; SILVA, R.C.B.; SOUZA, C.M.S. Avaliação dos índices de conforto térmico, parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de ovinos nativos. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.614-623, 2008.

ROSENMEIER, J.G; STRATHE, A.B; ANDERSEN, P.H; Evaluation of coronary band temperatures in healthy horses. **Am J Vet Res.** 73:719–23, 2012.

SALA, L.C.C., ELUI, M.C. e JARDIM, M.C. Avaliação termográfica da musculatura pélvica de equinos da modalidade esportiva de três tambores. **Pubvet**, Londrina, V. 6, N. 29, Ed. 216, Art. 1437, 2012

SILVA, M. C. P.; BERKMAN. C.; BADIAL, P. R.; SARMENTO, E. C. L. B.; OLIVEIRA N. G.; RAPHAEL, U. B. MEDEIROS, J. M. Q.; TEIXEIRA, L. G. Determinação das variáveis fisiológicas e bioquímicas de equinos Mangalarga Marchador durante prova oficial de marcha. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, Recife-PE, v. 18, n. 1 p. 27-32, 2015.

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

SPEIRS, V. C. Exame clínico de equinos. Trad. Claudio Barros. Porto Alegre: **Artes Médicas Sul Ltda**, 1999.

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. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.229, p.1940-1944, 2006.

SOROKO, M.; HOWELL, K.; Infrared Thermography: Current Applications in Equine Medicine. **Journal of Equine Veterinary Science**, 1–7, 2016.

TATTERSALL, G. J.; CADENA V. Insights into animal temperature adaptations revealed through thermal imaging. **Imaging Sci Journal**, n 58, 261–8, 2010.

TERRA, R. A. Avaliação do treinamento de éguas Mangalarga Marchador submetidas a testes de esforço incremental realizados em esteira e a campo. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte- MG, 2012.

THOMASSIAN, A. **Enfermidades dos cavalos**. 4ed., São Paulo: Varela, 2005.

TITTO, E.A.L.; PEREIRA, A.M.F.; TOLEDO, L.R.A.; PASSINI, R.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; GOBESSO, A.A.O.; ETCHICHURY, M.; TITTO, C.G. Concentração de eletrólitos em equinos submetidos a diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.10, n.1, p.236-244, 2009.

TURNER, T. A., The use of thermography in lameness evaluation. **Proc Am Assoc Equine Pract**, v. 44, p. 224–230. 1998

TURNER, T.A. Diagnostic thermography. **Vet Clin North Am Equine Pract**; v. 17, p. 95–113, 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.

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

VAN DE GRAAFFE, K.; FOX, S.; THOUIN, L. *Concepts of Human Anatomy and Physiology*. McGraw-Hill, **United States of America**. 1999.

VAN HOOGMOED, L.M; SNYDER, J.R; Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. **The Veterinary Journal**. v. 164, p. 129-141, 2002.

WATANABE, M. J., THOMASSIAN, A., TEIXEIRA NETO, F. J., ALVES, A. L. G., HUSSNI, C.A., NICOLETTI, J.L.M., Alterações do pH, da PO₂ e da PCO₂ arteriais e da concentração de lactato sanguíneo de cavalos da raça Árabe durante exercício em esteira de alta velocidade, **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.58, n.3, p.320-326, 2006.

YARNELL, K; FLEMING, J; STRATTON, T.D; BRASSINGTON, R. Monitoring changes in skin temperature associated with exercise in horses on a water treadmill by use of infrared thermography. **J Therm Biol**, v. 45, p. 110–116, 2014.