

Diferentes métodos de processamento de imagens termográficas para avaliação da temperatura do carpo em bezerros saudáveis

Different methods of processing thermographic images to evaluate the carpal temperature of healthy calves

Pedro Augusto Cordeiro Borges^{1*}, Danilo Conrado Silva², Nivan Antônio Alves da Silva³, Valesca Henrique Lima⁴, Paulo José Bastos Queiroz⁴, Naida Cristina Borges¹, Luiz Antônio Franco da Silva⁴

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IFGoiano), Urutaí, Goiás, Brasil

²Universidade Estadual de Goiás (UEG), São Luis dos Montes Belos, Goiás, Brasil

³Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Clínica de Bovinos de Garanhuns, Pernambuco, Brasil

⁴Universidade Federal de Goiás (UFG), Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Goiânia, Goiás, Brasil

*Correspondente: pedro.borges@ifgoiano.edu.br

Resumo

Este estudo objetivou comparar três métodos de processamento de imagens termográficas na avaliação da temperatura do carpo de bezerros saudáveis. Adicionalmente, buscou-se avaliar a simetria térmica entre os carpos contralaterais desses bezerros. Foram obtidas imagens termográficas de ambos os carpos de oito bezerros, hígidos, com idade entre 20 e 45 dias e peso médio de $38,65 \pm 2,27$ kg. As imagens foram analisadas por meio do *software* GRAYESS® IRT Analyzer 7, que possibilitou a obtenção da temperatura total (T_{tot}), temperatura da região de interesse (Troí) e temperatura máxima média (T_{max}). Não houve diferença entre as temperaturas obtidas pelos métodos T_{tot} e Troí. O T_{max} mostrou temperaturas mais elevadas ($p < 0,01$) em comparação aos demais métodos. Os três métodos de processamento de imagens apresentaram correlações elevadas e significativas para a temperatura dos carpos direito e esquerdo de bezerros saudáveis, entretanto, o T_{max} apresentou maior coeficiente de correlação ($r = 0,99$), o que sugere maior sensibilidade para identificação de variações térmicas entre os carpos contralaterais. O intervalo de confiança de 99% para a diferença de temperaturas entre os carpos direito e esquerdo (Δr) foi de 0,03 a 0,26°C, o que indica que a variação de temperatura dentro desse intervalo não remete a alteração patológica.

Palavras-chave: articulação; bovino; simetria térmica; termografia

Abstract

The aim of this study was to compare three methods of processing thermographic images for the evaluation of carpal temperature in healthy calves. Additionally, we sought to evaluate the thermal symmetry between the contralateral carpi of these calves. Thermographic images were obtained from both carpi of eight healthy calves aged between 20 and 45 days with a mean weight of 38.65 ± 2.27 kg. Using GRAYESS® IRT Analyzer 7 software, the total temperature (T_{tot}), region-of-interest temperature (T_{roi}), and maximum mean temperature (T_{max}) were determined. There was no difference between the temperatures obtained by the T_{tot} and T_{roi} methods. T_{max} showed higher temperatures ($p < 0.01$) than the other methods. The three image processing methods showed high and significant positive correlations for the temperature of the right and left carpi of healthy calves. T_{max} presented a higher correlation coefficient ($r = 0.99$) than the two other methods, which suggests a greater sensitivity for identifying thermal variations among the contralateral carpi. The 99% confidence interval for the difference between the temperatures of the right and left carpi (Δr) was between 0.03 and 0.26°C; thus, a temperature variation within that range does not refer to pathologic processes.

Key words: cattle; joint; thermal symmetry; thermography

Recebido: 19 de outubro de 2021. Aceito: 20 de Janeiro de 2022. Publicado: 6 de abril de 2022.
www.revistas.ufg.br/vet como citar - disponível no site, na página do artigo.

Introdução

A artrite séptica compreende causa comum de claudicação em bezerros e quando não tratada precocemente, compromete o bem-estar animal e ocasiona perdas econômicas significativas. Diante disso, técnicas para o diagnóstico precoce são fundamentais para a completa recuperação do animal⁽¹⁾. A Termografia Infravermelha (TRI) é uma técnica de exame que possibilita a detecção precoce, rápida e não invasiva do

aumento da temperatura ocasionado por processos inflamatórios². Na prática buiátrica, a TRI tem sido utilizada no diagnóstico de mastite³, doenças do casco⁴, pneumonia⁵ e onfalite⁶. Embora a TRI tenha amplo campo de aplicação, várias recomendações técnicas precisam ser seguidas no exame, a fim de minimizar variações da temperatura ambiental e evitar que outros fatores externos prejudiquem a interpretação dos resultados^(2,7,8).

Uma das dificuldades para a utilização da TRI é a obtenção de uma temperatura média representativa da área avaliada, pois uma imagem termográfica pode conter mais de 1280 x 1024 pixels, cada um desses com um valor de temperatura⁽⁹⁾. Programas computacionais possibilitam a utilização de diferentes técnicas para a escolha da região anatômica de interesse, o que pode gerar médias de temperaturas diferentes entre as técnicas. Portanto, a escolha do método adequado para a obtenção da temperatura média da região avaliada é fundamental para a acurácia do exame^{2,10,11}. Algumas técnicas de processamento de imagens termográficas foram avaliadas na obtenção da temperatura da pele humana^(9,10). No entanto, não foram encontrados estudos que compararam essas técnicas na avaliação da temperatura de bovinos. Além disso, não há pesquisas sobre a simetria térmica dos membros de bovinos saudáveis. Esse parâmetro pode ser caracterizado como a diferença de temperatura entre duas regiões contralaterais do corpo, que são idênticas em forma, tamanho e posição. Diferenças significativas na simetria térmica bilateral podem indicar processos patológicos como inflamação e anormalidades vasculares⁽¹¹⁾.

O objetivo deste estudo foi comparar três métodos de processamento de imagens termográficas na avaliação da temperatura do carpo de bezerros saudáveis. Adicionalmente, buscou-se avaliar a simetria térmica entre os carpos contralaterais desses bezerros.

Material e Métodos

Animais

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Goiás (UFG), número 015/18. Para o estudo foram utilizados oito bezerros da raça holandesa, machos, hípidos, sem claudicação, com idade entre 20 e 45 dias e peso médio de $38,65 \pm 2,27$ Kg, mantidos na Fazenda Experimental de Produção de Leite da UFG, localizada no município de Goiânia, Goiás, Brasil. Os animais foram mantidos em bezerreiros individuais e alimentados com 2 L de leite, duas vezes ao dia, e concentrado. Água foi fornecida *ad libitum*. A higidez dos bezerros foi avaliada previamente ao exame termográfico por meio de exame clínico geral e específico do sistema locomotor⁽¹²⁾.

Exame termográfico

Vinte e quatro horas previamente aos exames termográficos, realizou-se tricotomia dos carpos dos bezerros com máquina de tosa Oster Agc® e lâmina nº 40. Para a realização das termografias foi utilizada uma câmera termográfica modelo Termovisor FLIR® T440 (Flir® Systems Inc., Wilsonville, Oregon, EUA), com resolução espacial de 320 x 240 pixels e sensibilidade para detectar diferenças térmicas de 0,04 °C, configurada

com os seguintes parâmetros: emissividade de 0,98 ($\epsilon=0.98$), temperatura ambiente de 27 °C, umidade relativa do ar de 59%, distância de aquisição das imagens entre 0,5 e 1 m e paleta de cores na opção arco-íris. A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar foram obtidas por meio de um termo-higrômetro digital Incoterm® TH50 (Incoterm®, Porto Alegre, RS, Brasil). Além desses parâmetros, a temperatura refletida foi determinada e ajustada em cada imagem obtida, utilizando-se papel alumínio, conforme descrito por Usamentiaga *et al* (2014)¹³. Os animais foram levados dos bezerreiros para um local sem a incidência direta de raios solares e vento e, em seguida, a região dos carpos foi limpa com pano seco e macio. Na sequência, os bezerros foram mantidos em estação por 30 minutos antes da realização do exame, a fim de evitar alterações de temperatura associadas a eventual presença de umidade e ao manuseio durante a limpeza da região cárpica. Foram obtidas imagens termográficas individualizadas do aspecto cranial de cada carpo, a uma distância de 60 cm da câmera, que foi posicionada ao ângulo de 90° em relação ao carpo. As termografias foram realizadas sequencialmente em curto intervalo de tempo, durante a manhã (08h00min às 09h00min), evitando influências associadas a variações bruscas de temperatura e estágios do ciclo circadiano.

Processamento das imagens termográficas

As imagens termográficas foram analisadas por meio do software GRAYESS® IRT Analyzer 7 (Grayess® Inc., Bradenton, Florida, EUA), utilizando os métodos temperatura total (Ttot), temperatura da região de interesse (Troí) e temperatura máxima média (Tmax), conforme proposto por Ludwig *et al* (2014)¹⁰. A demarcação das áreas a serem incluídas em cada imagem termográfica baseou-se na anatomia da região, dispensando a utilização de marcadores. Para o método Ttot, a figura de um retângulo foi posicionada em uma área maior do que a região do carpo, estendendo-se da epífise distal do rádio até a epífise proximal do metacarpo (Figura 1A). Foi gerado um histograma contendo as temperaturas identificadas no interior do retângulo, as quais representadas por uma escala colorimétrica, na qual a cor azul representava temperaturas mais baixas e a vermelha representava temperaturas mais altas. Em seguida, selecionaram-se no histograma as temperaturas correspondentes às observadas no carpo (região de interesse [ROI]) (Figura 1A), de acordo com a escala colorimétrica (Figura 1B). As cores que não representavam a temperatura do carpo (azul e verde) foram excluídas para o cálculo de Ttot (Figura 1B). A Ttot foi determinada por meio da média aritmética das temperaturas selecionadas no histograma.

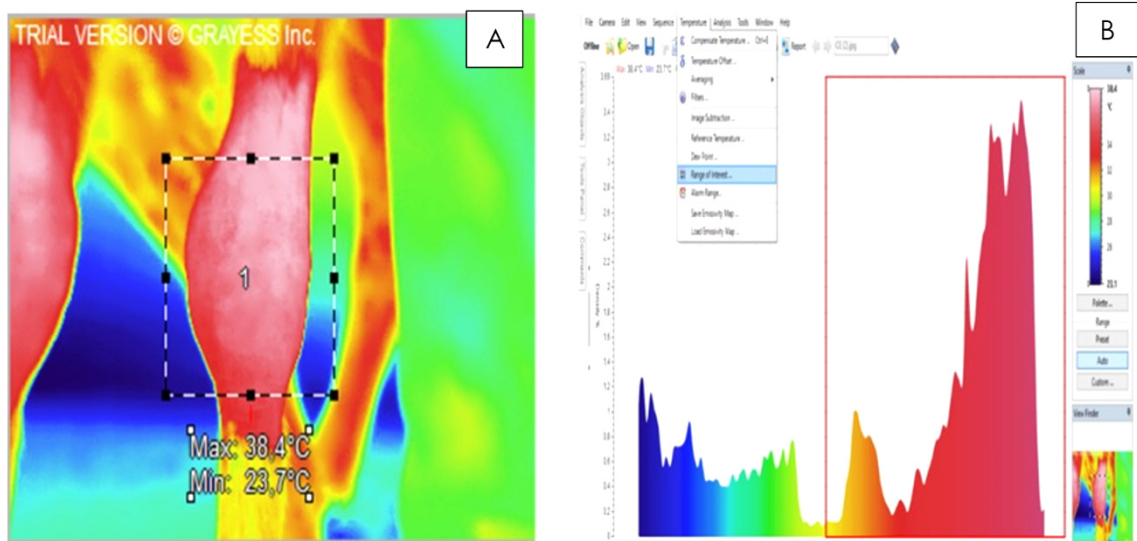


Figura 1. (A) Imagem termográfica processada pelo método temperatura total (Ttot). A figura de um retângulo foi posicionada em uma área maior do que o carpo (região de interesse [ROI]), estendendo-se da epífise distal do rádio até a epífise proximal do metacarpo. (B) Histograma das temperaturas identificadas na Figura 1A. As temperaturas selecionadas no retângulo vermelho correspondem às observadas no carpo.

Para o método Tmax, um retângulo foi posicionado em uma área mais ampla do que o carpo (ROI), conforme descrito para o método Ttot. Dentro desse retângulo, programou-se o *software* para detectar as cinco temperaturas mais quentes, a uma distância mínima de cinco pixels entre essas. A temperatura representativa do carpo foi calculada pela média da área de 5 x 5 pixels em torno dos pixels mais quentes identificados pelo *software*

(Figura 2A). No método Troi, uma figura elíptica foi aplicada e ajustada à região do carpo (ROI), com limite da margem superior na região distal do rádio, limite da margem inferior na região proximal do metacarpo e limites lateral e medial respeitando, respectivamente, as bordas lateral e medial do carpo (Figura 2B). A temperatura final de Troi foi determinada como a média aritmética das temperaturas verificadas dentro da figura elíptica.

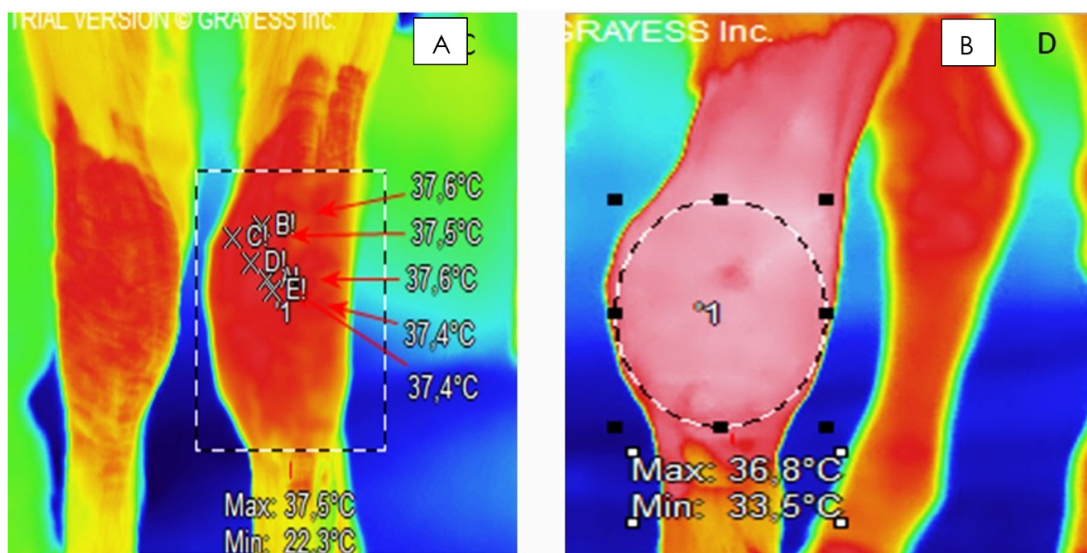


Figura 2. (A) Imagem termográfica processada pelo método Tmax demonstrando a seleção dos cinco pontos mais quentes obtidos por meio do *software* de análise de imagens termográficas (B) Imagem termográfica processada pelo método Troi, demonstrando o uso de uma figura elíptica para delimitar o carpo como a região de interesse (ROI).

Análise estatística

Os dados foram tabulados e testados quanto à homocedasticidade e normalidade por meio do software SAS 8.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC), utilizando, respectivamente, os testes de Levene e Shapiro-Wilk. O efeito do método de processamento das imagens termográficas sobre a temperatura dos carpos e a diferença de temperatura entre os carpos direito e esquerdo ($\Delta d-e$) foram avaliados por análise de variância em um modelo linear geral Proc GLM (SAS Institute, Inc.), seguido do teste de Tukey. As diferenças entre médias foram consideradas significativas quando $p < 0,01$. Também foram obtidos os coeficientes de correlação de Pearson (r) para as temperaturas dos carpos direito e esquerdo nos três métodos de processamento, os quais considerados significativos quando $p < 0,01$. Para a

classificação do grau de correlação utilizaram-se os seguintes parâmetros: baixo quando $0 < r < 0,4$; moderado quando $0,4 < r < 0,7$ e elevado quando $0,7 < r < 1,0$. Com base na média e desvio padrão da $\Delta d-e$, calculou-se o intervalo de confiança ao nível de 99% para a simetria térmica entre os carpos contralaterais.

Resultados e discussão

Não houve diferença entre as temperaturas obtidas pelos métodos Troi e Ttot, entretanto, o método Tmax resultou em temperaturas significativamente maiores ($p < 0,01$) em comparação aos demais métodos (Tabela 1 e Figura 3). Não houve diferença entre as temperaturas dos carpos direito e esquerdo dentro de cada método avaliado (Ttot, $p = 0,31$; Troi, $p = 0,58$; Tmax, $p = 0,45$) (Tabela 1).

Tabela 1. Temperatura média do carpo, simetria térmica entre os carpos direito e esquerdo ($\Delta d-e$) e coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as temperaturas dos carpos direito e esquerdo de bezerras saudáveis de acordo com o método de processamento de imagem termográfica

Método	Temperatura do carpo (°C)		Simetria térmica ($\Delta d-e$)	Coeficiente de correlação de Pearson (r)
	Direito	Esquerdo		
Tmax	37,180 ± 0,711 ^{Ba}	37,315 ± 0,677 ^{Ba}	0,1350 ± 0,115 ^A	0,99*
Troi	35,875 ± 0,604 ^{Aa}	36,037 ± 0,545 ^{Aa}	0,1625 ± 0,283 ^A	0,88*
Ttot	35,340 ± 0,580 ^{Aa}	35,475 ± 0,550 ^{Aa}	0,1375 ± 0,256 ^A	0,90*

Troi: temperatura da região de interesse; Ttot: temperatura total; Tmax: média das temperaturas máximas

$\Delta d-e$: diferença de temperatura entre os carpos direito e esquerdo

^{A, B} Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística ($p < 0,01$) ao teste de Tukey.

^{a, b} Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística ($p < 0,01$) ao teste de Tukey.

* Coeficiente de correlação de Pearson (r) significativo ($p < 0,01$) e elevado ($0,7 < r < 1,0$).

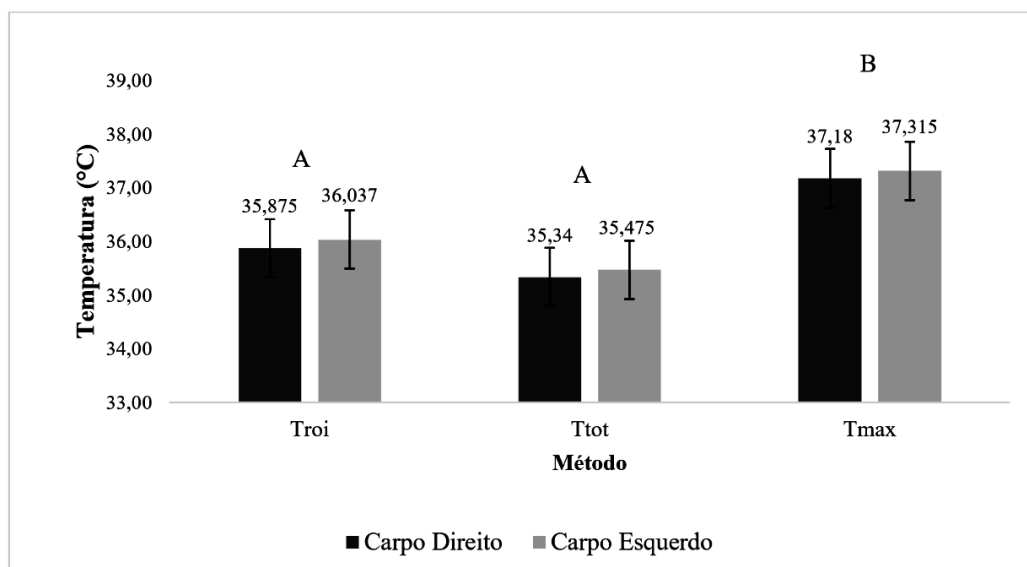


Figura 3. Médias e desvio padrão das temperaturas dos carpos direito e esquerdo de bezerras saudáveis, de acordo com o método de processamento da imagem.

^{AB} Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística ao teste de Tukey ($p < 0,01$).

A ausência de diferença entre Troi e Ttot demonstra que esses métodos são equivalentes para a avaliação da temperatura do carpo de bezerros. Isso ocorre porque esses dois métodos utilizam a média aritmética da temperatura de todos os pixels da área selecionada. Na metodologia utilizada em Ttot, realizou-se, no histograma de temperaturas da imagem, a exclusão dos pixels fora da região anatômica de interesse (Figura 1B), resultando em temperaturas médias semelhantes às encontradas em Troi. Como esperado, o método Tmax apresentou médias de temperaturas significativamente mais elevadas em comparação àquelas apresentadas nos métodos Ttot e Troi, pois o cálculo da temperatura da região de interesse é realizado pela média aritmética dos cinco pontos mais quentes.

Os resultados deste estudo são semelhantes aos observados por Ludwig et al.⁽¹⁰⁾, que compararam esses três métodos na avaliação termográfica da pele da panturrilha de humanos. Segundo esses autores, o método Troi possibilita a avaliação da temperatura de grandes áreas do corpo, as quais podem apresentar diferenças anatômicas que influenciam na temperatura da pele, como irregularidades superficiais e presença de tecido gorduroso ou muscular subjacente. Conseqüentemente, podem ocorrer grandes variações térmicas dentro da área avaliada no método Troi, gerando distribuição de temperaturas fora da curva de normalidade (Curva de Gauss)⁽¹⁰⁾. Essa grande variação térmica em áreas extensas pode ser minimizada por meio do método Ttot, que possibilita a remoção das temperaturas que se encontram fora da área de interesse, conforme demonstrado na figura 1. Na prática clínica, o uso do método Ttot pode ser vantajoso em situações em que não houve a preparação adequada da região a ser avaliada, a exemplo da presença de sujidades na região de interesse.

O método Tmax apresenta a vantagem de calcular a temperatura representativa da região sempre com base no mesmo número de pixels, independentemente das variações anatômicas e da heterogeneidade da temperatura da região avaliada⁽¹⁴⁾. Esse último aspecto é importante, principalmente na avaliação das regiões de interesse com áreas mais quentes devido à maior distribuição de vasos sanguíneos cutâneos ou à inflamação⁽⁹⁾. Diante disso, o método Tmax parece mais adequado para a avaliação de temperaturas após a realização de atividade física ou para a avaliação de padrões térmicos patológicos⁽¹⁰⁾.

Nos três métodos de processamento observaram-se correlações significativas e elevadas ($p < 0,01$ e $0,7 < r < 1,0$) entre as temperaturas do carpo direito e esquerdo de bezerros saudáveis. Esse resultado pode ser explicado pela baixa variação da idade dos animais (20 a 45 dias) e similaridade de esforço físico, que impossibilitam a ocorrência de variações de temperatura unilaterais nos membros⁽¹⁰⁾. O Tmax apresentou maior coeficiente de

correlação ($r = 0,99$), indicando que esse método possui maior sensibilidade para comparar temperaturas de regiões anatômicas contralaterais saudáveis, possibilitando a identificação de pequenas variações térmicas. Na prática clínica, o uso do método Tmax talvez represente uma técnica interessante para o diagnóstico precoce de processos inflamatórios. Diferentemente do observado neste estudo, Ludwig et al.⁽¹⁰⁾ verificaram que o método Tmax apresentou menor coeficiente de correlação em comparação a Troi e Ttot. Essa diferença pode estar associada à população e região anatômica avaliada, pois, na referida pesquisa⁽¹⁰⁾, comparou-se a temperatura da panturrilha de homens e mulheres com idade entre 15 e 45 anos, que realizavam diferentes níveis de atividade física. Logo, esses autores podem ter encontrado maior diferença térmica entre as panturrilhas contralaterais devido a alterações de fluxo sanguíneo unilaterais ocasionadas por lesões, condições patológicas⁽¹⁵⁾ e nível de treinamento⁽¹⁶⁾.

Não houve diferença entre as temperaturas dos carpos direito e esquerdo ($\Delta d-e$) aos métodos avaliados (Tabela 1). Além disso, verificou-se que o intervalo de confiança ao nível de 99% para a $\Delta d-e$ foi de 0,03 a 0,26°C, que representa a variação da simetria térmica entre os carpos contralaterais de bezerros hígidos nas condições deste estudo. Nesse contexto, não foram encontrados estudos em bovinos que estabeleçam padrões fisiológicos de variação de temperatura entre articulações contralaterais. É esperado que estruturas anatômicas contralaterais saudáveis e nas mesmas condições ambientais apresentem pequenas variações de temperatura, como observado em humanos^(9,11), cães⁽¹⁷⁾ e cavalos⁽¹⁸⁾. O conhecimento da simetria térmica entre articulações contralaterais é fundamental para a identificação de variações de temperatura que superam esses limites, o que pode indicar processos patológicos⁽¹¹⁾. Dessa forma, esse resultado poderá ser utilizado em pesquisas futuras que utilizarão a simetria térmica da articulação cárpica de bezerros saudáveis para o diagnóstico precoce de processos patológicos articulares.

Conclusões

Os métodos de processamento de imagens termográficas Troi e Ttot geram temperaturas semelhantes na avaliação do carpo de bezerros saudáveis e, o Tmax, temperaturas mais elevadas. Os três métodos fornecem temperaturas representativas e com elevada correlação entre os carpos direito e esquerdo nesses animais. No entanto, o Tmax, por seu maior coeficiente de correlação, possui maior precisão para detectar pequenas variações de temperatura entre os carpos contralaterais. Ainda, a simetria térmica entre os carpos contralaterais de bezerros saudáveis varia entre 0,03 e 0,26°C.

Conflito de interesses

Os autores declaram não existir conflito de interesse. A fonte de financiamento não teve nenhum papel na definição da metodologia, coleta, análise e interpretação de dados do projeto e a decisão de redigir e publicar este manuscrito.

Contribuições do autor

Conceituação: P.A. C. Borges, D. C. Silva, N. A. A. da Silva, N. C. Borges, P.J.B. Queiroz, L. A. F. da Silva; *Curadoria de dados:* P. A. C. Borges; *Análise formal:* P.A.C. Borges, D. C. Silva; P.J.B. Queiroz; *Aquisição de financiamento:* L.A.F. da Silva; *Investigação:* P.A.C. Borges, D.C. Silva, N.A.A. da Silva, V.H. Lima; *Supervisão:* L. A. F. da Silva, N.C. Borges; *Redação (esboço e original):* P.A.C. Borges; *Redação (revisão e edição):* P.A.C. Borges, D.C. Silva, P.J.B. Queiroz.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio da Universidade Federal de Goiás e da Capes por terem proporcionado o fomento e a estrutura para que essa pesquisa fosse realizada, e ao apoio do IF Goiano, que por meio do processo 23219.000175.2021-08, proveu recursos para que esse trabalho pudesse passar por tradução.

Referências

- Motta GA, Girardi AM, Sabes AF, Portugal ES, Nociti RP, Bueno GM, Marques LC. Clinical and radiographic changes of carpi, tarsi and interphalangeal joints of beef zebu bulls on semen collection regimen. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia [Internet]. 2017;69(6):1357–1366. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/3j3J4NcQkXNsdgffFKXBnzv/?lang=en>.
- Soroko M, Howell K. Infrared thermography: current applications in equine medicine. Journal of Equine Veterinary Science [Internet]. 2018;60:90-96. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.11.002>
- Metzner M, Sauter-Louis C, Seemueller A, Petzl W, Klee W. Infrared thermography of the udder surface of dairy cattle: characteristics, methods, and correlation with rectal temperature. Veterinary Journal [Internet]. 2014;199(1):57–62. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.10.030>
- Alsaod M, Schaefer AL, Büscher W, Steiner A. The role of infrared thermography as a non-invasive tool for the detection of lameness in cattle. Sensors (Basel) [Internet]. 2015;15(6):14513-14525. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s150614513>
- Schaefer AL, Cook NJ, Church JS, Basarab J, Perry B, Miller C, Tong AKW. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. Research in Veterinary Science [Internet]. 2007;83(3):376–384. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2007.01.008>
- Shecaira CL, Seino CH, Bombardelli JA, Reis GA, Fusada EJ, Azedo MR, Benesi FJ. Using thermography as a diagnostic tool for omphalitis on newborn calves. Journal of Thermal Biology [Internet]. 2018;71:209-211. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.11.014>
- Basile R.C, Basile M.T, Albernaz R.M, Pereira M.C, Araújo R., Ferraz G.C, Queiroz-Neto A. Guia prático para o exame termográfico em equinos. Revista Brasileira de Medicina Equina. 2010;31(1):1-4.
- Westermann S, Stanek C, Schramel JP, Ion A, Buchner HHF. The effect of airflow on thermographically determined temperature of the distal forelimb of the horse. Equine Veterinary Journal [Internet]. 2012;45(5):637–641. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/evj.12019>
- Formenti D, Ludwig N, Rossi A, Trecroci A, Alberti G, Gargano M, Merla A, Ammer K, Caumo A. Skin temperature evaluation by infrared thermography: comparison of two image analysis methods during the nonsteady state induced by physical exercise. Infrared Physics and Technology [Internet]. 2017;81:32-40. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2016.12.009>
- Ludwig N, Formenti D, Gargano M, Alberti G. Skin temperature evaluation by infrared thermography: Comparison of image analysis methods. Infrared Physics and Technology [Internet]. 2014;62:1-6. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2013.09.011>
- Vardasca R, Ring EFJ, Plassmann P, Jones CD. Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects. Thermology International. 2012;22(2):53-60. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227860586_Termal_symmetry_of_the_upper_and_lower_extremities_in_healthy_subjects
- Feitosa FLF. Semiologia veterinária: a arte do diagnóstico. 3ª ed. São Paulo: Roca; 2016. 627p.
- Usamentiaga R, Venegas P, Guerediaga J, Vega L, Molleda J, Bulnes F. Infrared thermography for temperature measurement and non-destructive testing. Sensors (Basel) [Internet]. 2014;14(7):12305-12348. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s140712305>
- Ludwig N, Gargano M, Formenti D, Bruno D, Ongaro L, Alberti G. Breathing training characterization by thermal imaging: a case study. Acta of Bioengineering and Biomechanics [Internet]. 2012;14(3):41-47. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23140359/>
- Eliason G, Abdel-Halim SM, Piehl-Aulin K, Kadi F. Alterations in the muscle-to-capillary interface in patients with different degrees of chronic obstructive pulmonary disease. Respiratory Research [Internet]. 2010;11(15):97. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1465-9921-11-97>
- Jensen L, Bangsbo J, Hellsten Y. Effect of high intensity training on capillarization and presence of angiogenic factors in human skeletal muscle. Journal of Physiology [Internet]. 2004;557(Pt2):571-582. Disponível em: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.057711>
- Infernuso T, Loughin CA, Marino DJ, Umbaugh SE, Solt PS. Thermal imaging of normal and cranial cruciate ligament-deficient stifles in dogs. Veterinary Surgery [Internet]. 2010;39(4):410-417. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2010.00677.x>
- Soroko M, Henklewski R, Filipowski H, Jodkowska E. The effectiveness of thermographic analysis in equine orthopedics. Journal of Equine Veterinary Science [Internet]. 2013;33(9):760-762. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2012.11.009>