

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA**

**IMPRESSÃO TERMOGRÁFICA NA DETECÇÃO DE
CLAUDICAÇÃO EM CÃES**

TESE DE DOUTORADO

Érika Fernanda Villamayor Garcia

Santa Maria, RS, Brasil

2013

IMPRESSÃO TERMOGRÁFICA NA DETECÇÃO DE CLAUDICAÇÃO EM CÃES

Érika Fernanda Villamayor Garcia

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Área de Concentração em Cirurgia Veterinária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Medicina Veterinária

Orientador: João Eduardo Wallau Schossler

**Santa Maria, RS, Brasil
2013**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária
Departamento de Clínica de Pequenos Animais**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**IMPRESSÃO TERMOGRÁFICA NA DETECÇÃO DE CLAUDICAÇÃO
EM CÃES**

elaborada por
Érika Fernanda Villamayor Garcia

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Medicina Veterinária

Comissão Examinadora:

João Eduardo Wallau Schossler, Dr.
(Presidente/Orientador)

Flávio Desessards De La Côte, PhD (UFSM)

Alexandre Mazzanti, Dr. (UFSM)

Eduardo Santiago Ventura de Aguiar, Dr. (UFPEL)

Marcelo Meller Alievi, Dr. (UFRGS)

Santa Maria, 20 de dezembro de 2013.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Guilherme e Clara, pelo amor incondicional, carinho, cuidado e apoio sempre. Amo vocês;
Ao meu sobrinho Thor Gabriel, por não estar presente em seu nascimento, nem acompanhar seus primeiros sete meses de vida;
Á minha sobrinha Lóthus Fernanda, por não acompanhar seu crescimento de perto, seus aprendizados, descobertas e sapequices;
Com muito amor e carinho a todos.

AGRADECIMENTOS

Ao todo poderoso criador de tudo e de todos, por sua inigualável sabedoria, infinita bondade, imensurável misericórdia, obrigada Deus por nunca me desamparar, sempre me ajudando a não desistir, ouvindo minhas conversas, me mostrando o caminho, me protegendo de tudo e de todos. Obrigada sempre!

Ao anjo da guarda que sempre me acompanha, me protegendo, aconselhando, ajudando a ter mais paciência, coragem e fé, me tirando de enrascadas de vez em quando...enfim, obrigada por toda proteção divina nesta jornada!

Aos meus amados pais Guilherme e Clara, pelo amor incondicional, por todo carinho, ajuda, confiança, incentivo e apoio em tudo o que faço. Obrigada pelo alicerce bem construído em minha vida, por todo exemplo de respeito, bondade, disciplina, honestidade, caridade, amizade...não tenho palavras para agradecer tamanha dedicação. Amo vocês!

A minha irmã Graciely, pelo amor, carinho e companheirismo de sempre. Aos meus sobrinhos Lóthus Fernanda e Thor Gabriel, por trazerem felicidade, amor e doçura para as nossas vidas. Ao meu cunhado Sidimar pelo companheirismo e amizade.

Ao meu orientador João Eduardo, por todo conhecimento compartilhado nesta minha caminhada por Santa Maria. Obrigada por fazer parte da minha formação profissional, pelos ensinamentos, conselhos, incentivos e amizade.

Ao doutor Dominic Marino, pela oportunidade de desenvolver este projeto em seu hospital veterinário LIVS, onde fui acolhida com muito carinho por todos. Obrigada pela colaboração no projeto, pelo carinho e hospitalidade.

A doutora Catherine Loughin, pela colaboração no projeto e artigo.

Ao Joseph Sackman, pela ajuda no hospital LIVS, no projeto, com os cães e as termografias... enfim, em tudo que precisei. Muito obrigada!

Ao amigo doutor Alex Merlos, pela ajuda com o inglês, pelo carinho, amizade e companheirismo.

Ao pessoal do hospital LIVS, obrigada geral para toda a galera!

Ao CNPq e Ciência sem Fronteira pela bolsa de estudo.

A Laetícia Trindade, pela amizade, companheirismo, pelos momentos de descontração, alegrias e festas. Obrigada por tornar minha passagem por Santa Maria mais alegre e divertida.

A Fabíola Dalmolin e Renan Kruger, pela ajuda no projeto piloto, pelo companheirismo e amizade.

Aos colegas Maicon Pinheiro, Gabriele Serafini, André Sturion, Natalia Bastian, Bernardo Schmitt, pela amizade e companheirismo durante esta trajetória.

Aos demais colegas que de uma forma ou outra fizeram parte desta história, Tiago Treichel, André Soares, Antônio Coutinho, Bianca Bertonette, Pedro Marchan, Saulo Pinto Filho, Jorge Castro, Cristino Gomes, Prof. Maurício Brun, Marília Oliveira, Fernando Wiecheteck, Hellen Hartmann, Marcell da Silva e muito outros que não conseguirei enumerá-los agora.

A todos aqueles que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho

Aos funcionários do Hospital Veterinário Universitário da Universidade Federal de Santa Maria, pela atenção e confiança.

A todos os professores do Programa e Pós-Graduação em Medicina Veterinária da UFSM, que contribuíram para o meu crescimento profissional.

A todos os familiares e amigos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste projeto.

*“Dê sempre o melhor...
E o melhor virá!
Às vezes as pessoas são egocêntricas, ilógicas e insensatas...
Perdoe-as assim mesmo!
Se você é gentil, as pessoas podem acusá-lo de egoísta e interesseiro...
Seja gentil assim mesmo!
Se você é um vencedor, terá alguns falsos amigos e alguns inimigos verdadeiros...
Vença assim mesmo!
Se você é honesto e franco, as pessoas podem enganá-lo...
Seja honesto e franco assim mesmo!
O que você levou anos para construir, alguém pode destruir de uma hora para a outra...
Construa assim mesmo!
Se você tem paz e é feliz, as pessoas podem sentir inveja...
Tenha paz e seja feliz assim mesmo!
O bem que você faz hoje, pode ser esquecido amanhã...
Faça o bem assim mesmo!
Dê ao mundo o melhor de você, mas isso pode nunca ser o bastante...
Dê o melhor de você assim mesmo!
E veja você que, no final das contas é entre você e Deus.
Nunca foi entre você e eles!”*

Madre Teresa de Calcutá

*“Queira!
Basta ser sincero
E desejar profundo
Você será capaz de sacudir o mundo
Vai!
Tente outra vez!
Tente!
E não diga que a vitória está perdida
Se é de batalhas que se vive a vida
Tente outra vez!”*

Raul Seixas

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária
Universidade Federal de Santa Maria

IMPRESSÃO TERMOGRÁFICA NA DETECÇÃO DE CLAUDICAÇÃO EM CÃES

AUTORA: Érika Fernanda Villamayor Garcia

ORIENTADOR: João Eduardo Wallau Schossler

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 20 de dezembro de 2013.

Termografia é uma técnica não invasiva de diagnósticos por imagem, que registra padrões térmicos gerados pela emissão infravermelha de calor da superfície corporal baseado na perfusão cutânea local. Estes padrões térmicos são convertidos e visualizados em um mapa de cores. Em equinos, desde os anos 60 têm sido utilizada para a detecção de várias lesões ortopédicas e, nos últimos anos, estudos em cães têm sido publicados. A locomoção é o processo pelo qual o animal se move de uma posição geográfica para outra. O estudo da locomoção é essencial para estabelecer métodos de tratamento de desordens do aparato locomotor. Exame da marcha representa o primeiro passo para o diagnóstico na avaliação de um paciente com claudicação. O objetivo deste estudo foi estabelecer o padrão da impressão termográfica da pegada de cães com claudicação comparada a cães saudáveis. Verificou-se também se há diferenças na temperatura da pegada de membro claudicante versus membro normal de cão normal e membro que suporta o peso de cão claudicante versus membro normal de cão normal. Foram utilizados 14 cães com claudicação unilateral do membro pélvico devido à ruptura do ligamento cruzado cranial (membro claudicante versus membro que suporta o peso) e 14 cães saudáveis (membro direito versus membro esquerdo). As imagens termográficas das pegadas foram feitas após o cão permanecer em posição ortostática sobre tapete de espuma durante 30 segundos. Foram analisados padrões térmicos de imagens e médias de temperatura. Análise da marcha foi realizada em plataforma de força na mesma posição para medir o pico de força vertical (PFV). Calculou-se média, desvio padrão, porcentagem da média e índice de assimetria para esta variável da marcha. Não houve diferença significativa na temperatura da pegada entre os grupos. Análises do padrão térmico das imagens mostraram sucesso de 80 % na diferenciação do membro claudicante contra o membro que suporta o peso (grupo anormal) e de 100% na identificação do mesmo padrão térmico entre o membro direito em relação ao esquerdo (grupo normal). A média do PFV mostrou 10,0% de diferença nos cães normais e 72,4% nos cães anormais. Análise de índice de assimetria mostrou 5% no grupo normal e 36,2% no grupo anormal. Conclui-se que a impressão termográfica da pegada pode ser utilizada com sucesso como ferramenta complementar para a detecção de claudicação dos membros pélvicos em cães.

Palavras-chave: Termografia. Imagem Médica Infravermelha. Análise da Marcha. Claudicação. Cão.

ABSTRACT

Doctorate Thesis
Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária
Universidade Federal de Santa Maria

THERMOGRAPHIC PRINTING IN THE DETECTION OF LAMENESS IN DOGS

AUTHOR: Érika Fernanda Villamayor Garcia

ADVISOR: João Eduardo Wallau Schossler

Date and place of the defense: Santa Maria, 20th December, 2013

Thermography is a non-invasive imaging diagnostic technique that records thermal patterns generated by infrared emission of heat from the body surface based on the local cutaneous perfusion. These thermal patterns are converted and displayed on a color map. In horses, since the 60s have been used for the detection of various orthopedic injuries and, in recent years studies in dogs have been published. Locomotion is the process by which the animal moves from one geographic location to another. The study of locomotion is essential to establish methods for treating disorders of the locomotor apparatus. Examination of the gait is the first step for the diagnostic in the evaluation of a patient with claudication. The aim of this study was to establish the thermal patterns of the paw prints of dogs with lameness compared to healthy dogs. It was verified also if there are differences in the temperature of paw print of the lame limb versus normal limb of normal dog and weight bearing limb of lame dog versus normal limb of normal dog. It was used 14 dogs with unilateral pelvic limb lameness due to rupture of the cranial cruciate ligament (lame limb versus weight bearing limb) and 14 healthy dogs (right limb versus left limb). Thermographic images of the paw print were made after the dog remained in an orthostatic position on foam mat for 30 seconds. It was analyzed average temperatures and thermal patterns. Gait analysis was performed on a force platform in the same position to measure the peak vertical force (PVF). It was calculated mean, standard deviation, percentage of average, and asymmetry index for this variable of the gait. There were no significant differences in the temperature of the paw print between groups. Analysis of the pattern of thermal images showed 80% success in differentiating lame limb versus weight bearing limb (abnormal group) and 100 % in the identification of the same thermal pattern between right limb compared to the left limb (normal group). The mean of the PVF showed 10.0 % difference in normal dogs and 72.4 % in abnormal dogs. Analysis of asymmetry index showed 5 % in the normal group and 36.2 % in the abnormal group. It is conclude that the thermal paw print can be successfully used as an additional tool for the detection of the pelvic limb lameness in dogs.

Key words: Thermography. Medical Infrared Imaging. Gait analysis. Lameness. Dog.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Imagem radiográfica de um cão normal para exclusão de deformidades ósseas ou alterações ortopédicas. A – Imagem radiográfica das articulações da pelve; B – Imagem radiográfica da articulação do joelho; C – Imagem radiográfica da articulação do tarso.36
- Figura 2 – A – Sistema centralizado de aclimatação padronizado com temperatura de 21°C (70°F); B – Câmera digital infravermelha conectada a computador portátil para análise dos dados em tempo real.37
- Figura 3 – Imagem fotográfica do cão para o exame termográfico. A – Posicionamento no tapete de espuma em posição ortostática; B – Imagem dos membros pélvicos durante o tempo de espera de 30 segundos.38
- Figura 4 – A – Impressão termográfica da pegada do cão feita após o animal permanecer 30 segundos em posição ortostática no tapete de espuma (setas brancas); B – Impressão termográfica da pegada do cão após ajuste de temperatura na escala de cores (setas brancas).....39
- Figura 5 – A – Imagem fotográfica do cão, vista lateral direita, em posição ortostática sobre a plataforma de força; B – Imagem fotográfica do cão, vista lateral esquerda, em posição ortostática sobre a plataforma de força.....41
- Figura 6 – Imagem fotográfica do ROI (círculo) utilizado para fornecer as temperaturas mínima, máxima e média da impressão termográfica da pegada dos cães.....42
- Figura 7 – A – Impressão termográfica da pegada de cão com grau 1 de claudicação (seta branca); B – Imagem fotográfica dos membros pélvicos de cão com grau 1 de claudicação em posição ortostática.....50
- Figura 8 – A – Impressão termográfica da pegada de cão com grau 2 de claudicação (seta branca); B – Imagem fotográfica dos membros pélvicos de cão com grau 2 de claudicação em posição ortostática.....51
- Figura 9 – A – Impressão termográfica da pegada de cão com grau 3 de claudicação (seta branca); B – Imagem fotográfica dos membros pélvicos de cão com grau 3 de claudicação em posição ortostática.....52
- Figura 10 – A – Impressão termográfica da pegada de cão com grau 4 de claudicação (seta branca); B – Imagem fotográfica dos membros pélvicos de cão com grau 4 de claudicação em posição ortostática.53
- Figura 11 – A – Impressão termográfica da pegada de cão normal (setas brancas); B – Imagem fotográfica dos membros pélvicos de cão normal em posição ortostática.54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características clínicas dos graus de claudicação utilizada nos cães que apresentaram claudicação unilateral do membro pélvico devido a ruptura do LCCr.	35
Tabela 2 – Características dos cães claudicantes utilizados no presente estudo para avaliação termográfica.	46
Tabela 3 – Características dos cães saudáveis utilizados no presente estudo para avaliação termográfica.	47
Tabela 4 - Média, desvio padrão (\pm DP), médias (\emptyset) mínima e máxima da temperatura ($^{\circ}$ C) das imagens termográficas das pegadas de cães normais (membro direito e esquerdo) e cães anormais (membro claudicante e membro que suporta o peso).	48
Tabela 5 - Análise estatística por meio do <i>Teste t</i> , da temperatura das imagens termográficas das pegadas obtidas nos cães normais e anormais. Valor T de distribuição de 1,771 ao nível de confiança de 95%, $df = 13$	48
Tabela 6 - Média (\emptyset), desvio padrão (\pm DP), porcentagem de diferença das médias do pico de força vertical (PFV) e índice de assimetria (IAS) dos cães normais e anormais.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.C.	Antes de Cristo
CCL	Cranial Cruciate Ligament
CCS	Cerato Conjuntivite Seca
COBEA	Colégio Brasileiro de Experimentação Animal
CVIP	Computer Vision and Image Processing
°C	Grau Celsius
D.C.	Depois de Cristo
DP	Desvio Padrão
FEPC	Feature Extraction and Pattern Classification
FRS	Força de Reação do Solo
°F	Grau Fahrenheit
IAS	Índice de Assimetria
IV	Impulso Vertical
LCCr	Ligamento Cruzado Cranial
LIVS	Long Island Veterinary Specialists
LUM	Luminance
MAX	Máxima
MIN	Mínima
NN	Nearest Neighbor
N	Newton
Ø	Média
PC	Peso Corporal
PFV	Pico de Força Vertical

PVF	Peak Vertical Force
RGB	Red Green Blue
ROI	Região de Interesse
SRD	Sem Raça Definida
TIFF	Tagged Image File Format
TLS	Teste de Lágrima de Schirmer
UFMS	Universidade Federal de Santa Maria
μm	Micrometro

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice A - Tabela com os valores das temperaturas mínima (Min), máxima (Max), média, média geral e desvio padrão das impressões termográficas das pegadas dos membros pélvicos direito e esquerdo dos cães normais.....71
- Apêndice B - Tabela com os valores das temperaturas mínima (Min), máxima (Max), média, média geral e desvio padrão das impressões termográficas das pegadas dos membros claudicantes e membros que suportam o peso dos cães claudicantes.72
- Apêndice C - Média, desvio padrão do Pico de Força Vertical, porcentagem de diferença do PFV e índice de assimetria (IAS) dos membros pélvicos de cães normais.....73
- Apêndice D - Média, desvio padrão do Pico de Força Vertical, porcentagem de diferença do PFV e índice de assimetria (IAS) dos membros pélvicos de cães claudicantes.74
- Apêndice E - Resultado detalhado da análise do padrão térmico das imagens termográficas das pegadas de cães normais e anormais.75

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Termografia	19
2.1.1 História da temperatura	19
2.1.2 História da termografia	20
2.1.3 Temperatura e calor	22
2.1.4 Termógrafo	23
2.1.5 Exame termográfico	25
2.1.6 Aplicação clínica	26
2.2 Locomoção	29
2.2.1 Avaliação da marcha	30
2.2.2 Claudicação	31
2.2.3 Índices de simetria	32
3 MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 Comissão de Ética no Uso de Animais	34
3.2 Local	34
3.3 Critérios para seleção de casos	34
3.3.1 Animais com claudicação	34
3.3.2 Animais saudáveis	35
3.4 Exame termográfico	36
3.5 Exame na plataforma de força	40
3.6 Análise da temperatura das pegadas	42
3.7 Análise do padrão térmico das imagens	43
3.8 Análise Estatística	43
4. RESULTADOS	45
5. DISCUSSÃO	55
6. CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	62
APÊNDICES	71

1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos antigos, a detecção e monitoração do calor emitida a partir do corpo têm sido utilizadas como ferramenta de diagnóstico e tratamento. Os egípcios usavam o movimento dos dedos sobre uma superfície do corpo para monitorar a mudança de temperatura da pele. Hipócrates registrou a aplicação de lama molhada em um pano e pendurou-o no tórax de pacientes. Ele observou que a área que secava primeiro era o ponto problemático e assim obteve o primeiro “termograma”, a mais de 2400 anos atrás (SAM, 2008; LAHIRI et al., 2012).

Termografia é uma técnica que mensura radiação infravermelha da superfície de um objeto, produzindo uma representação gráfica convertida em mapa de cores (TURNER et al., 1986; TURNER, 2001). Em medicina, conhecida como imagem médica infravermelha, registra a distribuição de temperatura do corpo usando a radiação infravermelha emitida por ele (SANCHES, 2009). O calor da pele é baseado na circulação local e metabolismo, portanto, variações na temperatura da pele resultam de mudanças na perfusão tecidual e fluxo sanguíneo das veias superficiais (TURNER et al., 1986). Imagens médicas fazem uso do fato de que o calor é um dos sinais cardinais da inflamação, por isso, um aumento na superfície pode indicar inflamação das estruturas perto desde ponto (HEAD; DYSON, 2001).

Uma câmera infravermelha é o dispositivo usado para converter radiação infravermelha emitida pela superfície do corpo em impulsos elétricos. Um amplificador recebe os sinais elétricos do sensor, amplifica-os para poucos *volts*, podendo então ser convertidos em valores digitais. Estes valores são visualizados como uma imagem colorida ou em escala de cinza. As imagens digitalizadas são facilmente visualizadas e podem ser analisadas usando *softwares* específicos (SANCHES, 2009).

Esta tecnologia tem sido utilizada em humanos e equinos desde a década de 60 como exame complementar no diagnóstico e prognóstico de lesões inflamatórias (EDDY et al., 2001; HEAD; DYSON, 2001). Entretanto, somente nos últimos anos, com avanço da tecnologia e consequentemente redução dos custos dos equipamentos, esta modalidade encontra-se em expansão na pesquisa de pequenos animais. Em comparação com outras modalidades de imagem, não é invasiva, não

requer anestesia, e não expõe o paciente à radiação (MARINO; LOUGHIN, 2010). Termografia é um complemento importante das outras modalidades diagnósticas e, em alguns casos, é mais precoce na detecção de problemas (MIKAIL, 2010).

A elevada incidência de enfermidades do sistema locomotor em cães, a diversidade dessas doenças e a importância do diagnóstico precoce, principalmente para evitar a progressão da doença articular degenerativa, justificam as investigações nesta área, principalmente direcionada à melhor qualidade de diagnóstico e consequente inovação terapêutica.

Claudicação em cães é um sinal clínico frequente em condições ortopédicas em que muitas vezes é um desafio diagnóstico (VAN VYNCKT et al., 2010). A observação do apoio parcial e cuidadoso de um ou mais membros pode passar despercebido tanto para o proprietário como para o clínico, mas em geral, pode-se evidenciar o tipo de claudicação quando o animal é incentivado à marcha ou trote (EUGENIO, 2008). Claudicação no membro pélvico é observada com mais frequência em relação ao membro torácico, e comumente está associado ao joelho (doença do ligamento cruzado cranial) ou ao quadril (displasia coxofemoral) (WITTE; SCOTT, 2011).

A análise da marcha têm se mostrado uma abordagem útil para a compreensão dos fatores que afetam a forma como os animais se locomovem (BERTRAM et al., 1997). Muitos métodos para análise da marcha têm sido desenvolvidos para o melhor entendimento da marcha normal e anormal dos animais. O método mais simples inclui a observação visual durante a locomoção. Entretanto, esta avaliação visual é subjetiva e qualitativa. Assim, pesquisadores têm desenvolvido métodos mais objetivos para a avaliação quantitativa da marcha (ANDERSON; MANN, 1994).

Plataforma de força vem sendo utilizada como um recurso não invasivo para coleta de dados quantitativos da marcha normal e anormal em seres humanos, cães, gatos, cavalos e gado (ANDERSON; MANN, 1994). A utilidade da plataforma de força como medida objetiva de claudicação tem sido verificada por meio de várias pesquisas (ANDERSON; MANN, 1994). Forças de reação do solo são as forças colocadas no membro durante a fase de apoio. Estas forças incluem vários componentes. Em razão da diminuição dos valores de PFV e IV terem sido associados à claudicação em cães, estas variáveis são comumente usadas na análise da marcha (OOSTERLINCK, 2011).

A avaliação do apoio ortostático em cães, na plataforma de força, foi testada para análise do apoio e distribuição de peso nos membros de cães. Esta avaliação mostrou-se um método objetivo e eficiente sendo seu uso adequado na avaliação de pacientes ortopédicos (BARBOSA et al., 2011).

Dentro do contexto acima apresentado, os objetivos do presente estudo foram:

- Verificar se a impressão termográfica da pegada pode ser utilizada como ferramenta complementar na detecção da claudicação dos membros pélvicos em cães;
- Estabelecer o padrão de temperatura da pegada dos membros pélvicos de cães normais;
- Determinar se há mudanças no padrão térmico e temperatura da imagem termográfica da pegada de cães com claudicação no membro pélvico comparado aos cães normais;
- Verificar se há diferenças na temperatura entre o membro claudicante de um cão claudicante versus o membro normal de um cão normal;
- Verificar se há diferenças na temperatura entre o membro normal de um cão claudicante versus o membro normal de um cão normal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Termografia

Termografia (imagem infravermelha, imagem termográfica ou termografia infravermelha) é uma técnica que mensura o calor emitido pela superfície de um objeto (TUNER, 1996; VAINIONPÄÄ, 2012) Em medicina, conhecida como imagem médica infravermelha, é usada para detectar o calor da superfície do corpo e/ou órgão, emitida como radiação infravermelha (TURNER et al., 1986).

A termografia é uma modalidade de imagem que permite a investigação e o diagnóstico médico a partir da análise das alterações dos padrões térmicos da superfície do corpo (SANCHES, 2009). É uma técnica não invasiva, sem contato, usada para converter a energia térmica do espectro eletromagnético, emitida pela superfície do corpo, em impulsos elétricos que podem ser visualizados na forma de imagem colorida usando pseudocores ou tons de cinza (VAN HOOGMOED; SNYDER, 2002; SANCHES, 2009). A detecção de ondas infravermelhas, não visíveis ao olho humano, é feita por câmeras térmicas infravermelhas e as características da emissão infravermelha pelo corpo indicam o estado microcirculatório do paciente (SANCHES, 2009).

2.1.1 História da temperatura

Universalmente, a vida está associada ao corpo quente, enquanto que a morte ao corpo frio. Do mesmo modo, temperatura moderada do corpo associado com a saúde e alta temperatura com a doença. Esta relação de calor corporal alta e doenças têm sido bem conhecidas desde os primórdios da medicina (SAM, 2008).

Foi Hipócrates (460-379 A.C.) e seus seguidores no "Livro de prognósticos" quem primeiro enfatizou a importância de diagnóstico desta avaliação de temperatura. Ele também avaliou a temperatura de seus pacientes utilizando a

capacidade de digitalização das mãos. Galeno (130-210 D.C.) reconheceu a existência do mecanismo de *feedback* sensorial motora que agora sabemos que é a base da termorregulação. Em 1595, Galileu Galilei desenvolveu o termoscópio. Este tubo de vidro simples permitiu medir as variações de temperatura, independentemente do ponto de referência usado. Em 1611, Santorio Sanctorius, converteu o termoscópio a um termômetro quantitativo. Usando este novo instrumento, Sanctorius registrou variações de temperatura central do corpo humano, correlacionado saúde e doença (RING, 2004; SAM, 2008).

Pouco tempo após a introdução das escalas Fahrenheit e Celsius, George Martine publicou em 1740 seus dados sobre a temperatura normal de humanos. Demorou quase um século e meio antes de um termômetro clínico ser desenvolvido por Carl Wunderlich. Em 1868, Wunderlich publicou "Sobre a temperatura na Doença", no qual ele comparou as temperaturas corporais de indivíduos saudáveis e doentes. Neste tratado, ele defendeu o uso rotineiro do termômetro para medir a temperatura, como parte da monitoração do enfermo. Apesar deste trabalho clínico, Wunderlich foi condenado ao ostracismo por seus contemporâneos para esta prática chamada antiética. Assim, a medição da temperatura como sinal vital na prática clínica definiu durante décadas. Knaus em 1930 renovou interesse nesta área, estabelecendo moderno método para a medição da temperatura corporal de rotina para cuidar do paciente. No entanto, levou mais duas décadas antes que este método obtivesse aceitação clínica geral em 1952 (RING, 2004; SAM, 2008).

2.1.2 História da termografia

Em 1800, William Herschel, um astrônomo britânico, descobriu o poder de aquecimento dos raios infravermelhos no sol. Seu filho, John Herschel, em 1840, tornou essas raios infravermelhos visíveis em papel especialmente preparado. Ele chamou a imagem resultante de termograma, termo ainda utilizado nos dias de hoje (RING, 2004; SAM, 2008). Em 1934, Hardy descreve o papel fisiológico de emissão de infravermelho a partir do corpo humano e propõe que a pele humana pode ser considerada como radiador de corpo negro. Ele estabeleceu a importância de

diagnóstico da mensuração da temperatura pela técnica infravermelha, e com isso abriu caminho para o uso de termografia infravermelha em ciências médicas (LAHIRI et al., 2012).

O desenvolvimento inicial da tecnologia infravermelha foi realizado na década de 40 por pesquisadores militares para uso em visão noturna e, desde o fim da Guerra Fria foi disponibilizada comercialmente (LOUGHIN; MARINO, 2007; ARORA et al., 2008; SAM 2008). Foi apresentada à comunidade médica em 1959, onde foi usada para avaliar articulações em seres humanos. Para obter essas imagens termográficas, eram necessários vários minutos e a temperatura não podia ser quantificada. Ao longo dos anos, os equipamentos e a tecnologia se tornaram mais sofisticados. Na década de 60, imagens a cores foram introduzidas e, em 1965 a imagem térmica foi utilizada na medicina equina (DELAHANTY; GEORGI, 1965; LOUGHIN; MARINO, 2007).

O termo imagem infravermelha digital surgiu com nova geração destes equipamentos na década de 70, devido à chegada do primeiro computador. Estas novas tecnologias permitiram a análise, processamento e armazenamento das imagens, bem como ilustração colorida de padrões térmicos. Com esse sistema, a termografia quantitativa foi viável pela primeira vez (GLEHR et al., 2011). Atualmente câmeras de imagens termográficas utilizam detectores de série de plano focal (com imagens em alta velocidade e resolução espacial) e software de reconhecimento de imagem para análise objetiva. Estes avanços tecnológicos aumentaram a portabilidade e reduziram os custos de operação do sistema, fazendo da termografia modalidade mais aceitável para uma variedade de aplicações médicas em medicina humana e veterinária (LOUGHIN; MARINO, 2007; SAM 2008).

Nesta jornada de quase quatro mil anos do século XVII A.C. para o presente, ocorreram avanços notáveis no uso clínico de medição de temperatura para o atendimento ao paciente. O simples toque de mão do curador é agora substituído pelas imagens detalhadas capturadas por um sistema de termografia. Como a tecnologia continua a avançar a um ritmo recorde em áreas como ciência da computação e da nanotecnologia, o futuro da termografia na prática médica é realmente brilhante (SAM, 2008).

2.1.3 Temperatura e calor

Uma condição essencial para a sobrevivência humana é a manutenção da temperatura corporal. Como homeotermos, seres humanos têm a habilidade de manter constante a temperatura corporal (SAM, 2008). Este calor, gerado continuamente pelo corpo, é dissipado para o ambiente através da pele por radiação, condução, convecção ou evaporação. Por isso, a temperatura da pele é geralmente 5°C mais fria que a temperatura corporal (37°C) (TURNER et al.,1986; TURNER, 2001). A microcirculação dérmica local, diretamente controlada pelo sistema nervoso autônomo simpático, e o metabolismo tecidual são responsáveis pela superfície de calor gerado, não conduzindo calor de tecidos mais profundos para a superfície e, portanto, não criando mudanças na temperatura da superfície; isso explica o sucesso do uso de termografia em pacientes de todos os portes, independente da presença de excessiva gordura corporal; (TURNER et al.,1986; LOUGHIN; MARINO, 2007; INFERNUSO et al., 2010).

Este metabolismo é gerado constantemente, portanto, variação na temperatura da pele é geralmente causada por mudanças na perfusão tecidual local (TURNER et al.,1986). Normalmente, as veias são mais quentes do que as artérias porque elas estão drenando áreas metabolicamente ativas (TURNER et al.,1986; TURNER, 2001). Veias superficiais esquentam a pele mais do que as artérias, e drenagem venosa dos tecidos ou órgãos com alta taxa metabólica é mais quente que a drenagem venosa dos tecidos normais (TURNER 2001).

O padrão circulatório e fluxo sanguíneo ditam o padrão térmico, que é a base para a interpretação termográfica. O padrão térmico normal de qualquer área pode ser previsto com base em sua vascularização e contorno de superfície (TURNER, 2001). Tecidos lesionados ou doentes invariavelmente têm circulação alterada. Na inflamação, o calor (um dos sinais cardinais) é resultado de maior circulação local. No entanto, tecidos doentes podem ter diminuição do suprimento sanguíneo por causa de edema, trombose de vasos, ou infarto dos tecidos. Com tais lesões, área de calor diminuída geralmente é cercada por aumento das emissões térmicas, provavelmente como resultado do desvio de sangue (TURNER, 2001).

2.1.4 Termógrafo

O espectro eletromagnético é composto de ondas de comprimento que vão desde os raios gama mais curto para raios-X, luz ultravioleta, visível, microondas, infravermelho e as ondas mais longas do rádio. Dentro desse espectro, humanos percebe apenas uma região muito pequena conhecida como luz visível (EDDY et al., 2001).

Radiação infravermelha, que é detectada por câmeras térmicas, é emitida por todos os objetos proporcionalmente à sua temperatura. Esta radiação pode ser absorvida, emitida, refletida ou transmitida. Emissividade é a capacidade do objeto para absorver e emitir radiação infravermelha e é considerado mais importante do que reflexão, que é a capacidade de simplesmente refletir a radiação infravermelha (EDDY et al., 2001). Emissividade é importante na consideração de imagens térmicas, pois a habilidade de um material emitir ou refletir calor deve ser considerado na interpretação de uma imagem. As câmeras térmicas geram imagens com base na quantidade de calor gerado, em vez de refletida. Mais especificamente, elas realmente detectam diferenças nas temperaturas do alvo e arredores e isso é importante na concepção do tempo e ambiente em que são realizados exames termográficos (EDDY et al., 2001).

Qualquer objeto, cuja temperatura está acima do zero absoluto, emite energia infravermelha na forma de raios invisíveis. Esta energia pode ser coletada opticamente, transformada em impulsos elétricos e convertida em raios visíveis para formar uma imagem chamada de termograma (PUROHIT et al., 1977). O pico de energia radiante do corpo está na região infravermelha entre $4\mu\text{m}$ e $20\mu\text{m}$. A emissividade da pele está na região de energia radiante máxima e, portanto, a temperatura da pele pode ser determinada através da medição desta energia (TURNER et al., 1986).

Termogramas são, na realidade, representações quantitativas da temperatura da superfície de um objeto, porque a quantidade de energia infravermelha emitida por qualquer objeto é proporcional a sua temperatura. Termogramas não requerem iluminação externa ou irradiação do objeto e pode ser obtido na escuridão total. Não são influenciados pela cor da pele ou pigmentação, pois eles dependem diretamente da temperatura da pele (PUROHIT et al., 1977).

No passado, instrumentos termográficos eram divididos em duas categorias: dispositivos de contato e sem contato. Termografia de contato usa cristais líquidos em uma base deformável (superfície da pele, por exemplo). Os cristais mudam a forma de acordo com a temperatura do objeto em contato, e assim refletem uma cor diferente da luz. Portanto, a cor de um cristal representa uma temperatura específica. Para usar esta tecnologia para fins médicos, os cristais líquidos são incorporados em folha de látex flexível e durável. Este método caiu em desuso por causa de numerosos problemas inerentes à aplicação da tecnologia, e a termografia sem contato se tornou o método de escolha (HEAD; DYSON, 2001; TURNER, 2001).

Existem duas diferentes tecnologias sem contato: resfriada e não resfriada. A tecnologia resfriada usa detector de radiação infravermelha para medir a temperatura. A câmera/detector geralmente é acoplada a um tubo de raios catódicos, e a intensidade da radiação detectada é convertida em sinal elétrico. Este sinal é exibido no tubo de raios catódicos como uma imagem em preto e branco (escala de cinza) do objeto. A intensidade da radiação é diretamente proporcional à escala de cinza. Através do uso de microchips, a imagem preta e branca da fotografia térmica pode ser transformada em uma imagem colorida, ou seja, um termograma clássico. Por causa do calor gerado pela câmera, o detector deve ser resfriado para evitar a interferência do calor da máquina. A complexidade da câmera torna este equipamento frágil, além disso, requer a fixação de um computador e, portanto, não é facilmente transportável (TURNER, 2001). A outra tecnologia disponível é a não resfriada. Esta tecnologia utiliza um tipo de matriz de plano focal, o que significa que a radiação infravermelha é focada e mensurada em uma série de detectores. Estas câmeras são preferidas, pois são portáteis e duráveis porque não tem partes móveis (TURNER, 2001).

Há vários fatores a considerar antes de comprar uma câmera termográfica. Um dos mais importantes é o intervalo espectral. Para uso médico, a faixa de 8 a 14 μm é o ideal, porque este é o pico de emissividade da pele. Do ponto de vista prático, há também menos artefatos ambientais nessa faixa. Atualmente pesquisadores preferem termografia em tempo real porque elimina os problemas com o movimento, tornando a avaliação termográfica mais dinâmica, em que o operador pode observar imediatamente a mudança da imagem, produzindo então rapidamente uma imagem imóvel. Este equipamento produz imagens térmicas

quase que instantaneamente, em comparação com equipamentos antigos em que as médias de imagens térmicas eram obtidas com um período de 19 segundos a 6 minutos para uma leitura visual (TURNER, 1996; TURNER, 2001).

Os dois parâmetros mais importantes para um sensor térmico são sensibilidade e resolução. Sensibilidade se refere à quantidade de diferença de temperatura que podem ser detectados e é medida em graus Celsius. Os sensores com sensibilidade moderada podem detectar diferenças de temperatura na ordem de 0,1°C e os de boa sensibilidade até quatro vezes menores ou 0,025°C. A resolução da temperatura é análoga ao número de cores no dispositivo de vídeo do computador. A resolução espacial do sensor é determinada pelo tamanho da imagem ou quantidade de pixels (SANCHES, 2009). Outros fatores são portabilidade e durabilidade (TURNER, 2001).

2.1.5 Exame termográfico

Em medicina humana, a termografia é realizada sob condições ambientais muito controladas. Infelizmente, em medicina veterinária nem sempre isso é possível, mas mesmo no campo, normas podem ser seguidas para produzir termogramas confiáveis. Fatores que devem ser controlados são o movimento, energia radiante estranha, temperatura ambiente e quantificação do termograma (TURNER, 1996).

Exames termográficos devem ser realizados com controle rigoroso do ambiente para prevenir o aparecimento de artefatos (HEAD; DYSON, 2001). O ambiente adequado deve ter fluxo de ar uniforme e temperatura ambiente por volta de 20°C, mas uma temperatura inferior a 30°C é aceitável. Perda de calor do suor não ocorre abaixo de 30°C; abaixo desta temperatura o calor é perdido apenas por radiação e convecção (TURNER et al.,1986; TURNER, 1996) . Na sala, o paciente deve ter 10 a 20 minutos de climatização com o ambiente de modo que a temperatura da pele se estabilize (TURNER et al.,1986).

Antes da digitalização, a sensibilidade térmica deve ser ajustada para detectar locais sem pêlos, como o focinho ou olhos, ante a gama mais alta. Regiões sem

pelagem ou cortadas aparecerão mais quentes, porque o pelo isola contra a emissão de radiação infravermelha (EDDY et al., 2001).

Os padrões térmicos gerados refletem gradientes térmicos em um mapa de cores em que as regiões mais quentes são brancas ou vermelhas, associadas à inflamação, que estão relacionados ao aumento da circulação local e taxa metabólica (INFERNUSO et al., 2010; MARINO; LOUGHIN, 2010). As cores mais frias são azul ou preta, associada à diminuição de perfusão tecidual, secundária a shunt vascular, infarto, edema, fibrose, atrofia muscular ou alteração do sistema nervoso autônomo (INFERNUSO et al., 2010; MARINO; LOUGHIN, 2010; MIKAIL, 2010).

2.1.6 Aplicação clínica

Termografia é especialmente útil para o acompanhamento do curso clínico de uma doença, porque o padrão térmico voltará ao normal com a cura da lesão (TURNER et al., 1986). Por demonstrar alterações vasculares devido à inflamação aguda ou crônica, anormalidades podem ser observadas antes da detecção por métodos tradicionais como palpação e radiografia, chegando a ser até 20 vezes mais sensível do que a palpação na detecção do calor, pois acusa variações de temperatura a partir de 0,05°C (VADEN et al., 1980 MIKAIL, 2010). Segundo Turner (2001), uma diferença de 1°C entre duas regiões anatomicamente simétricas indica uma região de inflamação. A termografia também pode indicar alterações em estágio inicial, cuja terapia precoce poderia impedir dano adicional às estruturas do corpo (VADEN et al., 1980).

Devido aos recentes avanços tecnológicos e por não necessitar de sedação nem exposição do paciente a radiação, a termografia tem uso potencial como teste de triagem para grande número de condições em pacientes veterinários (LOUGHIN; MARINO, 2007; MARINO; LOUGHIN, 2010). Tem alta sensibilidade, mas baixa especificidade e deve ser usado em conjunto com outras modalidades de imagem como ultrassom, radiografia ou tomografia computadorizada (INFERNUSO et al., 2010). O exame pode ser realizado à distância permitindo avaliação sem o estresse

da contenção e sem risco ao examinador, sendo particularmente útil para os animais silvestres (MIKAIL, 2010).

Desde a primeira publicação médica sobre termografia por Lawson em 1959, a imagem médica infravermelha têm sido foco de várias pesquisas na medicina humana (AMMER, 2006). Ela vem sendo utilizada como ferramenta complementar para avaliação e diagnósticos de diversas doenças como câncer de mama (ARORA et al., 2008; NICANDRO et al., 2013), doenças do disco intervertebral (ZHANG et al., 1999), radiculopatias (RA et al., 2013), distúrbios vasculares (MOLLOY et al., 2005), dermatopatias (ZALEWSKA; WIECEK, 2005; MIKULSKA, 2008), feridas por queimaduras (RENKIELSKA et al., 2005), identificação da dor (WOJACZYŃSKA-STANEK et al., 2005; GLEHR et al., 2011; NAHM, 2013), neuropatia diabética (BALBINOT et al., 2012), detecção de olho seco (SU et al., 2011), varicocele escrotal (KULIS et al., 2012), artrite reumatoide (MOUNTZ et al., 2012), estresse ósseo (ARTHUR et al., 2011), entre outros.

Na medicina veterinária, termografia têm sido estudada desde a década de 60, particularmente no campo da ortopedia equina. Pesquisadores utilizaram esta tecnologia para avaliação das claudicações, mais especificamente para detectar lesão ligamentar, óssea, muscular, articular e neurológica (DELAHANTY; GEORGI, 1965; STRÖMBERG, 1974; PUROHIT et al. 1980; VADEN et al., 1980; TURNER, 2001; PUROHIT, 2008; WESTERMANN et al., 2013). Nos últimos anos, com avanços na tecnologia, portabilidade da câmera e diminuição do custo, estudos com diferentes espécies animais, como bovinos (SCHAEFER et al., 2012; STOKES et al., 2012; HOFFMANN et al., 2013) ovelhas (STUBSJØEN et al., 2009; MARTINS et al., 2013), suínos (SYKES et al., 2012), lhamas (HEATH et al., 2002), camelos (ABDOUN et al., 2012), elefantes (ROWE et al., 2013), flamingos (HURLEY-SANDERS et al., 2012), macacos (KURAOKA; NAKAMURA, 2011), galinhas (RO et al., 2012), coelhos (LIMA et al., 2013), ratos (SACHARUK et al., 2011) e gatos (VAINIONPÄÄ et al., 2013) vêm sendo realizados. Em cães, vários estudos foram conduzidos para demonstrar a utilidade clínica da termografia (LOUGHIN; MARINO, 2007; VAINIONPÄÄ et al., 2012; VAINIONPÄÄ et al., 2012a).

Em estudo realizado por Um et al. (2005), a termografia foi utilizada para avaliar a eficácia da acupuntura no tratamento de artrite crônica em cães. Mapas coloridos termográficos alteraram com o aumento de temperatura nas articulações artríticas. Acupuntura foi usada por quatro semanas e os padrões termográficos e

temperaturas voltaram ao normal no grupo tratado, enquanto padrões termográficos permaneceram anormais no grupo não tratado.

Loughin e Marino, em 2007, descreveram protocolo de imagem termográfica em cães. Eles identificaram padrões termográficos normais para várias regiões dos membros de cães, e avaliaram os efeitos da tosa dos pêlos em padrões termográficos e temperatura de membro de cães saudáveis. Concluíram que a termografia pode ser uma opção viável não invasiva para obtenção de imagens com padrões termais reproduzíveis em membros de cães saudáveis. E, embora o pêlo tenha influência previsível para diminuir a temperatura média, padrões térmicos mantiveram-se bastante consistente após a tosa dos pêlos.

Infernuso et al. (2010) compararam padrões térmicos e gradiente de temperatura na região do joelho de cães clinicamente normais e cães com ruptura do ligamento cruzado cranial (LCCr), antes e após a tosa dos pêlos. A diferenciação entre o joelho normal e com ruptura do LCCr em ambos os cães tosados e não tosados foi 85% bem sucedida, quando avaliadas as imagens craniais, mediais e caudais e 75-85% quando avaliadas as imagens laterais. Embora houvesse aumento significativo na temperatura da pele após a tosa em ambos os grupos, não houve diferença significativa de temperatura entre os joelhos normais e com ruptura do LCCr quando examinados. Desta forma, os autores concluíram que a termografia foi bem-sucedida na detecção da diferenciação que ocorre naturalmente na ruptura do LCCr em cães, não sendo necessário a tosa para o sucesso da avaliação termográfica do joelho canino.

Em um caso clínico relatado por Kim e Park (2012), termografia foi utilizada para determinar a localização anatômica de um trombo arterial em um cão de oito anos de idade que apresentou paralisia aguda do membro pélvico direito. Um termograma revelou marcada redução de temperatura abaixo da origem da artéria femoral profunda direita em relação ao membro pélvico esquerdo. Após confirmação por incisão local da artéria e tratamento, os autores concluíram que a termografia pode auxiliar no diagnóstico e monitoramento de trombose arterial canina.

Vainionpää et al. (2013a) registraram as mudanças de temperatura periféricas em cães durante diferentes protocolos de sedação e relacionaram os resultados à mudanças na temperatura retal. A temperatura superficial foi registrada com uma câmera termográfica, tal como indicador de perda de calor periférica potencial em cães. Os autores concluíram que mudanças de temperatura periférica em cães

podem ser detectadas pela termografia, e que qualquer protocolo de sedação pode ter efeito sobre imagens termográficas.

Biondi et al., em 2013, usaram termografia infravermelha para medir as diferenças de temperaturas da superfície da córnea entre regiões límbicas nasal e temporal e córnea central de cães normais e cães com ceratoconjuntivite seca (CCS) para determinar os valores de temperatura de olhos caninos normais e em pacientes com baixos valores no teste de lágrima de Schirmer (TLS) . A temperatura da córnea foi significativamente menor nos olhos com baixos valores no TLS em relação aos olhos controle. Desta forma, os autores concluíram que a termografia é um método que pode ser usada para diferenciar olhos com valores normais daqueles com valores anormais no TLS.

2.2 Locomoção

A caminhada é uma marcha simétrica. Muitos autores admitem que a caminhada seja a forma mais efetiva de locomoção com a fase de suporte e propulsão. Em quadrúpedes, locomoção é uma expressão integrada da coordenação do sistema muscular e ósseo com o controle do sistema nervoso (TOKURIKI, 1973). Na ciência veterinária, o estudo da locomoção é essencial para estabelecer métodos de tratamento de desordem do aparato locomotor (TOKURIKI, 1973). Ela é usada para caracterizar o movimento articular em várias espécies e raças, e comparar o comportamento articular de cães com afecções músculoesqueléticas de cães saudáveis (MARSOLAIS et al., 2003).

A locomoção do cão está dividida em quatro formas básicas: passo, marcha, trote e galope, sendo que os três primeiros são considerados simétricos, ou seja, os movimentos de um lado repetem os movimentos do lado oposto, sendo os intervalos igualmente espaçados (NUNAMAKER; BLAUNER, 1985). Para cada tipo de locomoção, detalhes podem ser descritos. A fase de apoio é definida como período no qual a pata toca e permanece no solo. A fase de balanço é definida como período no qual a pata permanece no ar. A fase de apoio pode ainda ser dividida em apoio inicial, desaceleração, propulsão e apoio final (DECAMP, 1997).

2.2.1 Avaliação da marcha

Existem vários métodos de análise da locomoção, sendo o mais simples a análise visual. Porém, esta observação clínica é subjetiva e qualitativa, ou seja, imprecisa. Para uma avaliação mais definida, pesquisadores têm desenvolvido métodos mais objetivos para avaliar o andar quantitativamente (WINGFIELD et al., 1993; HARRIS; WERTSCH, 1994). O primeiro trabalho registrado sobre análise da marcha quantitativa foi citado por Marey em 1879 usando um dispositivo de gravação pneumática. Desde então, pesquisadores vêm utilizando várias técnicas de análise da locomoção. Laboratórios de análise de marcha utilizam observações objetivas incluindo: medições de forças de reação do solo com plataforma de força ou de pressão, análise da marcha cinemática tridimensional assistida por computador, eletromiografia e eletrogoniometria (DECAMP, 1997; EVANS, 2012).

Cinesiologia é a ciência que estuda o movimento. Ela é dividida em duas distintas disciplinas: análise cinemática e cinética (WINGFIELD et al., 1993; MCLAUGHLIN, 2001). Análise cinemática estuda o movimento fornecendo medições dos parâmetros temporais e espaciais da marcha. Já a análise cinética estuda a relação do movimento com as forças geradas (WINGFIELD et al., 1993; GILLETE; ANGLE, 2008). Embora a cinemática propicie uma medida direta dos padrões de movimento durante a fase de apoio e balanço, ela é menos sensível quando o membro contata o solo e com qual carga de peso ele o faz. Para muitas doenças ortopédicas, a questão principal é exatamente a carga de peso com a qual o membro contata o solo. Dessa forma a análise cinemática é frequentemente ineficaz para perceber diferenças importantes na função do membro (BERTRAM et al., 1997).

Uma estratégia alternativa é a análise cinética, em que as forças de reação do solo (FRS) são medidas diretamente utilizando uma plataforma de força sensível. (BERTRAM et al., 1997; GILLETE; ANGLE, 2008). Essas plataformas fornecem um método não invasivo, objetivo e quantitativo das FRS resultantes do contato do pé com o chão durante a fase de apoio da passada; propiciando descrição completa dessas forças no momento que o membro contata o solo (RUMPH et al., 1993; ANDERSON; MANN, 1994). Forças de reação do solo incluem: pico de força vertical (PFV), impulso vertical (IV), inclinações na subida e na descida, força de

frenagem, impulso de frenagem, força propulsora, impulso de propulsão e força médio-lateral (EVANS, 2012). As placas e plataformas têm sido utilizadas tanto na locomoção normal como na avaliação de doenças ortopédicas e na avaliação de diversos tratamentos medicamentosos ou cirúrgicos em cães (DECAMP et al., 1993; RUMPH et al., 1993; MCLAUGHLIN; ROUSH, 1995). Mas, ao mesmo tempo, os equipamentos modernos de análise biomecânica fornecem dados adicionais, que podem interferir na avaliação biomecânica e influenciar o resultado (DECAMP, 1997). Portanto, apesar de ser uma avaliação quantitativa, exige experiência do avaliador para interpretação correta dos resultados (EVANS et al., 2005).

2.1.2 Claudicação

Claudicação é a indicação da existência de uma desordem estrutural ou funcional, em um ou mais membros locomotores, frequentemente envolvendo o mecanismo de propulsão, alterando a qualidade de progressão e atitude de posicionamento (BARDET, 1997; EUGÊNIO, 2008). Ela se caracteriza pelo apoio parcial e cuidadoso do membro, não se tratando de doença, mas sim sinal de dor, enfraquecimento, deformidade ou outros impedimentos no sistema musculoesquelético (THE MERCK VETERINARY MANUAL, 1991; EUGÊNIO, 2008). A claudicação é subdividida em claudicação com e sem sustentação do peso. No primeiro caso, o cão pode posicionar o membro e tentar a sustentação do peso sobre ele, no segundo caso, o cão pode avançar o membro, porém não consegue sustentar o peso (BARDET, 1997). Em sua maioria, as claudicações estão relacionadas à dor. Outras formas estão associadas a distúrbios mecânicos, metabólicos e neurológicos (BARDET, 1997). Claudicação unilateral tocando as pontas dos dedos é mais típica em uma lesão agudo-subaguda, como ruptura do ligamento cruzado cranial e/ou lesão meniscal (WITTE; SCOTT, 2011).

O exame da marcha representa o primeiro passo para o diagnóstico na avaliação de um paciente com claudicação (GRIFFON, 2008). Ao mensurar forças de reação do solo, por meio de plataforma de força, o pico de força vertical e impulso vertical são medidas inquestionáveis da função do membro. Essas variáveis

são comumente usadas quando há claudicação entre grupos ou quando indivíduos são comparados ao longo do tempo (EVANS, 2012). O pico de força vertical é definido como a força máxima exercida perpendicularmente à superfície durante a fase de apoio. Durante a claudicação, o PFV é reduzido porque os cães tendem a colocar menos peso em um membro doloroso. O PFV, IV e a inclinação na descida, têm sido utilizados para avaliar teste de diagnóstico para claudicação (EVANS, 2012).

2.1.3 Índices de simetria

Detecção da claudicação depende da avaliação da simetria da marcha. Qualquer um dos parâmetros da marcha pode ser usado para calcular a simetria. De modo geral, refere-se à simetria a comparação de um membro em relação ao membro contralateral, ao invés de comparações de frente para trás. Isto é principalmente devido à disparidade natural encontrada entre os membros torácico e pélvico em cães, onde tipicamente 60% do peso são suportados pelos membros torácicos e 40% pelos membros pélvicos (BUDSBERG et al., 1993; EVANS, 2012).

Budsberg et al. (1993), avaliaram simetria em cães normais usando uma única plataforma de força. Eles observaram várias assimetrias, porém, muitas destas foram devido a variações de ensaio para ensaio, em vez da verdadeira variação da direita para esquerda. Os autores relataram que as forças verticais do solo forneceram índices de simetria mais consistentes, em parte por causa da sua grande magnitude. Esses índices indicaram que nenhum cão tinha perfeita simetria da direita para esquerda durante o trote.

Estudos cinéticos e cinemáticos têm encontrado marcha simétrica em cães normais. Colborne (2008), usando uma dinâmica inversa, mostrou assimetria em um cão normal que tinha o membro pélvico direito como dominante. Apesar da possibilidade de dominância do membro, índices de assimetria têm sido investigados para determinar resultados quando a simetria é usada como um objetivo (EVANS, 2012).

Fanchon e Grandjean (2007) compararam a simetria dos dados cinéticos gerados por cães saudáveis e com claudicação dos membros pélvicos em uma esteira. Eles utilizaram índices de assimetria das forças de reação do solo e concluíram que esses dados foram precisos para detectar a claudicação dos membros pélvicos em cães. Os autores também observaram que cães normais tinham menos de 3,2% de assimetria.

Em um estudo realizado por Voss et al. (2007) foram avaliados e comparados a sensibilidade e precisão da análise da marcha na plataforma de força, realizada no passo e trote, a fim de diferenciar cães com baixo grau de claudicação dos membros pélvicos de cães normais. Os resultados indicaram que a avaliação da assimetria da marcha foi sensível e específica, e que a utilização dos valores de índice de simetria em vez dos valores absolutos das forças de reação do solo elimina as variações entre cães, pois cada cão serve como seu próprio controle. Na conclusão, o trote mostrou-se mais sensível e preciso do que o passo para a determinação da claudicação de baixo grau nos membros pélvicos de cães.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Comissão de Ética no Uso de Animais

Este estudo foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Maria, sob o número 123/2011, e seguiu os princípios éticos do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA). A Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) segue as propostas legais do COBEA, que é uma Sociedade Civil, de caráter científico cultural, sem fins lucrativos, de duração indeterminada, com sede na cidade de São Paulo, constituída por pesquisadores e técnicos interessados em experimentação animal.

3.2 Local

O experimento foi desenvolvido no hospital veterinário de referência Long Island Veterinary Specialists (LIVS), Plainview, Nova York, Estados Unidos. Neste local encontra-se uma sala de termografia, onde estão disponíveis uma câmera termográfica médica acoplada a um computador para visualização em tempo real das imagens, duas plataformas de forças instaladas permanentemente e cobertas por carpete, além de estúdio fotográfico.

3.3 Critérios para seleção de casos

3.3.1 Animais com claudicação

Foram selecionados cães adultos, machos e fêmeas, pesando entre 18 a 45 kg, provenientes da rotina hospitalar, que se apresentaram no hospital veterinário LIVS entre Janeiro e julho de 2013, com claudicação unilateral do membro pélvico devido á ruptura do ligamento cruzado cranial (LCCr). Todas as raças foram incluídas neste estudo. O diagnóstico de ruptura unilateral do LCCr foi determinado pelo histórico clínico, exame ortopédico, avaliação radiográfica e foi confirmado por cirurgia exploratória do joelho no momento da correção cirúrgica. A claudicação foi classificada conforme tabela de grau clínico de claudicação utilizada pelo hospital veterinário (Tabela 1). Cães que apresentavam outra condição ortopédica ou doença neurológica foram excluídos do estudo.

Tabela 1 - Características clínicas dos graus de claudicação utilizada nos cães que apresentaram claudicação unilateral do membro pélvico devido a ruptura do LCCr.

Graus	Características da Claudicação
0	Normal, sem claudicação
1	Claudicação leve durante o trote
2	Claudicação leve durante a caminhada, moderada no trote
3	Claudicação moderada durante a caminhada, severa no trote
4	Claudicação severa durante a caminhada, trote não é possível
5	Não há apoio do membro

3.3.2 Animais saudáveis

Para o grupo controle foram selecionados cães saudáveis, adultos, machos e fêmeas, pensando entre 18 a 45 kg, provenientes de funcionários do hospital veterinário LIVS. Todas as raças foram incluídas. O critério para os cães normais foi ausência de doença ortopédica ou neurológica. Os cães passaram por exame clínico, ortopédico e avaliação radiográfica das articulações das pelve, joelho e tarso (Figura 1A, B e C). Todos os exames ortopédicos foram realizados por dois médicos

veterinários, sendo um deles o médico veterinário Diplomado do Colégio Americano de Cirurgiões Veterinários responsável pelo caso.

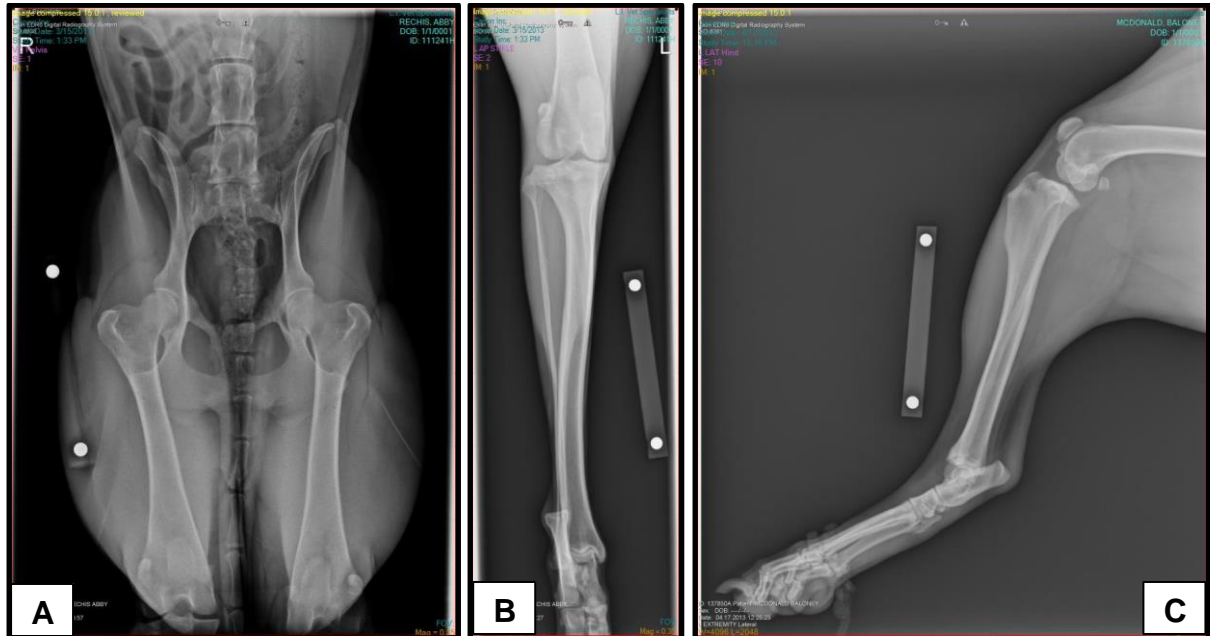


Figura 1 – Imagem radiográfica de um cão normal para exclusão de deformidades ósseas ou alterações ortopédicas. A – Imagem radiográfica das articulações da pelve; B – Imagem radiográfica da articulação do joelho; C – Imagem radiográfica da articulação do tarso.

3.4 Exame termográfico

As imagens termográficas foram realizadas em sala fechada, com temperatura ambiente constante padronizada em 21°C (70°F), controlada por sistema centralizado de aclimação (Figura 2A). Todas as imagens foram obtidas na mesma sala. Não foi necessário realizar aclimação dos cães na sala de termografia, pois estes se encontravam em gaiolas alojadas em salas de mesma temperatura. A atividade física foi limitada.

Foi utilizada uma câmera digital infravermelha portátil (*Med 2000 IRIS, Meditherm Inc. Beaufort, NC*), com microbolômetro siliconado, faixa espectral de 7 a 14 μm , resolução 160x120 *pixels*, com matriz de plano focal amorfo. A câmera foi

conectada a um computador portátil para análise de dados em tempo real (Figura 2B).

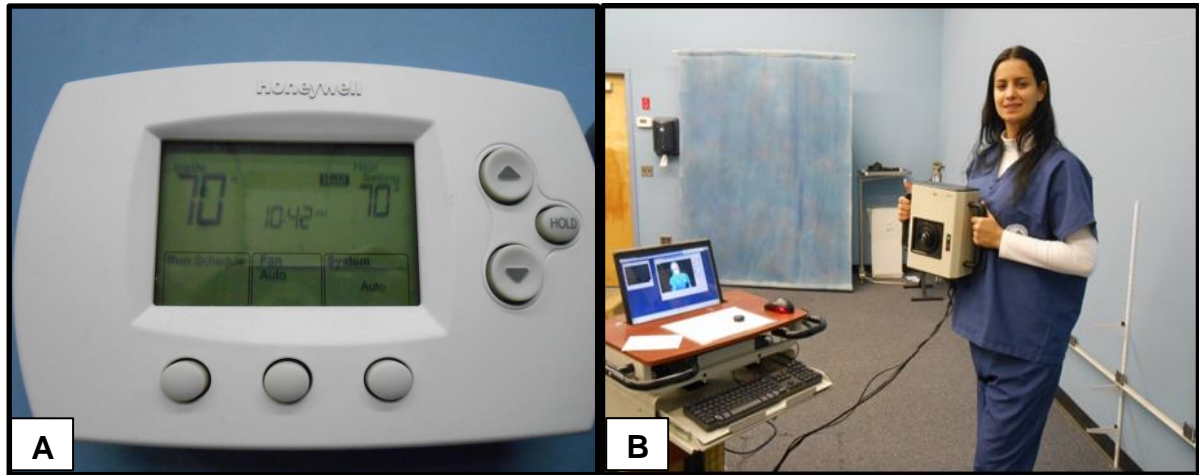


Figura 2 – A – Sistema centralizado de aclimação padronizado com temperatura de 21°C (70°F); B – Câmera digital infravermelha conectada a computador portátil para análise dos dados em tempo real.

Para a captura das imagens termográficas foi utilizado um tapete de espuma que foi colocado sobre passarela permanente, feita de madeira, coberta por carpete, existente na sala de termografia. Os cães foram posicionados sobre o tapete de espuma, em posição ortostática, o mais natural e simetricamente possível. A pessoa que manuseava o animal continha-o nesta posição segurando-o pela coleira. A câmera termográfica foi posicionada atrás do cão, em distância aproximadamente de 1,5 metros (Figura 3A). O cão foi mantido nesta posição durante aproximadamente 30 segundos, sem mover os membros pélvicos (Figura 3B). Após esse período, o cão foi movido para frente e a imagem termográfica da pegada dos membros pélvicos foi feita (Figura 4A). Foram feitas quantas imagens fosse necessária para uma boa visualização da pegada, em médias duas imagens por cão. A melhor imagem foi escolhida para análise.

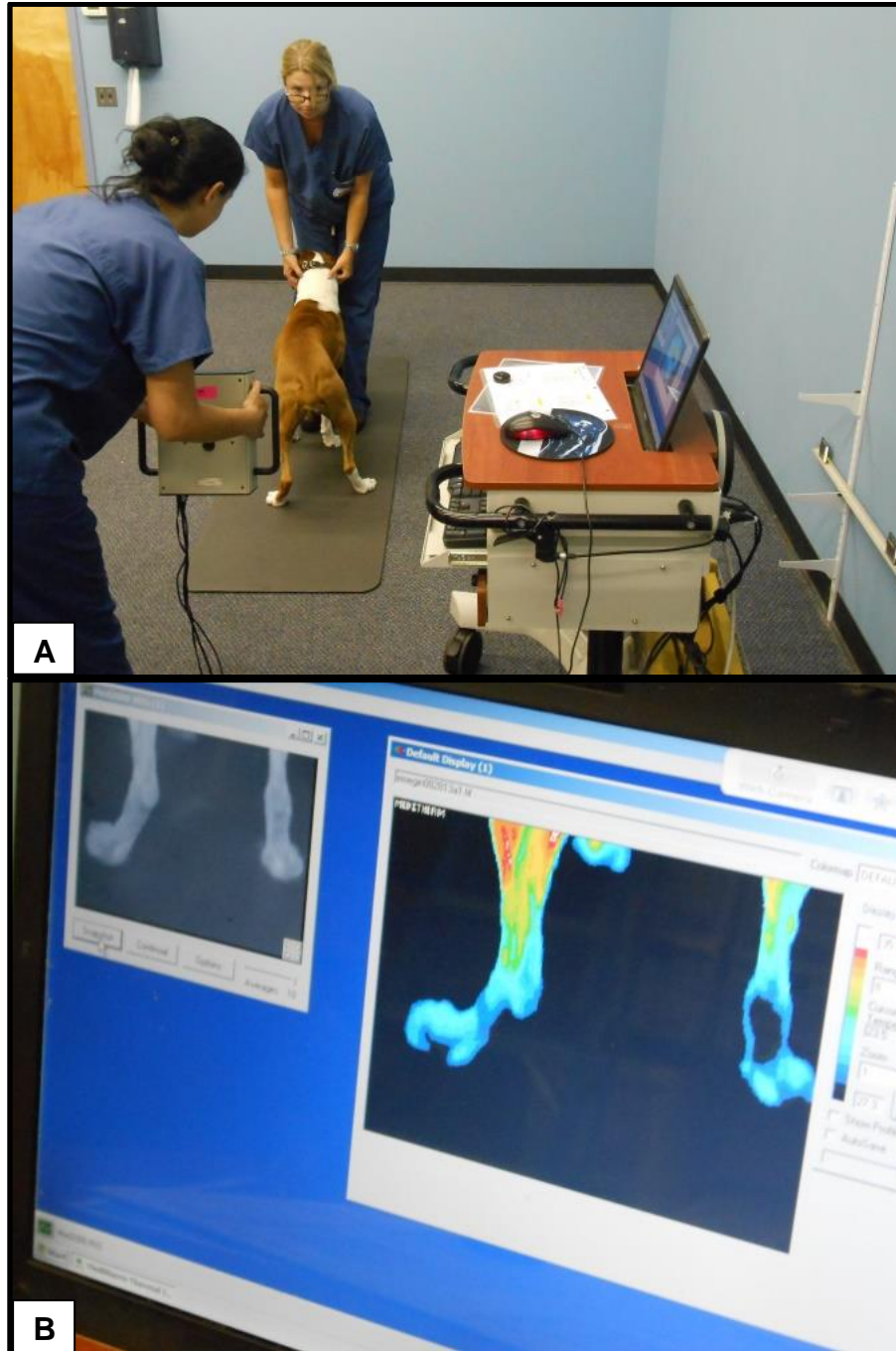


Figura 3 – Imagem fotográfica do cão para o exame termográfico. A – Posicionamento no tapete de espuma em posição ortostática; B – Imagem dos membros pélvicos durante o tempo de espera de 30 segundos.

Cada imagem foi salva em programa de software específico para avaliação e revisão. O programa foi pré-definido para a faixa de temperatura de 8°C, com um mapa de cores de 16 tons. O mapa de cor indica temperaturas mais quentes como cores branca e vermelha e temperaturas mais frias como azul e preto. Cada imagem foi focada pelo operador da câmera, e a imagem foi salva pelo operador do

computador. Depois da imagem salva, a escala de temperatura foi ajustada de modo que a gama de cores da imagem fosse equilibrada e o diagnóstico possível (Figura 4B). O programa salva a imagem final com faixa de temperatura específica de 8°C para cada imagem específica como um arquivo TIFF.

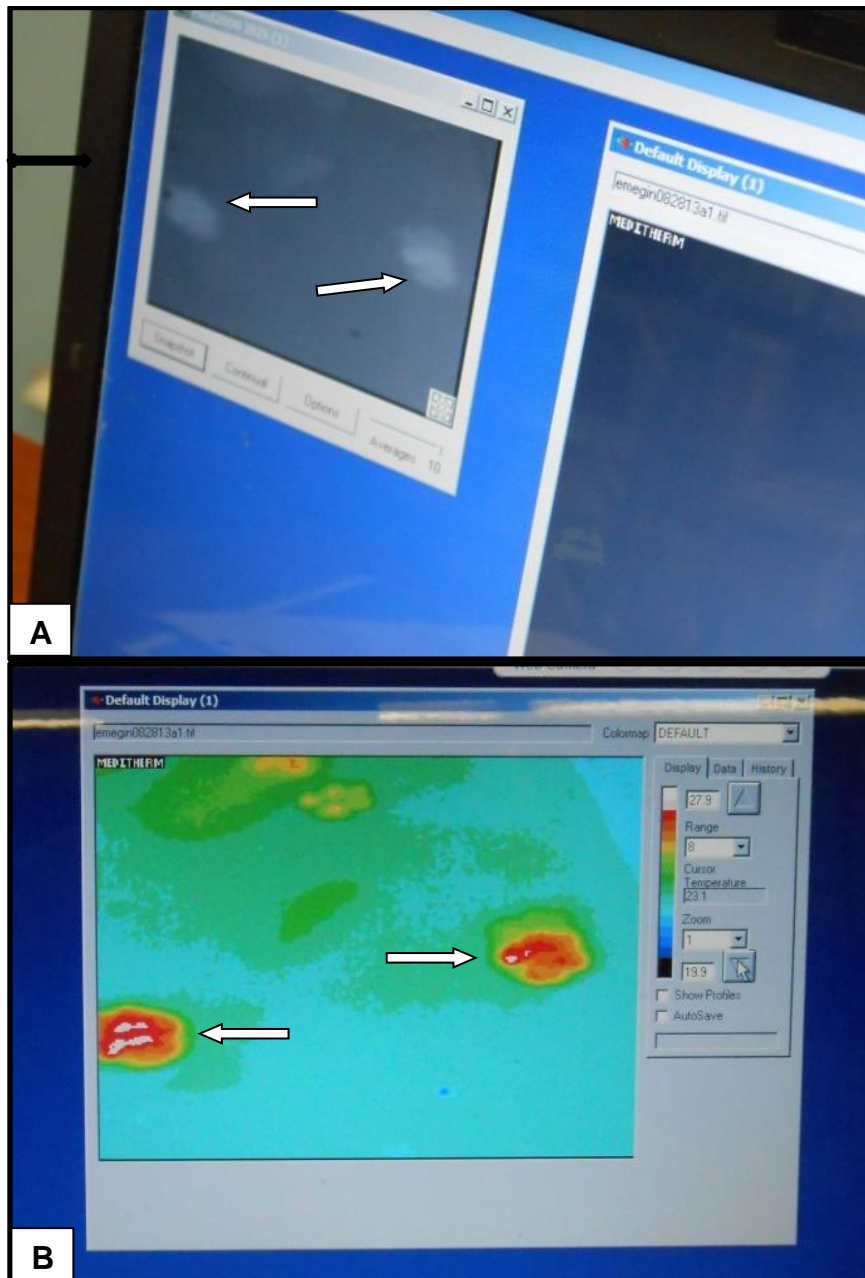


Figura 4 – A – Impressão termográfica da pegada do cão feita após o animal permanecer 30 segundos em posição ortostática no tapete de espuma (setas brancas); B – Impressão termográfica da pegada do cão após ajuste de temperatura na escala de cores (setas brancas).

3.5 Exame na plataforma de força

Membros pélvicos normais e claudicantes foram confirmados com a análise da marcha na plataforma de força. A análise da marcha foi realizada na mesma sala da termografia. Duas placas de forças (*AMTI - Advanced Mechanical Technology Inc, model# OR6-7-1000, 18.25x20x3.25 in*), colocadas uma ao lado da outra no sentido do comprimento da plataforma, permanentemente montadas e ligadas a um computador equipado com programa específico (*Acquire version 7.33V*) projetado para coleta e armazenamento de dados foram utilizadas. A plataforma de força foi incorporada em uma pista coberta por carpete. A passarela era de 1,16 metros de comprimento e 0,45 metros de largura.

Para a coleta de dados o cão foi colocado em posição ortostática, o mais natural e simetricamente possível, de modo que cada um dos membros pélvicos permanecesse sobre uma das placas de força (Figura 5A e B). O cão permaneceu nesta posição por cinco segundos para coleta de dados. O mínimo de três ensaios válidos foi usado para obter a média dos valores do pico de força vertical (PFV). Pico de forças verticais foi expresso em percentagem do peso corporal (% PC).

O índice de assimetria (IAS) da variável da marcha para cada cão foi calculado usando a seguinte equação (FANCHON; GRANJEAN, 2007):

$$\left(\frac{|XR - XL|}{[|XR + XL| \times 0,5]} \right) \times 100$$

Onde XR é a média da variável da marcha para o pico de força estática (100* N/N) do membro pélvico direito e, XL é a média da variável da marcha para o pico de força estática (100 * N/N) do membro pélvico esquerdo. De acordo com este método, um IAS de 0% indica perfeita simetria da marcha para a grandeza de medição, enquanto que os valores positivos ou negativos indicam assimetria do membro direito ou esquerdo (VOSS et al., 2007).

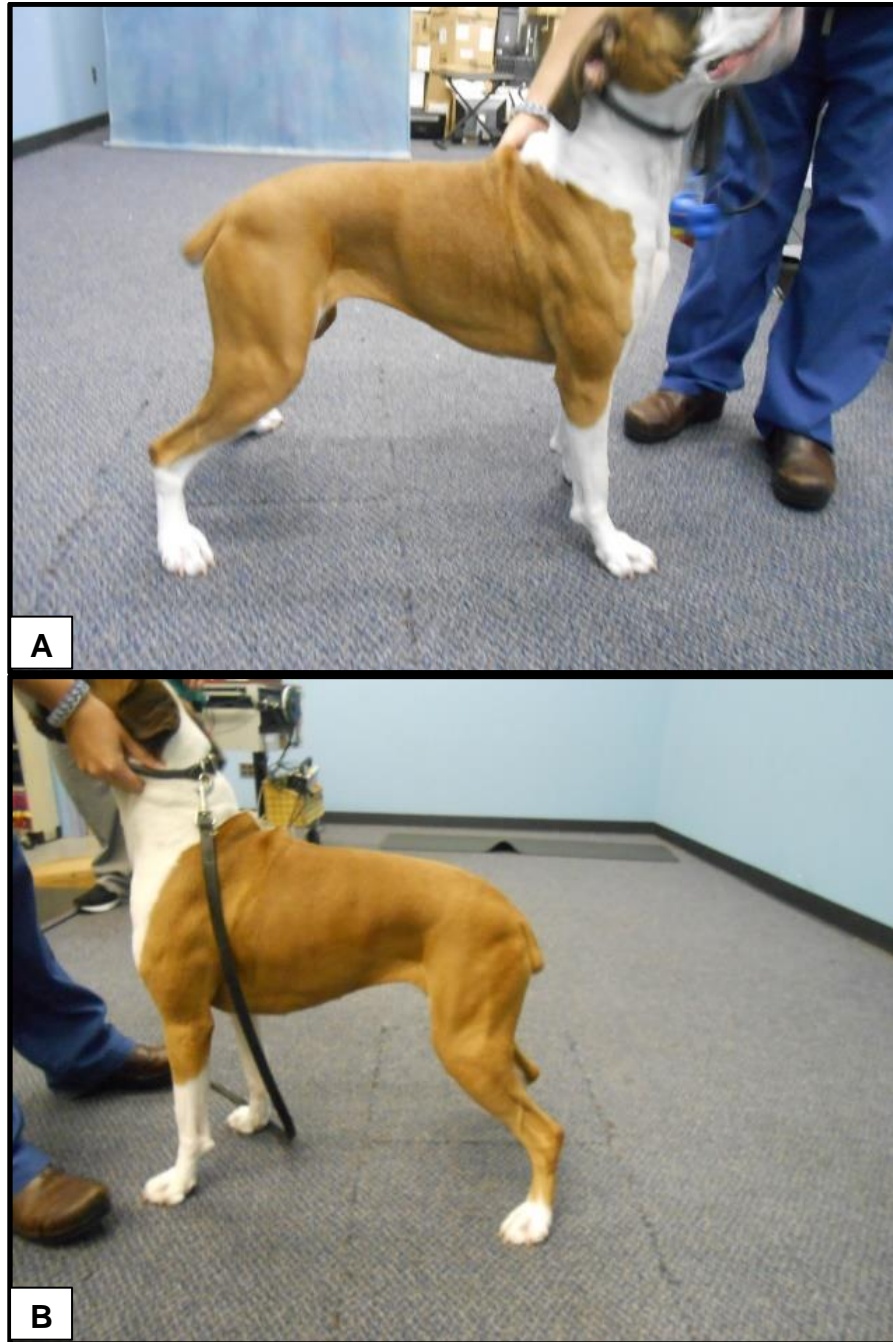


Figura 5 – A – Imagem fotográfica do cão, vista lateral direita, em posição ortostática sobre a plataforma de força; B – Imagem fotográfica do cão, vista lateral esquerda, em posição ortostática sobre a plataforma de força.

3.6 Análise da temperatura das pegadas

As imagens termográficas foram analisadas quanto à temperatura pelo programa específico *Meditherm IRIS*[®]. Este programa de análise de imagem termográfica permite ao pesquisador introduzir imagens térmicas e fazer comparação visual de dois padrões de imagem térmicas e comparar dados térmicos/temperatura de regiões de interesse (ROI). Os dados de temperatura em ROI são visualizados ao colocar um círculo ou quadrado, com ferramenta específica do programa, ao redor da imagem alvo da pesquisa. Com isso, a temperatura mínima, máxima e média da imagem é obtida (Figura 5).

Após a análise da temperatura da pegada do cão, a mesma imagem foi salva e enviada para análise do padrão térmico da imagem.

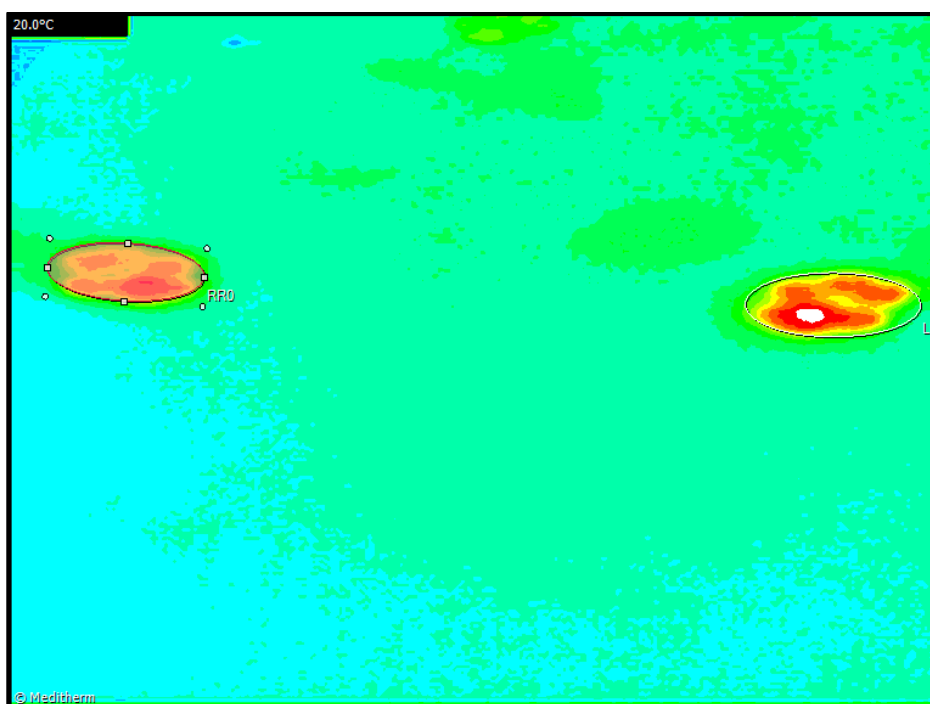


Figura 6 – Imagem fotográfica do ROI (círculo) utilizado para fornecer as temperaturas mínima, máxima e média da impressão termográfica da pegada dos cães.

3.7 Análise do padrão térmico das imagens

Análise do padrão térmico das imagens foi realizada no laboratório de processamento de imagem e visão computacional, do Departamento de Engenharia de Computação da Southern Illinois University at Edwardsville, Edwardsville IL. Foi utilizado o programa CVIP-FEPC que foi desenvolvido neste mesmo laboratório.

Cada imagem têm dados que não são óbvias para o olho humano. Uma imagem gráfica térmica é vista com todas as suas cores, mas ao mesmo tempo não há dados sobre o número de *pixels*, o número de tons de vermelho, verde, azul, escala de cinza, a luminosidade de uma imagem e assim por diante. Ferramenta CVIP é o aplicativo que permite aos engenheiros testar dados digitais da imagem. Este programa possibilita a extração de características e reconhecimento de padrões, permitindo o processamento em lote e teste de todas as combinações de recursos e técnicas de classificação de padrões.

Dez conjuntos de experiências foram realizados com as imagens da pegada dos cães. O lado esquerdo e direito não estavam separados. Quatro métodos de normalização de cores foram usados junto com as imagens originais RGB. Três normalizações de dados foram utilizadas nos recursos dos dados, soft-max, padrão normal de densidade, bem como os dados que apresentam matérias originais. As experiências foram realizadas com a CVIP-FEPC, com cada conjunto tendo 2047 permutações, e utilizando vizinho mais próximo (NN) e *Train / Test Set* como os métodos de classificação; características de histograma, características espectrais e de textura com uma distância de *pixel* de seis. O método de ensaio utilizado foi o método *leave-one-out*.

3.8 Análise Estatística

Média e desvio padrão da temperatura da pegada dos cães, e do pico de força vertical de cada membro foram obtidos pelo programa Microsoft Excel®. Para comparação das diferenças estatísticas da temperatura, foi usado Teste t simples a um nível de confiança de 95%. Classificação do índice de assimetria entre grupos

normais e anormais foram comparados pelo Teste t simples, a um nível de confiança de 95%.

4. RESULTADOS

Quatorze cães (dez fêmeas e quatro machos) com ruptura do LCCr foram incluídos neste estudo. Nove cães apresentavam claudicação do membro pélvico esquerdo e cinco no membro pélvico direito. As raças foram: cinco sem raça definida (SRD), três Pit Bulls, dois Labradores Retrievers e um de cada das raças Golden Retriever, Boxer, Cão D'água Português e Sheltie Sheepdog. A média de idade foi 4,9 anos (de 1 a 8,6 anos) e do peso corporal foi 29,5 kg (de 20 a 43,5 kg). Na avaliação do grau de claudicação seis cães apresentavam grau 4, dois apresentavam grau 3, três cães tinham grau 2 e três tinham grau 1 de claudicação. Detalhes dos dados demográficos dos cães claudicantes se encontram na tabela 2.

O grupo de animais saudáveis consistiu de quatorze cães (oito fêmeas e seis machos). As raças foram seis SRD, dois Boxers, e um de cada das raças Pit Bull, Dobermann, Australian Cattle Dog, Greyhound, Pastor Alemão e Labradoodle. A média de idade foi 5,3 anos (de 1 a 9,6 anos) e o peso corporal foi 28,7 kg (de 18,8 a 41,8 kg). Dados demográficos em detalhe dos cães saudáveis são mostrados na tabela 3.

Média, desvio padrão, médias mínimas e máximas das temperaturas das imagens termográficas das pegadas dos cães anormais (membro pélvico claudicante versus membro que suporta o peso) e normais (membro pélvico direito versus esquerdo) se encontram na tabela 4. Os valores da temperatura mínima, máxima e média de todos os cães normais e anormais se encontram no apêndice A e B. Para análise estatística, os resultados foram divididos nos seguintes grupos: cães normais (membro direito versus esquerdo), cães anormais (membro claudicante versus membro que suporta o peso), membro claudicante versus membro normal (de cães normais) e membro que suporta o peso versus membro normal (de cães normais). Apesar do grupo de cães anormais mostrarem diferença de 0,5° C de temperatura, estes dados não foram significativos. Não houve diferenças significativas entre os grupos (Tabela 5).

Tabela 2 – Características dos cães claudicantes utilizados no presente estudo para avaliação termográfica.

Cão	Raça	Idade (anos)	Peso (kg)	Sexo	Membro Claudicante	Grau de claudicação
1	Pit Bull	4	30,2	Fêmea	Esquerdo	4
2	Pit Bull	9	27,7	Macho	Esquerdo	4
3	Labrador	5	37,2	Fêmea	Direito	4
4	SRD	5,6	32,7	Macho	Esquerdo	4
5	Labrador	2	34	Fêmea	Esquerdo	2
6	Pit Bull	3	35,5	Fêmea	Direito	3
7	SRD	1,2	24,1	Fêmea	Direito	4
8	Boxer	6,2	26,8	Fêmea	Esquerdo	2
9	Pit Bull	3	20,9	Fêmea	Esquerdo	3
10	SRD	2,1	25,5	Fêmea	Esquerdo	1
11	SRD	8,7	34,4	Macho	Direito	4
12	Sheltie Sheepdog	4,5	20	Fêmea	Esquerdo	2
13	Cão D'água Português	7	20,7	Fêmea	Esquerdo	1
14	SRD	4	43,5	Macho	Esquerdo	1

A média do pico de força vertical (PFV) mostrou 10,0% de diferença entre os membros direito ($18,0 \pm 2,9$) e esquerdo ($20,9 \pm 2,1$) nos cães normais. Em cães anormais a diferença entre o membro claudicante ($5,4 \pm 6,4$) e o membro que suporta o peso ($30,0 \pm 5,0$) foi de 72,4%. Análise de índice de assimetria (IAS) mostrou diferença significativa entre os grupos de cães normais (5%) e anormais (36,2%). Foi comparado também a classificação normal de 5 a uma classificação de 0 usando o Teste t. Não foi encontrado diferença significativa entre as classificações. Isto sugere que uma classificação de 5 (0,05) sobre o IAS seria assimetria aceitável, sendo o cão considerado não claudicante. A classificação de 36,2 (0,362), sendo estatisticamente diferente para uma classificação de 5, poderia também sugerir que

cães que, em média, recebem esta classificação de IAS poderia ser considerado claudicante em pelo menos um dos membros. Médias, desvio padrão, porcentagem de diferença das médias do PFV e IAS estão na tabela 6. Os resultados completos destes dados encontram-se no apêndice C e D.

Tabela 3 – Características dos cães saudáveis utilizados no presente estudo para avaliação termográfica.

Cão	Raça	Idade (anos)	Peso (kg)	Sexo
1	SRD	6,10	26,2	Macho
2	Greyhound	9,8	26,3	Fêmea
3	Pit Bull	6,7	26,1	Fêmea
4	Boxer	5	29,9	Fêmea
5	Pastor Alemão	1,3	35,8	Macho
6	SRD	9,6	20	Macho
7	SRD	2,7	24,2	Fêmea
8	Boxer	2,1	21,4	Fêmea
9	SRD	3	28,1	Macho
10	Dobermann	0,11	34,3	Macho
11	Labradoodle	6,10	41,8	Fêmea
12	SRD	7,5	40,9	Fêmea
13	SRD	8	19,8	Fêmea
14	Australian Cattle Dog	4	28,7	Macho

Tabela 4 - Média, desvio padrão (\pm DP), médias (\emptyset) mínima e máxima da temperatura ($^{\circ}$ C) das imagens termográficas das pegadas de cães normais (membro direito e esquerdo) e cães anormais (membro claudicante e membro que suporta o peso).

		Média \pm DP	\emptyset Min	\emptyset Max
Cães Normais	Membro direito	21.8 \pm 1.3	20.7	23,1
	Membro esquerdo	21.6 \pm 1.3	20.5	22,8
Cães Anormais	Membro claudicante	21.0 \pm 1.2	20.5	21.7
	Membro que suporta o peso	21.6 \pm 1.2	20.6	23.0

Tabela 5 - Análise estatística por meio do *Teste t*, da temperatura das imagens termográficas das pegadas obtidas nos cães normais e anormais. Valor T de distribuição de 1,771 ao nível de confiança de 95%, df = 13.

		Distribuição T
Cães Normais	Membro direito vs. esquerdo	0.492
Cães Anormais	Membro claudicante vs. Membro que suporta o peso	1.62
Membro claudicante e Membro normal	Membro claudicante vs. Membro normal (cães normais)	0.807
Membro que suporta o peso e Membro normal	Membro que suporta o peso vs. Membro normal (cães normais)	0.777

Tabela 6 - Média (\bar{x}), desvio padrão ($\pm DP$), porcentagem de diferença das médias do pico de força vertical (PFV) e índice de assimetria (IAS) dos cães normais e anormais.

Membro Pélvico	Cães normais média \pm DP		Cães anormais média \pm DP	
	Direito	Esquerdo	Claudicante	Que suporta o peso
PFV	18.0 \pm 2.9	20.9 \pm 2.1	5.4 \pm 6.4	30.0 \pm 5.0
% de diferença na \bar{x}	10.0 %		72.4 %	
IAS (%)	5%		36.2%	

Análise do padrão térmico de imagem mostrou taxa de 80% de sucesso na diferenciação da imagem termográfica da pegada no membro claudicante em comparação ao membro que suporta o peso (cães anormais). Para as imagens termográficas das pegadas do membro direito versus o membro esquerdo a taxa de sucesso foi de 100 % na identificação do mesmo padrão térmico. Estas taxas de sucesso de classificação indicam que a claudicação pode ser detectada com a termografia, pois o membro que suporta o peso é diferente do membro claudicante (Figura 6A e B, 7A e B, 8A e B e 9A e B). Os resultados indicaram também e ambos os membros direito e esquerdo dos cães normais (Figura 10A e B) têm a mesma característica. O resultado detalhado da análise do padrão da imagem se encontra no apêndice E.



Figura 7 – A – Impressão termográfica da pegada de cão com grau 1 de claudicação (seta branca); B – Imagem fotográfica dos membros pélvicos de cão com grau 1 de claudicação em posição ortostática.



Figura 8 – A – Impressão termográfica da pegada de cão com grau 2 de claudicação (seta branca); B – Imagem fotográfica dos membros pélvicos de cão com grau 2 de claudicação em posição ortostática.

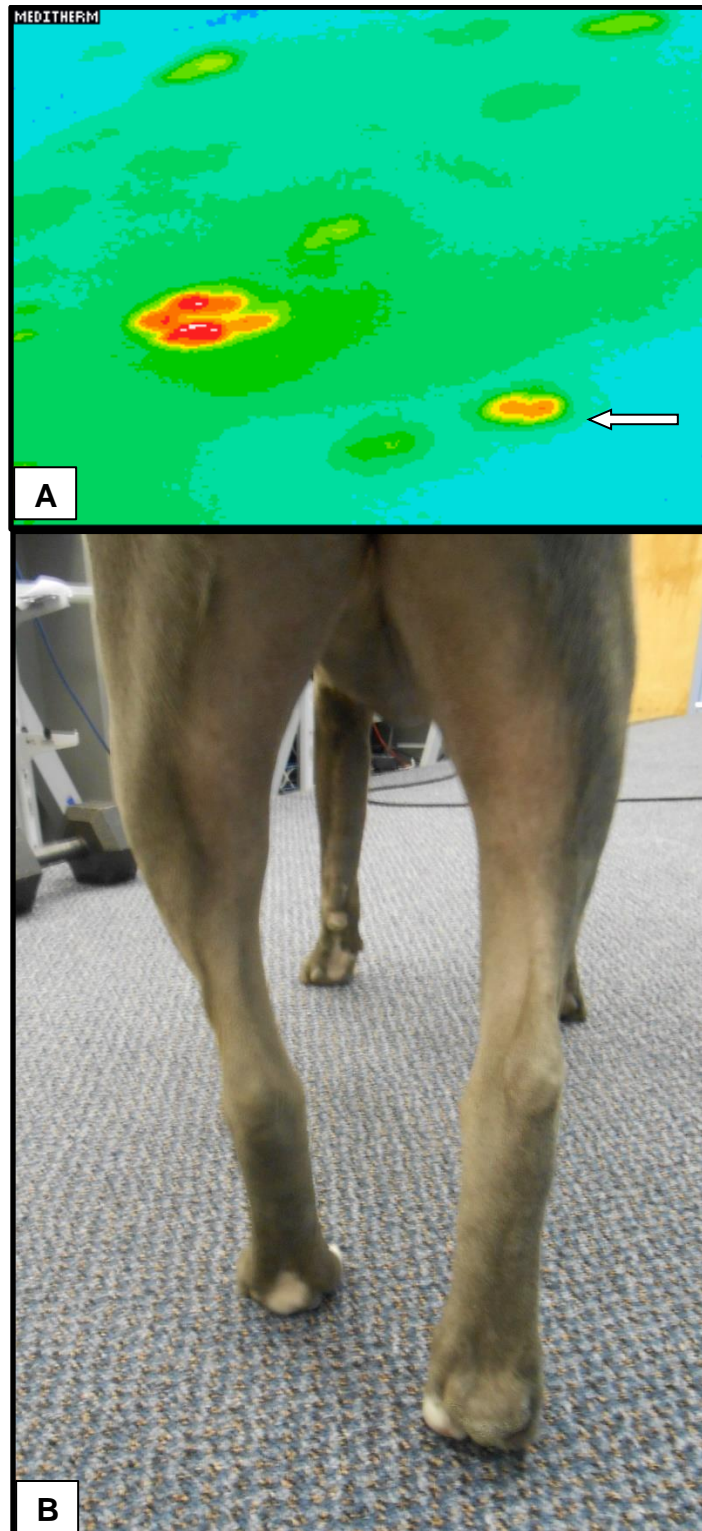


Figura 9 – A – Impressão termográfica da pegada de cão com grau 3 de claudicação (seta branca); B – Imagem fotográfica dos membros pélvicos de cão com grau 3 de claudicação em posição ortostática.

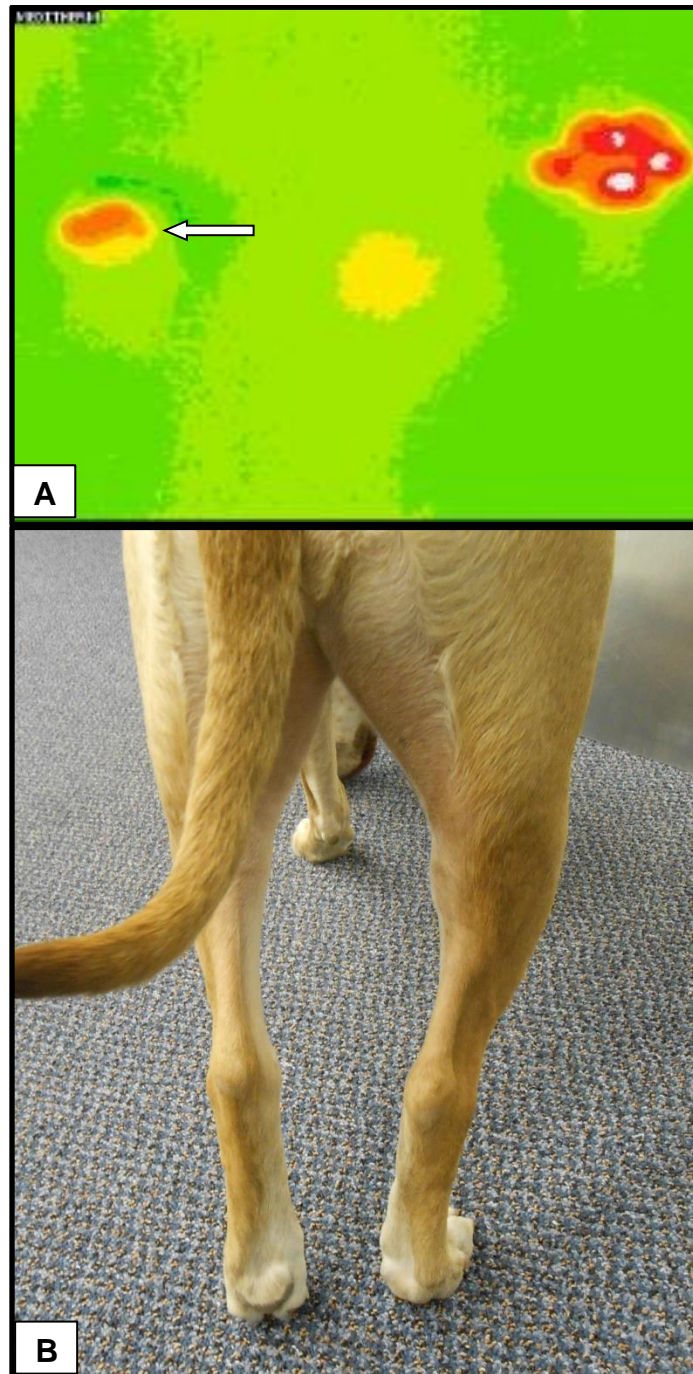


Figura 10 – A – Impressão termográfica da pegada de cão com grau 4 de claudicação (seta branca); B – Imagem fotográfica dos membros pélvicos de cão com grau 4 de claudicação em posição ortostática.

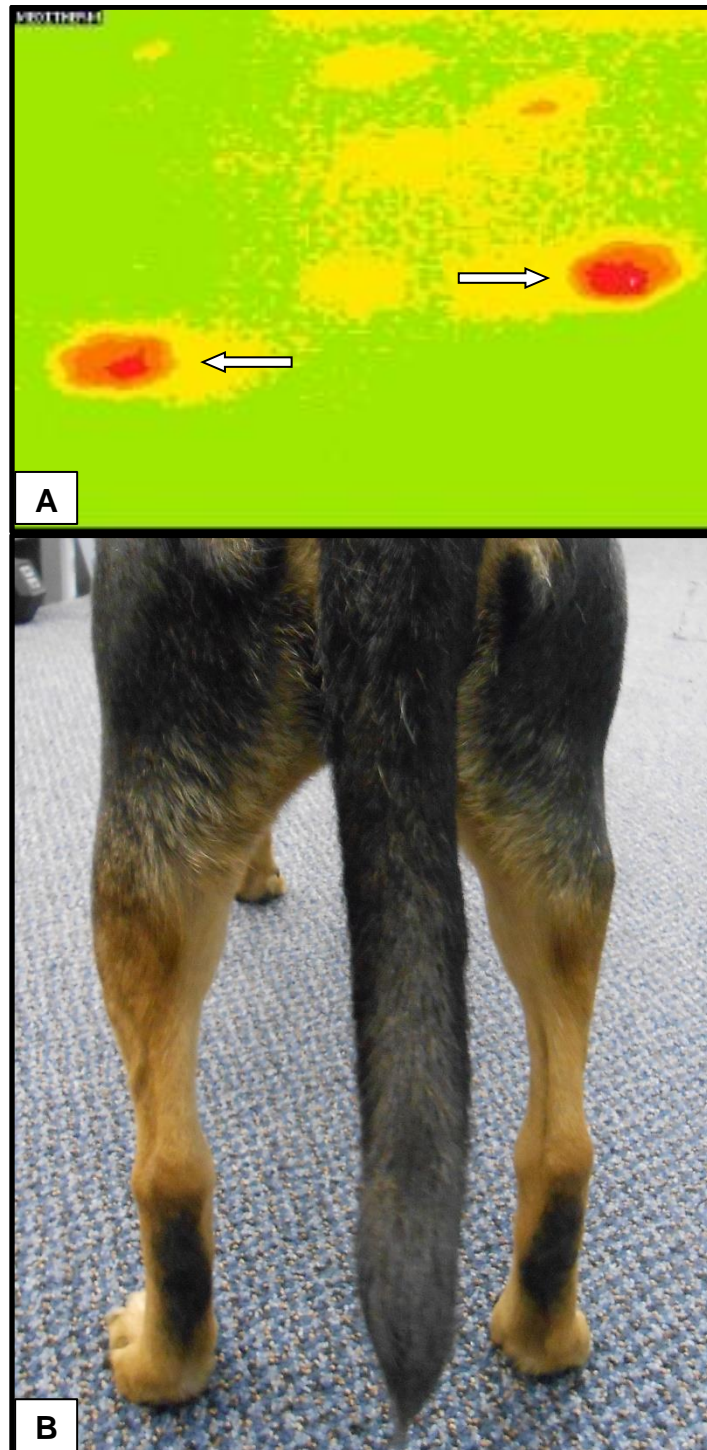


Figura 11 – A – Impressão termográfica da pegada de cão normal (setas brancas); B – Imagem fotográfica dos membros pélvicos de cão normal em posição ortostática.

5. DISCUSSÃO

O uso da termografia mostrou-se eficiente para detectar claudicação dos membros pélvicos em cães por meio da observação da impressão deixada ao solo. Análises de padrões térmicos das imagens foram bem sucedidos na diferenciação da imagem termográfica da pegada dos cães normais em comparação com cães com claudicação. Estudos anteriores demonstraram a eficiência da termografia na detecção de claudicação em equinos causada por alterações no aparato locomotor (TURNER, 2001), detectando, em alguns casos, mudança de temperatura de até 3°C mais quente do que o normal (EDDY et al., 2001). No entanto, essas anormalidades são detectadas em partes anatômicas específicas, pelo aumento na circulação sanguínea devido a algum processo inflamatório (TURNER et al. 1986). No presente estudo, utilizou-se método alternativo para investigação da temperatura ao detectar a claudicação pela diferença no padrão térmico da imagem observado na pegada dos cães, feita sobre um tapete de espuma. Esta é uma informação adicional, e mostra-se útil para a observação de um membro claudicante, especialmente quando a claudicação é sutil ou subclínica, para em seguida localizar o local anatômico específico causador da claudicação.

Quanto à temperatura, os resultados mostraram ligeiro aumento, porém não significativo, de 0,5°C entre os membros dos cães claudicantes. Já nos animais normais, esta diferença foi de 0,1°C. Estudos em equinos mostraram que uma diferença superior a 1°C de temperatura entre duas regiões anatomicamente simétricas indicam região de inflamação (TURNER, 2001). A comparação deste dado com a impressão termográfica da pegada dos cães não seria possível, pois se trata de superfícies diferentes. No entanto, ao compararem-se os dados da análise do padrão da imagem, e da análise da marcha, entre os cães normais e cães claudicantes, encontram-se semelhanças nos dados. Ou seja, cães normais tiveram dados iguais ou parecidos entre os membros; ao contrário dos cães claudicantes, que mostraram diferenças entre os membros. Neste caso, percebe-se que a diferença de 0,5°C na temperatura da pegada entre os membros pélvicos de cães pode sugerir alteração na marcha.

Se por um lado o valor da diferença de temperaturas mostra-se baixo nos cães claudicantes, por outro, estes valores se tornam mais fortes quando se observam as mudanças no padrão térmico das imagens, onde a distribuição das cores é notavelmente diferente. A capacidade de diferenciação entre cães claudicantes de cães normais utilizando a análise da plataforma de força aumenta com a gravidade da claudicação (VOSS et al., 2007). Este mesmo conceito foi observado no presente estudo ao analisar-se as imagens termográficas, no qual se observou que quanto maior foi o grau de claudicação, maior foi a mudança na temperatura (cores mais frias). A impressão termográfica da pegada também se tornou menor e algumas vezes disfórmica no membro claudicante em comparação com o membro contralateral.

Em um estudo realizado por Vainionpää et al. (2013), padrões irregulares de calor foram observados nas pegadas de gatos que apresentavam sinais de desconforto durante a palpação no exame clínico, porém não demonstravam claudicação evidente ao exame visual. Estas mudanças foram causadas pela alteração no suporte de peso, segundo o autor, provavelmente devido a algum processo doloroso. Um fator importante na qualidade da obtenção da imagem termográfica é a resolução da câmera. Em outro estudo feito pelo mesmo autor (Vainionpää et al., 2012a) comparando três diferentes resoluções de câmeras, observou-se que em câmera de baixa resolução (80x80 *pixels*), pequenas alterações da imagem pode não ser interpretada e, que a resolução de 180x180 *pixels* é suficiente para fornecer resultados confiáveis. Levando em conta de que as imagens dos gatos, no primeiro estudo do autor aqui referido, foram obtidas com câmera de alta resolução (320x240 *pixels*), e apesar de o autor afirmar que uma resolução mais alta que a de 180x180 *pixels* significa mudanças detectáveis menores, acredita-se que as imagens das pegadas dos cães, obtidas neste estudo (160x120 *pixels*) poderiam ser mais detalhadamente visualizadas com câmera de alta resolução. Por isso, apesar de o cão ser mais pesado do que o gato, e por este motivo a claudicação ser mais evidente, acredita-se que a termografia também possa ser útil nos casos em que a claudicação é sutil ou subclínica em cães, proporcionando desta forma, diagnóstico e tratamento precoce. O diagnóstico precoce é uma das vantagens que a termografia proporciona, principalmente em condições ortopédicas em cavalos, onde lesões inflamatórias em tendões e

articulações podem ser observadas em até duas semanas antes do aparecimento dos sinais clínicos (VADEN et al., 1980; TURNER, 1996).

O grupo controle do presente estudo apresentou média da temperatura da pegada em torno de 21,7 °C. Estes dados não podem ser comparados a outros estudos, pois não há informações nestas condições na literatura. Porém, em estudo realizado por Vainionpää et al (2013a), onde a termografia foi usada para monitorar a mudança de temperatura periférica em cães sedados por diferentes protocolos anestésicos, observa-se que, a almofada do pé dos membros pélvicos em cães apresenta temperatura por volta dos 27 a 29 graus no tempo zero do estudo. Todavia, estes dados estão apresentados em gráfico para análise da temperatura digital do coxim plantar e não estão disponíveis no texto.

No presente estudo, a imagem termográfica da pegada do cão foi observada em tapete de espuma. A temperatura foi detectada a partir da transferência de calor, por condução (EDDY et al., 2001; TURNER, 2001), da pata do cão ao tapete de espuma. A partir daí então, a câmera infravermelha detectou a impressão termográfica da pegada por emissão de radiação infravermelha a partir do tapete (EDDY et al., 2001; TURNER, 2001). A emissividade do objeto é a capacidade de absorver e emitir radiação infravermelha (EDDY et al., 2001; TURNER, 2001). Segundo Eddy et al. (2001) este conceito é importante pois a capacidade de um material para refletir ou emitir calor deve ser considerado, uma vez que a câmera térmica gera imagens com base na quantidade de calor gerado em vez de refletido. (EDDY et al., 2001). Por este motivo, escolheu-se o tapete de espuma como piso para coleta das imagens, pois este possui elevada condutividade térmica, além de ser material de fácil acesso, fácil transporte e baixo custo. Outro material do qual também foi possível obter boas imagens termográficas foi o carpete, porém este não é de fácil disponibilidade em ambiente clínico - hospitalar.

Para obtenção de imagens termográficas o controle do ambiente é de suma importância. WESTERMANN et al. (2013) investigaram a influência do fluxo de ar sobre a temperatura dos membros torácicos de cavalos. Eles observaram que movimentos de ar pouco perceptíveis são capazes de provocar diminuição da temperatura. No presente estudo as imagens foram feitas em ambiente controlado, sem a presença de corrente de ar. Além disso, a temperatura ambiente controlada por toda a extensão do hospital tornou a etapa de aclimatação do animal na sala de termografia dispensável. As imagens termográficas foram obtidas em distância de

aproximadamente 1,5 metros do animal, porém ao observar as imagens dos cães nota-se que há diferenças entre a imagem de um cão em comparação com a imagem de outro cão, decorrente da diferença dos posicionamentos, porém, esta pequena diferença não é significativa. Em um estudo com cavalos, foi observado que um desvio de 20 graus em relação ao ângulo da câmera ou aumento de 0,5 metros a partir da câmera em relação ao elemento, não tem influência significativa sobre a determinação da temperatura (WESTERMANN et al., 2013a).

A atividade física foi limitada, principalmente nos cães saudáveis, a fim de evitar o aumento de temperatura corporal que pudesse interferir nos resultados. Vaden et al. (1980) notaram aumento de 1 a 2 °C na região do tarso em cavalos após o exercício. Turner (1996) menciona que tipicamente ocorre aumento da temperatura da pele em pelo menos 0,5 °C depois do exercício. Já Vainionpää et al. (2012) observaram aumento de temperatura que variou de 0,6 a 2,1 °C em diferentes pontos de medição (tendão calcâneo, músculos gastrocnêmio, grácil, bíceps femoral) em cães após corrida.

Não houve assimetria na imagem termográfica das pegadas observado pela temperatura e pela análise do padrão térmico das imagens nos cães normais. Estes dados são semelhantes aos encontrados na literatura, onde pesquisadores afirmam que todas as espécies estudadas até agora apresentaram notáveis padrões simétricos bilaterais na emissão de infravermelho (PUROHIT, 2008). Vanionpää et al. (2012) em estudo com cães de corrida, não encontraram diferenças significativas nas médias das temperaturas superficiais entre o membros direito e esquerdo de cães que completaram quatro percursos com diferentes distâncias. O alto grau de simetria da direita para a esquerda é um recurso valioso no diagnóstico de um problema unilateral associado com várias desordens inflamatórias (PUROHIT, 2008).

Para a análise da marcha, a avaliação do coeficiente de simetria é um bom método de avaliação da claudicação porque é baseado em comparações direito versus esquerdo, com modificação do equilíbrio do cão (FANCHON; GRANDJEAN, 2007). Neste estudo, análise da marcha mostrou 5% de assimetria nos cães normais, porém, este dado não foi significativo. Este resultado corrobora com o estudo realizado por BUDSBERG et al. (1993) no qual autores encontraram nos índices médios da simetria vertical, um desvio de <8%, refletindo simetria próxima da perfeita no eixo vertical. Estes autores também citaram que nenhum cão possui perfeita simetria no trote. Oosterlinck et al. (2011) em estudo realizado na plataforma

de pressão, observou aproximadamente 3,7 % de assimetria no PFV na marcha de cães normais, citando que algum grau de assimetria é evidente mesmo em cães normais.

Já nos animais com claudicação os valores foram significativos, com 36,2 % de assimetria. Concordando novamente com os resultados de Oosterlinck et al. (2011), no qual índices de assimetria mostraram diferenças claras entre cão com claudicação e cão normal. O autor cita ainda que, embora tenha sido utilizado número limitado de cães (16 com ruptura do LCCr e 9 normais), os resultados sugerem que o índice de assimetria do PFV, junto com mais duas variáveis, são indicadores confiáveis de claudicação clínica em cães com ruptura unilateral do LCCr.

A escolha da ruptura do ligamento cruzado cranial foi devido ao fato esta condição ortopédica ser uma das causas mais comuns de claudicação dos membros pélvicos em cães (MARSOLAIS, 2003; WITTE; SCOTT, 2011). O critério de exclusão das demais condições e doença foi para que os resultados das avaliações dos cães claudicantes fossem mais homogêneos.

A tabela de classificação da claudicação é uma ferramenta de uso rotineiro na clínica de pequenos animais, pois faz parte do exame ortopédico. No presente estudo, dados do grau de claudicação foram bastante úteis e, apesar de não ser objetivo deste estudo, pôde-se correlacionar o grau de claudicação com a imagem termográfica da pegada de cães. Sugere-se que estudos futuros possam elucidar com mais acurácia estes valores.

Algumas limitações foram encontradas no presente estudo como a capacidade de manter o cão parado em posição ortostática por 30 segundos, especialmente os cães com claudicação, provavelmente pelo processo doloroso. O período de 30 segundos foi determinado arbitrariamente para a padronização das imagens, porém, durante o decurso do estudo verificou-se possível obter imagens em tempo inferior. Outra limitação foi o baixo número de cães, diminuindo o poder estatístico. Isto ocorreu provavelmente devido aos rígidos critérios de seleção dos animais. Vários pacientes apresentavam ruptura do LCCr no membro contralateral ou displasia coxofemoral, o que os tornava inelegível para este estudo. Características do paciente como peso corporal e morfologia são difíceis de ser controlado em estudos nos quais são usados pacientes clínicos (VOSS et al., 2007).

Por outro lado, ao realizarmos estudos com diferentes raças de cães e pesos têm-se a vantagem de aproximarmos da realidade clínica.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos conclui-se que:

- ✓ A impressão termográfica da pegada pode ser utilizada como ferramenta complementar no diagnóstico de claudicação dos membros pélvicos em cães;
- ✓ A temperatura da impressão termográfica da pegada do membro pélvico em cães normais neste experimento foi em torno de 21,7 °C;
- ✓ Há mudanças no padrão térmico das imagens termográficas da pegada de cães com claudicação do membro pélvico comparado aos cães normais;
- ✓ Não há mudanças significativas na temperatura das imagens termográficas da pegada de cães com claudicação no membro pélvico comparado aos cães normais;
- ✓ Não há diferenças na temperatura entre os grupos membro claudicante de cão claudicante versus membro normal de cão normal, e membro normal de cão claudicante versus membro normal de cão normal;
- ✓ Novas investigações podem especificar variações da impressão termográfica da pegada de cães em diferentes condições ortopédicas.

REFERÊNCIAS

ABDOUN, K. A. et al. Region and circadian variations of sweating rate and body surface temperature in camels (*Camelus dromedarius*). **Animal Science Journal**, v.83, n.7, p.556-561, 2012.

AMMER K. European congress of thermology 1974-2006: A historical review. **Thermology International**, v.16, n.3, p.85-95, 2006.

ANDERSON, M. A.; MANN F.A. Force plate analysis: a noninvasive tool for gait evaluation. **Compendium on continuing education for the practicing veterinarian**, v.16, n.7, p.857-866, 1994.

ARORA, N. et al. Effectiveness of a noninvasive digital infrared thermal imaging system in the detection of breast cancer. **The American Journal Surgery**, v.196, n.4, p.523-526, 2008.

ARTHUR, D. T. J.; KHAN, M. M.; BARCLAY, L. C. Thermographic investigation of osseous stress pathology. **33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS**, v. 2011, 2011:6250-3. Online. Disponível na Internet: doi: 10.1109/IEMBS.2011.6091543. Acesso em 23 nov. 2013.

BALBINOT, L. F. et al. Plantar thermography is useful in the early diagnosis of diabetic neuropathy. **Clinics**, v.67, n.12, p.1419-1425, 2012.

BARBOSA, A. L. T. et al. Padronização e teste da plataforma de força em padrão ortostático em cães. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.3, p.559-566, 2011.

BARDET, J. F. Claudicação. In: ETTINGER, S, J.; FELDMAN, E. C. **Tratado de Medicina Interna Veterinária**. Manole: São Paulo, 1997. cap. 29, p.188-196.

BERTRAM, J. E. A. et al. Multiple force platform analysis of the canine trot: a new approach to assessing basic characteristics of locomotion. **Veterinary and Comparative Orthopedics and Traumatology**, v.10, n.3, p.160-169, 1997.

BIONDI, F. et al. Infrared ocular thermography in dogs with and without keratoconjunctivitis sicca. **Veterinary Ophthalmology**, p.1-7, 2013. Online. Disponível na Internet: doi: 10.1111/vop.12086

BUDSBERG, S. C. et al. Evaluation of limb symmetry indices, using ground reaction forces in healthy dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v.54, n.10. p.1569-1574, 1993.

DECAMP, C. E. et al. Kinematic gait analysis of the trot in healthy greyhounds. **American Journal of Veterinary Research**, v.54, n.4, p.627-634, 1993.

DECAMP, C. E. Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v.27, n.4, p.825-841, 1997.

DELAHANTY, D. D.; GEORGI, J. R. Thermography in equine medicine. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.147, n.3, p.235-238, 1965.

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.

EUGÊNIO, F. R. Semiologia do sistema locomotor de cães e gatos. In: FEITOSA, F.L.F. **Semiologia Veterinária – A Arte do Diagnóstico**. Roca: São Paulo, 2004. cap.11, p.610-640.

EVANS, R.; HORSTMAN; C.; CONZEMIUS, M. Accuracy and optimization of force platform gait analysis in labradors with cranial cruciate disease evaluated at a walking gait. **Veterinary Surgery**, v.34, p.445-449, 2005.

EVANS, W. J. G. Gait Analysis. In: TOBIAS, K. M.; JOHNSTON, S. A. **Veterinary Surgery Small Animal**. Elsevier Saunders: St. Louis, 2012. cap.74, p.1190-1196.

FANCHON L. GRANDJEAN, D. Accuracy of asymmetry indices of ground reaction forces for diagnosis of hind limb lameness in dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v.68, n.10, p.1089-1094, 2007.

GILLETTE, R. L.; ANGLE, T. C. Recent developments in canine locomotor analysis: a review. **The Veterinary Journal**, v.178, n.2, p.165-176, 2008.

GLEHR, M. et al. Thermal imaging as a noninvasive diagnostic tool for anterior knee pain following implantation of artificial knee joints. **International Journal of Thermodynamics**, v.14, n.2, p.71-78, 2011.

GRIFFON, D. J. Canine gait analysis: a decade of computer assisted technology. **The Veterinary Journal**, v.178, n.2, p.159-160, 2008.

HARRIS, G. F.; WERTSCH, J.J. Procedures for gait analysis. **Archive of Physical Medicine Rehabilitation**, v. 75, n.2, p.216-225, 1994.

HEAD, M. J.; DYSON, S. Talking the temperature of equine thermography. **The Veterinary Journal**, v.162, n.3, p.166-167, 2001.

HEATH, A. M. et al. Evaluation of the safety and efficacy of testicular biopsies in llamas. **Theriogenology**, v.58, n.6, p.1125-1130, 2002.

HOFFMANN, G. et al. Monitoring the body temperature of cows and calves using video recordings from an infrared thermography camera. **Veterinary Research Communications**, v.37, n.2, p.91-99, 2013.

HURLEY-SANDER, J. L. et al. Use of thermography and fluorescein angiography in the management of a Chilean flamingo with avascular necrosis of the wing. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v.26. n.4, p.255-257, 2012.

INFERNUSO, T. et al. Thermal imaging of normal and cranial cruciate ligament-deficient stifles in dogs. **Veterinary Surgery**, v.39, n.4, p.410-417, 2010.

KIM, J. H.; PARK, H. M. Unilateral femoral arterial thrombosis in a dog with malignant mammary gland tumor: clinical and thermographic findings, and successful treatment with local intra-arterial administration of streptokinase. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v.74, n.5, p.657-661, 2012.

KULIS, T. et al. Scrotal infrared digital thermography in assessment of varicocele—pilot study to assess diagnostic criteria. **Andrologia**, v.44, suppl. 1, p.780-785, 2012.

KURAOKA, K.; NAKAMURA, K. The use of nasal skin temperature measurements in studying emotion in macaque monkeys. **Physiology & Behavior**, v. 102, n. 3-4, p. 347-355, 2011.

LAHIRI, B. B. et al. Medical application of infrared thermography: A review. **Infrared Physics & Technology**, v.55, n.4, p.221-235, 2012.

LIMA, V. et al. Use of infrared thermography to assess the influence of high environmental temperature on rabbits. **Research in Veterinary Science**, v.95, n.2, p.802-810, 2013.

LOUGHIN, C. A.; MARINO, D. J. Evaluation of thermographic imaging of the limbs of healthy dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v.68, n.10, p.1064-1069, 2007.

MARINO, D. J.; LOUGHIN, C.A. Diagnostic imaging of the canine stifle: a review. **Veterinary Surgery**, v.39, n.3, p.284-295, 2010.

MARSOLAIS, G. S. et al. Kinematic analysis of the hing limb during swimming and walking in healthy dogs and dogs with surgically corrected cranial cruciate ligament rupture. **Journal American Veterinary Medical Association**, v.222, n. 6, p.739-743, 2003.

MARTINS, R. F. S. et al. Mastitis detection in sheep by infrared thermography. **Research in Veterinary Science**, v.94, n.3, p.722-724, 2013.

MCLAUGHLIN, R.; ROUSH, J. K. Effects of increasing velocity on braking and propulsion times during force plate gait analysis in greyhounds. **American Journal of Veterinary Research**, v.56, n.2, p.159-161, 1995.

MCLAUGHLIN, R. M. Kinetic and kinematic gait analysis in dogs. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v.31, n.1, p.193-201, 2001.

MIKAIL, S. Termografia: diagnóstico através da temperatura. **Nosso Clínico**, v.13, n.74, p.20-24, 2010.

MIKULSKA, D. Dermatoscopy and thermal imaging: a comparative investigation of melanocytic nevi of the skin. **Thermology International**, v.18, n.3, p.101-106, 2008.

MOLLOY, J. M. et al. Hypothenar hammer syndrome: case report with clinical and infrared thermographic correlations. **Thermology International**, v.15, n.2, p.63-67, 2005.

MOUNTZ, J. M. et al. Emerging optical and nuclear medicine imaging methods in rheumatoid arthritis. **Rheumatology**, v.8, n.12, p.719-728, 2012.

NAHM, F. S. Infrared Thermography in pain medicine. **The Korean Journal of Pain**, v.26, n.3, p.219-222, 2013.

NICANDRO, C. R. et al. Evaluation of the diagnostic power of thermography in breast cancer using Bayesian networks classifiers. **Computational and Mathematical Methods in Medicine**, v.2013, 2013, artigo ID264246, 10 páginas. Online. Disponível na Internet: doi: 10.1155/2013/264246. Acesso em 23 nov. 2013.

NUNAMAKER, D. M.; BLAUNER, P. D. Normal and abnormal gait. In: NEWTON, C. D; NUNAMAKER, D.M. **Textbook of Small Animal Orthopaedics**. Philadelphia: Lippincott Company, 1985, p.874-884.

OOTERLINCK, M. et al. Accuracy of pressure plate kinetic asymmetry indices and their correlation with visual gait assessment scores in lame and nonlame dogs. **American Journal Veterinary Research**, v.72. n. 6, p.820-825, 2011.

PUROHIT, R. C. et al. Value of clinical thermography in veterinary medicine. **Auburn Veterinarian**, v.33, n.3, p.104-108, 1977.

PUROHIT, R. C.; MCCOY, M. D.; BERGFELD, W. A. Thermographic diagnosis of horner's syndrome in the horse. **American Journal of Veterinary Research**, v.41, n.8, p.1180-1182, 1980.

PUROHIT, R. C. Use of thermography in veterinary medicine. In: LEE, M.H.M; COHEN, J.M. **Rehabilitation Medicine and Thermography**. Morrisville: Impress Publications, 2008, cap 13.

RA, J. Y et al. Skin temperature changes in patients with unilateral lumbosacral radiculopathy. **Annals Rehabilitation Medicine**, v.37, n.3, p.355-363, 2013.

RENKIELSKA, A. et al. Static Thermography revisited – an adjunct method for determining the depth of the burn injury. **Burns**, v.31, n.6, p.768-775, 2005.

RING, E. F. J. The historical development of thermal imaging in medicine. **Rheumatology**, v.43, n.6, p.800-802, 2004.

RO, M. et al. Peripheral temperature drop in response to anticipation and consumption of a signaled palatable reward in laying hens (*Gallus domesticus*). **Physiology & Behavior**, v.106, n.4, p.527-533, 2012.

ROWE, M. F. et al. Heat storage in Asian elephants during submaximal exercise: behavioral regulation of thermoregulatory constraints on activity in endothermic gigantotherms. **The Journal of Experimental Biology**, v.216, (PT10), p.1774-1785, 2013.

RUMPH, P. F. et al. Vertical ground reaction force distribution during experimentally induced acute synovitis in dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v.54, n.3, p.365-369, 1993.

SACHARUK, V. Z. et al. Thermographic evaluation of hind paw skin temperature and functional recovery of locomotion after sciatic nerve crush in rats. **Clinics**, v.66, n.7, p.1259-1266, 2011.

SAM, S. H. The clinical use of temperature measurement in medical practice: a historical perspective. In: LEE, M. H. M; COHEN, J.M. **Rehabilitation Medicine and Thermography**. Morrisville: Impress Publications, 2008, cap.1,11-14.

SANCHES, I. J. **Sobreposição de imagens de termografia e ressonância magnética: uma nova modalidade de imagem médica tridimensional**. 2009. 168f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SCHAEFER, A. L. et al. The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. **Research in Veterinary Science**, v.93, n2, p.928-935, 2012.

STOKES, J. E. et al. An investigation into the use of infrared thermography (IRT) as a rapid diagnostic tool for foot lesions in dairy cattle. **The Veterinary Journal**, v.193, n.3, p.674-678, 2012.

STRÖMBERG, B. The use of thermography in equine orthopedics. **Journal of the American Veterinary Radiology**, v.15, n.1, p.94-97, 1974.

STUBSJØEN, A. M. et al. Exploring non-invasive methods to assess pain in sheep. **Physiology & Behavior**, v.98, n5, p.640-648, 2009.

SU, T. Y. et al, Noncontact detection of dry eye using a custom designed infrared thermal image system. **Journal of Biomedical Optics**, v.16, n.4, 2011. Online. Disponível na Internet: 046009. doi: 10.1117/1.3562964. Acesso em 23 nov. 2013.

SYKES, D. J. et al. The use of digital infrared thermal imaging to detect estrus in gilts. **Theriogenology**, v.78, n.1, p.147-152, 2012.

THE MERCK VETERINARY MANUAL. A handbook of diagnosis, therapy and disease prevention and control for the veterinarian. 7 ed. Merck & CO.,Inc: Rahway, 1991. 1832 p.

TOKURIKI, M. Electromyographic and joint-mechanical studies in quadrupedal locomotion. I walk. **Journal Veterinary Science**, v. 35, n.5, p.433-446, 1973.

TURNER, T. A.; PUROHIT, R.C.; FESSLER, J.F. Thermography: a review in equine medicine. **Compendium on continuing education for the practicing veterinarian**, v.8, n.11, p. 855-861, 1986.

TURNER, T. A. Uses and limitations of thermography. **Pferdeheilkunde**, v.12, n.4, p.684-685, 1996.

TURNER, T. A. Diagnostic thermography. **The Veterinary Clinics of North American. Equine Practice**, v.17, n.1, p.95-113, 2001.

UM, S. W. et al. Thermographic evaluation for the efficacy of acupuncture on induced chronic arthritis in the dog. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v.67, n.12, p.1283-1284, 2005.

VADEN, M. F. et al. Thermography: a technique for subclinical diagnosis of osteoarthritis. **American Journal of Veterinary Research**, v.41, n.8, p.1175-1179, 1980.

VAINIONPÄÄ, M. et al. Thermographic imaging of the superficial temperature in racing greyhounds before and after the race. **The Scientific World Journal**, v. 2012, 2012, artigo ID 182749, 6 páginas. Online. Disponível na Internet: <http://dx.doi.org/10.1100/2012/182749>. Acesso em 23 nov. 2013.

VAINIONPÄÄ, M. et al. Comparison of three thermal Cameras with canine hip area thermographic images. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v.74, n.12, p.1539-1544, 2012a.

VAINIONPÄÄ, M. et al. A comparison of thermographic imaging, physical examination and modified questionnaire as an instrument to assess painful conditions in cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v.15, n.2, p.124-131, 2013.

VAINIONPÄÄ, M. et al. Thermographic imaging of superficial temperature in dogs sedated with medetomidine and butorphanol with and without MK-467 (L-659'066). **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v.40, n.2, p.142-148, 2013a.

VAN HOOGLMOED, L. M.; SNYDER, J. R. Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. **The Veterinary Journal**, v.164, n.2, p.129-141, 2002.

VAN VYNCKT, D. et al. A review of the human and veterinary literature on local anaesthetics and their intra- articular use. **Veterinary and Comparative Orthopedics and Traumatology**, v.23, n.4, p.225-230, 2010.

VOSS, K. et al. Force plate gait analysis at the walk and trot in dogs with low-grade hindlimb lameness. **Veterinary and Comparative Orthopedics and Traumatology**, v.20, n.4, p.299-304, 2007.

WESTERMANN, S, et al. The effect of airflow on thermographically determined temperature of the distal forelimb of the horse. **Equine Veterinary Journal**, v.45, n.5, p.637-641, 2013.

WESTERMANN, S. et al. Effects of infrared camera angle and distance on measurement and reproducibility of thermographically determined temperatures of the distolateral aspects of the forelimbs in horses. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 242, n.3, p.388-395, 2013a.

WINGFIELD, C.; LAW, H. T.; STEAD, A. C. Canine kinematic hindleg gait analysis using a microcomputer. **Journal of Small Animal Practice**, v.34, n.7, p.319-324, 1993.

WITTE P.; SCOTT H. Investigation of lameness in dogs 2. Hindlimb. **In Practice**, v.33, n.2, p.58-66, 2011.

WOJACZYŃSKA-STANEK, K. et al. Thermographic examination for diagnosis of abdominal pain in children. **Thermology International**, v.15, n.2, p.57-62, 2005.

ZALEWSKA, A. WIECEK, B. Dermatological applications of thermal imaging. **Thermology International**, v,15, n.2, p.49-56, 2005.

ZHANG, H. Y.; KIM, Y. S.; CHO, Y. E. Thermatomal changes in cervical disc herniations. **Yonsei Medical Journal**, v.40, n.5, p.401-412, 1999.

APÊNDICES

Apêndice A - Tabela com os valores das temperaturas mínima (Min), máxima (Max), média, média geral e desvio padrão das impressões termográficas das pegadas dos membros pélvicos direito e esquerdo dos cães normais.

Cão	Membro Pélvico Direito			Membro Pélvico Esquerdo		
	Min	Max	Média	Min	Max	Média
1	20,1	24	22,3	20,2	23,8	22,2
2	19	21,4	19,8	19	20,2	19,4
3	21,1	23,1	21,8	20,7	22,2	21,5
4	19,2	21,5	20,7	19	21,7	20,8
5	19,9	22,7	21,2	19,3	22,7	20,9
6	19	21,4	20,1	19	21	20
7	21	22,3	21,5	20,6	22,3	21,3
8	21,4	23,3	22,1	21,3	23,3	22,2
9	21,2	22,4	21,7	21,3	22,3	21,8
10	23,1	27,7	25	22,6	27	24,4
11	21,6	23,7	22,5	21,5	23,4	22,4
12	22	24,7	23,5	22,1	25,7	23,9
13	20,5	22	21,2	20,5	21,9	21,2
14	21,2	23,9	22,2	20,6	22,1	21,4
Média	20,73571	23,15	21,82857	20,55	22,82857	21,67143
DP			1,33095			1,338443

Apêndice B - Tabela com os valores das temperaturas mínima (Min), máxima (Max), média, média geral e desvio padrão das impressões termográficas das pegadas dos membros claudicantes e membros que suportam o peso dos cães claudicantes.

Cão	Membro Claudicante			Membro que suporta o peso		
	Min	Max	Média	Min	Max	Média
1	19,4	21,4	20,4	19,5	22,4	21,1
2	20,8	21,2	20,9	20,9	22,4	21,5
3	19,2	19,4	19,2	19,2	21,9	20,1
4	21	21	21	20,9	23,5	21,8
5	21,4	23,2	22,2	21,4	23,5	22,3
6	21,3	22	21,6	21,5	22,3	21,8
7	20,9	21,5	21,1	21,3	23,7	22,3
8	20,2	21	20,5	20,3	21,1	20,6
9	19,6	21,1	20,5	19,9	21,7	20,7
10	22,9	24,9	23,6	22,9	28,1	24,1
11	19	19,7	19,3	19	21,8	20,4
12	21,5	24,5	23,3	22,1	25,6	23,9
13	20,4	21,3	21	20,5	22,8	21,4
14	19,8	21,7	20,6	19,7	22	20,6
Média	20,52857	21,70714	21,08571	20,65	23,05714	21,61429
DP			1,268468			1,221511

Apêndice C - Média, desvio padrão do Pico de Força Vertical, porcentagem de diferença do PFV e índice de assimetria (IAS) dos membros pélvicos de cães normais.

Cão	Membro direito PFV (100* N/N)	Membro esquerdo PFV (100* N/N)	% de Diferença do PFV	IAS (%)
1	17,53	18,86	3,655	0,018
2	17,95	19,38	3,831	0,019
3	17,9	22,75	11,931	0,060
4	22,52	20,52	4,647	0,023
5	15,86	24,09	20,601	0,103
6	17,28	21,23	10,257	0,051
7	15,65	20,77	14,058	0,070
8	10,12	23,51	39,816	0,199
9	17,98	21,38	8,638	0,043
10	18,16	17,82	0,945	0,005
11	21,24	21,7	1,071	0,005
12	21,52	19,78	4,213	0,021
13	19,41	17,18	6,095	0,030
14	19,61	24,31	10,701	0,054
Média	18,05214286	20,94857143	10,033	0,050071428
DP	2,937866521	2,141387591		

Apêndice D - Média, desvio padrão do Pico de Força Vertical, porcentagem de diferença do PFV e índice de assimetria (IAS) dos membros pélvicos de cães claudicantes.

Cão	Membro claudicante PFV (100* N/N)	Membro que suporta o peso PFV (100* N/N)	% de Diferença do PFV	IAS (%)
1	0	29,58	100	0,5
2	0	32,2	100	0,5
3	0	27,94	100	0,5
4	0	31,88	89,3316983	0,44665849
5	8,44	38,53	64,0621673	0,32031084
6	0	28,79	100	0,5
7	1,51	32,49	100	0,5
8	0	36,9	41,7664975	0,20883249
9	1,74	30,88	55,2476415	0,27623821
10	15,42	22,69	19,0763579	0,09538179
11	14,34	34,91	91,1176471	0,45558824
12	16,37	20,36	100	0,5
13	7,59	26,33	10,8630547	0,05431527
14	10,78	26,69	42,4606352	0,212303108
Média	5,442142857	30,01214286	72,4232643	0,362116317
DP	6,487323946	5,087697346		

Apêndice E - Resultado detalhado da análise do padrão térmico das imagens termográficas das pegadas de cães normais e anormais.

Sumário executivo

Visão global

Pesquisa e desenvolvimento foram realizados para investigar a eficácia de extração de características e classificação de padrões com imagens termográficas para o projeto de análise da marcha. Imagens termográficas das regiões das patas dos caninos foram analisadas para determinar a sua aptidão para identificar esta doença, e para verificar a validade do método anterior de classificação. As experiências foram realizadas com 28 cães, 14 normais e 14 anormais. O relatório anterior [1] continha os resultados de todas as partes do corpo. Aqui nós quisemos verificar a maneira em que foram definidas as classes para as imagens da pata em relação às classes normais e anormais nas experiências anteriores. **Estes resultados indicam a validade do uso dessas classes. Especificamente, de que o "normal", ou o membro que suporta o peso, e o anormal, ou o membro claudicante, no grupo de cães anormais são separáveis no espaço de características, ou seja, eles são encontrados em classes diferentes. Também que o membro direito e esquerdo no grupo de cães normais estão na mesma classe.**

Materiais e Métodos

Dez conjuntos de experimentos foram realizados com as imagens da pegada. O lado esquerdo e direito não estavam separados. Quatro métodos de normalização de cores [3] foram usados junto com as imagens originais RGB. Três normalização de dados [3] foram utilizados nos dados de recursos, soft- max , a densidade padrão normal, bem como os dados de recurso matéria-originais. Os experimentos foram realizados com o CVIP-FEPC, com cada conjunto com 2047 permutações e usando vizinho mais próximo (NN) e *Train/Test Set* como os métodos de classificação; histograma, espectrais e características de textura, com uma distância de pixel de seis. O método de teste utilizado foi o método leave-one -out.

Melhor resultado visão global:

- O melhor resultado dos experimentos com o grupo Pegada anormal é 88,00 %.
- O melhor resultado dos experimentos com o grupo da pegada normal é 100,00%.

Estas taxas de classificação de sucesso indicam que a claudicação pode ser classificada com as imagens termográficas, que as classes usadas para imagens em experimentos anteriores é válida, que o membro que suporta o peso é diferente do membro claudicante nos cães anormais, e que tanto membro direito e membro esquerdo nos cães normais estão na mesma classe.

Resultados Experimentais**IMAGEM VISUALIZADA**

- Imagem da pata de cão.

MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO E MÉTRICA DE DISTÂNCIA

- Vizinho mais próximo, métrica de distância: Euclidiana.

CARACTERÍSTICAS

- Características histogramas: média, desvio padrão, inclinação, energia e entropia.
- Características de textura: energia, inércia, correlação, diferença inversa e entropia. A distância de pixel foi 6.
- Características espectrais usadas foram com aneis =3 e setores= =3

MÉTODOS DE NORMALIZAÇÃO DE DADOS

- Soft-max com $r = 1$
- Densidade padrão normal
- Nenhum

MÉTODOS

- Leave one out
- Training e Test set

PANORAMA

- 10 conjuntos de experimentos foram realizados

GRUPO DE IMAGENS DA PEGADA

Grupo de pegada anormal:

Método de classificação foi leave-one-out

- **Classe normal foi o membro que sustenta o peso de cão anormal.**
- **Classe anormal foi o membro claudicante de cão anormal**

Para o primeiro experimento (imagem da pegada, Original para a normalização de cor), 25 imagens incluem 14 normal e 11 de anormal.

Para o segundo experimento (imagem da pegada, Lum para a normalização de cor), 25 imagens incluem 14 normal e 11 de anormal.

Para o terceiro experimento (imagem da pegada, NormGrey para a normalização de cor), 25 imagens incluem 14 normal e 11 de anormal .

Para o quarto experimento (imagem da pegada, NormRGB para a normalização de cor), 25 imagens incluem 14 normal e 11 anormais.

Para o quinto experimento (imagem da pegada, NormRGB-lum para a normalização de cor), 25 imagens incluem 14 normal e 11 de anormal .

Grupo de pegada normal

Método de classificação foi Train/ Test set

Training set:

- **Classe normal foi o membro direito de cão normal.**
- **Classe anormal foi o membro que suporta o peso de cão anormal.**

Test set:

- **Classe normal foi o membro esquerdo de cão normal.**

Para o sexto experimento (imagem da pegada, Original para a normalização de cor), 39 imagens, dos quais 14 para o Test set (14 normal) e 25 para o Training set (11 anormal e 14 normal).

Para o sétimo experimento (imagem da pegada, Lum para a normalização de cor), 39 imagens, dos quais 14 para o Test set (14 normal) e 25 para o Training set (11 anormal e 14 normal).

Para o oitavo experimento (imagem da pegada, NormGrey para a normalização de cor), 39 imagens, dos quais 14 para o Test set (14 normal) e 25 para o Training set (11 anormal e 14 normal).

Para o nono experimento (imagem da pegada, NormRGB para a normalização de cor), 39 imagens, dos quais 14 para o Test set (14 normal) e 25 para o Training set (11 anormal e 14 normal).

Para o décimo experimento (imagem da pegada, NormRGB - lum para a normalização de cor), 39 imagens, dos quais 14 para o Test set (14 normal) e 25 para o Training set (11 anormal e 14 normal).

VISÃO DOS RESULTADOS

Grupo de imagem das pegadas:

Grupo de pegada anormal:

- O melhor resultado do experimento com o grupo original da pegada anormal para a normalização da cor utilizada foi 88,00 %.
- O melhor resultado do experimento com o grupo lum da pegada anormal para a normalização da cor utilizada foi 84,00 %.
- O melhor resultado do experimento com o grupo normGrey da pegada anormal para a normalização da cor utilizada foi 80,00 %.
- O melhor resultado do experimento com o grupo normRGB da pegada anormal para a normalização da cor utilizada foi 76,00 %.
- O melhor resultado do experimento com o grupo normRGB-lum da pegada anormal para a normalização da cor utilizada foi 80,00 %.

Conclusão: Normal (membro que suporta o peso) e anormal (membro claudicante) no grupo anormal são diferentes.

Grupo de pegada normal:

- O melhor resultado do experimento com o grupo original da pegada normal para a normalização da cor utilizada foi 100,00%.
- O melhor resultado do experimento com o grupo lum da pegada normal para a normalização da cor utilizada foi 100,00%.
- O melhor resultado do experimento com o grupo normGrey da pegada normal para a normalização da cor utilizada foi 100,00%.
- O melhor resultado do experimento com o grupo normRGB da pegada normal para a normalização da cor utilizada foi 100,00%.
- O melhor resultado do experimento com o grupo normRGB-lum da pegada normal para a normalização da cor utilizada foi 100,00%.

Conclusão: O membro direito e membro esquerdo no grupo normal são os mesmos.

RESULTADOS DA PEGADA:

Resultados do experimento Set # 1. (Pegada)

Normalização da cor: Original para a normalização da cor

Imagens: Imagem da pegada de cão

Classes: normal e anormal (cães claudicantes)

Função da Textura: textura 2, Característica espectral foram usados

K-Nearest Neighbor: vizinho mais próximo

Características (textura pixel dist=6)	Método de normalização	Parte do corpo	Número de imagens por classe	Sucesso de Classificaçã o
Espectral Textura Inércia (Experimento 640)	Padrão de densidade normal	Pegada	14 Normal e 11Anormal	88.00%
Espectral Textura Inércia	Soft-max, $r = 1$	Pegada	14 Normal e 11Anormal	84.00%
Espectral textura inércia Histograma StdDev	Padrão de densidade normal	Pegada	14 Normal e 11Anormal	84.00%

Maior taxa de sucesso: Experimento 640 (Padrão de Densidade Normal)

Sensibilidade: 90,91%

Especificidade: 85,71%

Resultados do experimento Set # 2. (Pegada)

Normalização da cor: Lum para a normalização da cor

Imagens: Imagem da pegada de cão

Classes: normal e anormal (cães claudicantes)

Função da Textura: textura 2, Característica espectral foram usados

K-Nearest Neighbor: vizinho mais próximo

Características (textura pixel dist=6)	Método de normalização	Parte do corpo	Número de imagens por classe	Sucesso de Classificaçã o
Textura Inércia Histograma entropia (Experimento 261)	Soft-max, r = l	Pegada	14 Normal e 11Anormal	84.00%
Textura Inércia Histograma de inclinação Histograma entropia	Soft-max, r = l	Pegada	14 Normal e 11Anormal	84.00%
Textura Inércia Textura Correlação Textura Entropia	Soft-max, r = l	Pegada	14 Normal e 11Anormal	84.00%

Maior taxa de sucesso: Experimento 261 (Soft-max, r = l)

Sensibilidade: 81,82%

Especificidade: 85,71%

Resultados do experimento Set # 3. (Pegada)

Normalização da cor: NormGrey para a normalização da cor

Imagens: Imagem da pegada de cão

Classes: normal e anormal (cães claudicantes)

Função da Textura: textura 2, Característica espectral foram usados

K-Nearest Neighbor: vizinho mais próximo

Características (textura pixel dist=6)	Método de normalização	Parte do corpo	Número de imagens por classe	Sucesso de Classificaçã o
ESpectral Textura InvDiff Histograma média (Experimento 1104)	Soft-max, $r = l$	Pegada	14 Normal e 11Anormal	80.00%
Textura Energia Textura Correlação Textura Entropia Histograma desvio padrão Histograma de inclinação Histograma Entropia	Padrão de densidade normal	Pegada	14 Normal e 11Anormal	80.00%
Textura Energia Textura Inércia Textura Correlação Textura Entropia Histograma desvio padrão Histograma de inclinação Histograma Entropia	Padrão de densidade normal	Pegada	14 Normal e 11Anormal	80.00%

Maior taxa de sucesso: Experimento 1104 (Soft-max, $r = l$)

Sensibilidade: 81,82%

Especificidade: 78,57%

Resultados do experimento Set # 4. (Pegada)

Normalização da cor: NormRGB para a normalização da cor

Imagens: Imagem da pegada de cão

Classes: normal e anormal (cães claudicantes)

Função da Textura: textura 2, Característica espectral foram usados

K-Nearest Neighbor: vizinho mais próximo

Características (textura pixel dist=6)	Método de normalização	Parte do corpo	Número de imagens por classe	Sucesso de Classificaçã o
Textura Correlação Textura InvDiff (Experimento 192)	Padrão de densidade normal	Pegada	14 Normal e 11Anormal	76.00%
Espectral	Soft-max, $r = 1$	Pegada	14 Normal e 11Anormal	72.00%
Textura Inércia Textura InvDiff Textura Entropia Histograma Média	Padrão de densidade normal	Pegada	14 Normal e 11Anormal	72.00%

Maior taxa de sucesso: Experimento 192 (Padrão de densidade normal)

Sensibilidade: 81,82%

Especificidade: 71,43%

Resultados do experimento Set # 5. (Pegada)

Normalização da cor: NormRGB-lum para a normalização da cor

Imagens: Imagem da pegada de cão

Classes: normal e anormal (cães claudicantes)

Função da Textura: textura 2, Característica espectral foram usados

K-Nearest Neighbor: vizinho mais próximo

Características (textura pixel dist=6	Método de normalização	Parte do corpo	Número de imagens por classe	Sucesso de Classificaçã o
Textura Correlação Textura InvDiff Histograma Média Histograma desvio padrão Histograma Entropia (Experimento 217)	Soft-max, $r = l$	Pegada	14 Normal e 11Anormal	80.00%
Textura Energia Textura Correlação Histograma Entropia	Padrão de densidade normal	Pegada	14 Normal e 11Anormal	76.00%
Textura Energia Textura Correlação Textura InvDiff Histograma Energia Histograma Entropia	Padrão de densidade normal	Pegada	14 Normal e 11Anormal	76.00%

Maior taxa de sucesso: Experimento 217 (Soft-max, $r = l$)

Sensibilidade: 81,82%

Especificidade: 78,57%

Resultados do experimento Set # 6. (Pegada)

Normalização da cor: Original para a normalização da cor

Imagens: Imagem da pegada de cão

Classes: normal e anormal (cães saudáveis)

Função da Textura: textura 2, Característica espectral foram usados

K-Nearest Neighbor: vizinho mais próximo

Características (textura pixel dist=6	Método de normalização	Parte do corpo	Número de imagens por classe	Sucesso de Classificaçã o
Textura Entropia Histograma Entropia (Experimento 17)	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%
Textura Entropia Histograma Entropia Histograma Energia	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%
Textura InvDiff Textura Entropia Histograma Entropia	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%

Maior taxa de sucesso: Experimento 17 (Nenhum)

Especificidade: 100,00%

Resultados do experimento Set # 7. (Pegada)

Normalização da cor: Lum para a normalização da cor

Imagens: Imagem da pegada de cão

Classes: normal e anormal (cães saudáveis)

Função da Textura: textura 2, Característica espectral foram usados

K-Nearest Neighbor: vizinho mais próximo

Características (textura pixel dist=6	Método de normalização	Parte do corpo	Número de imagens por classe	Sucesso de Classificaçã o
Textura Energia Histograma Entropia (Experimento 513)	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%
Textura Energia Histograma Energia Histograma Entropia	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%
Textura Energia Textura InvDiff Histograma Entropia	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%

Maior taxa de sucesso: Experimento 513 (Nenhum)

Especificidade: 100,00%

Resultados do experimento Set # 8. (Pegada)

Normalização da cor: NormGrey para a normalização da cor

Imagens: Imagem da pegada de cão

Classes: normal e anormal (cães saudáveis)

Função da Textura: textura 2, Característica espectral foram usados

K-Nearest Neighbor: vizinho mais próximo

Características (textura pixel dist=6	Método de normalização	Parte do corpo	Número de imagens por classe	Sucesso de Classificaçã o
Textura InvDiff Histograma Entropia (Experimento 65)	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%
Textura InvDiff Histograma Energia Histograma Entropia	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%
Textura Energia Histograma Entropia	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%

Maior taxa de sucesso: Experimento 65 (Nenhum)

Especificidade: 100,00%

Resultados do experimento Set # 9. (Pegada)

Normalização da cor: NormRGB para a normalização da cor

Imagens: Imagem da pegada de cão

Classes: normal e anormal (cães saudáveis)

Função da Textura: textura 2, Característica espectral foram usados

K-Nearest Neighbor: vizinho mais próximo

Características (textura pixel dist=6	Método de normalização	Parte do corpo	Número de imagens por classe	Sucesso de Classificaçã o
Textura Entropia Histograma de inclinação (Experimento 36)	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%
Textura Entropia Histograma de inclinação Histograma Entropia	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%
Textura Entropia Histograma de inclinação Histograma Entropia	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%

Maior taxa de sucesso: Experimento 36 (Nenhum)

Especificidade: 100,00%

Resultados do experimento Set # 10. (Pegada)

Normalização da cor: NormRGB-lum para a normalização da cor

Imagens: Imagem da pegada de cão

Classes: normal e anormal (cães saudáveis)

Função da Textura: textura 2, Característica espectral foram usados

K-Nearest Neighbor: vizinho mais próximo

Características (textura pixel dist=6	Método de normalização	Parte do corpo	Número de imagens por classe	Sucesso de Classificaçã o
Textura InvDiff Histograma de inclinação(Experi mento 68)	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%
Textura Correlação Histograma desvio padrão Histograma Entropia	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%
Textura Inércia Textura InvDiff Textura Entropia Histograma Média	Nenhum	Pegada	14 Normal e 11Anormal	100.00%

Maior taxa de sucesso: Experimento 68 (Nenhum)

Especificidade: 100,00%

Referências

Afroz, J Phelps, SE Umbaugh, DJ Marino, CA Loughin, “Automatic Mask Creation and Feature Analysis for Detection of IVDD in Canines”, J Proceedings of 5th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology , Nov 30-Dec 2, 2010, Seoul, Korea.

Computer Imaging: Digital Image Analysis and Processing, Scott E Umbaugh, The CRC Press, Boca Raton, FL, January 2005.

Infernuso T, Loughin, CA, Marino, DJ, Umbaugh, SE, Solt, PS “Thermal Imaging of Normal and Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifles in Dogs”, , Veterinary Surgery 2010, Vol. 39, pp. 410-417

Marino, D.J., Loughin, C.A., Dewey, C. W., Marino, L. J., Sackman, J., Lesser, M. L., Akerman, M., “Morphometric Features of the Craniocervical Junction region in Dogs with Suspected Chiari-Like Malformation Based on Combined MR and CT”, Imaging: 274 Cases (2007-2010), Long Island Veterinary Specialists, Long Island, NY.

Pattern Recognition Engineering, Morton Adler and Eric Smith, John-Wiley & Sons, NY, 1993

Pattern Classification, 2nd Edition, Richard Duda, Peter Hart, David Stork, John-Wiley & Sons, NY, 2001

Pattern Recognition, Sergios Theodoris and Konstantinos Koutroumbas, Academic Press, NY, 2006

Veterinary Thermographic Image Analysis: Gait Analysis Project, Nearest Neighbor Classification, Project Number 7-64878, Report Number 4878-23, SIUE, August 22, 2013

Veterinary Thermographic Image Analysis: Gait Analysis Project, Project Number 7-64878, Report Number 4878-22, SIUE, July 29, 2013

Veterinary Thermographic Image Analysis: Data and Temperature Normalization, Project Number 7-64878, Report Number 4878-3, SIUE, January 2008

(a partir de relatório anterior, número do relatório 4878-23)

Apêndice: Três classes de experimentos para Imagens da pegada

Três classes foram designadas para estas experiências, em que os cães anormais foram separados em duas classes, uma para o lado doente e uma para o lado normal:

1. anormal bom (membro que suporta o peso) (14 imagens).
2. anormal doente (membro claudicante) (11 imagens).
3. Normal (28 imagens: 14 cães normais com partes direita e esquerda).

Resultados:

As três classes:

- @ 1. Anormal bom
- @ 2. Anormal doente
- @ 3. Normal

Nota: Nas tabelas a seguir o eixo vertical é a classe correta e o eixo horizontal representa a classe encontrada pelo classificador. Estes resultados incluem os vários métodos de normalização de cor.

	@1	@2	@3	% Correto (79.25%) Original
#1	10	2	2	71.43%
#2	1	6	4	54.55%
#3	1	1	26	92.86%

	@1	@2	@3	% Correto (73.58%) Lum
#1	8	2	4	57.14%
#2	1	7	3	63.64%
#3	2	2	24	85.71%

	@1	@2	@3	% Correto (77.36%) NormGrey
#1	6	0	8	42.86%
#2	2	9	0	81.82%
#3	1	1	26	92.86%

	@1	@2	@3	% Correto (75.47%) NormRGB
#1	6	4	4	42.86%
#2	1	9	1	81.82%
#3	2	1	25	89.29%

	@1	@2	@3	% Correto (73.58%) NormRGB-lum
#1	7	0	7	50.00%
#2	2	6	3	54.55%
#3	1	1	26	92.86%

Discussão e Análise

Em geral, a classe normal tem uma taxa de boa classificação, a partir de 86% a 93%. No entanto, a taxa para a classe anormal bom tende a ser em torno de 50%, e é digno de nota que eles são muitas vezes erroneamente classificada como normal, o que é o esperado. Isso ajuda a justificar a classificação utilizada em todas as duas classes de experimentos reportados neste e no relatório anterior. Nas duas classes de experimentos de classe normal, incluiu-se o anormal bom juntamente com o normal.