

ANDERSON DA SILVA FERNANDES AFONSO

**APLICAÇÃO TERMOGRÁFICA NO FUTEBOL E PERFIL TÉRMICO DE
JOGADORES PROFISSIONAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: João Carlos Bouzas Marins
Coorientador: Alisson Gomes da Silva

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus**

T	Afonso, Anderson da Silva Fernandes, 1977-
A257a	Aplicação termográfica no futebol e perfil térmico de jogadores
2024	profissionais / Anderson da Silva Fernandes Afonso. - Viçosa, MG,
	2024.
	1 dissertação eletrônica (97 f.): il. (algumas color.).
	Inclui anexo.
	Inclui apêndices.
	Orientador: João Carlos Bouzas Marins
	Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
	Departamento de Educação Física, 2024.
	Inclui bibliografia.
	DOI: https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.278
	Modo de acesso: World Wide Web.
	1. Jogadores de futebol - Aptidão - Testes; 2. Temperatura
	corporal - Regulação; 3. Lesões no futebol - Prevenção; I. Marins, João
	Carlos Bouzas II. Universidade Federal de Viçosa.. Departamento de
	Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física III.
	Título
	CDD 22. ed. 796.334

Bibliotecário(a) responsável: ALICE REGINA PINTO PIRES CRB-6/2523

ANDERSON DA SILVA FERNANDES AFONSO

**APLICAÇÃO TERMOGRÁFICA NO FUTEBOL E PERFIL TÉRMICO DE
JOGADORES PROFISSIONAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

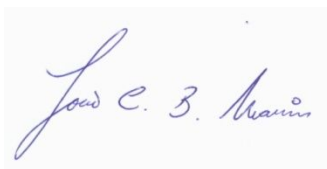
APROVADA: 29 de fevereiro de 2024.

Assentimento:



Documento assinado digitalmente
ANDERSON DA SILVA FERNANDES AFONSO
Data: 05/08/2024 20:22:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Anderson da Silva Fernandes Afonso
Autor

A handwritten signature in blue ink, reading 'João C. B. Marins'.

Dr. João Carlos Bouzas Marins
Orientador

*À minha linda esposa e filhas.
Aos meus pais e irmãos.*

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

Ao LAPEH (Laboratório de Performance Humana) da UFV.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Associação Atlética Portuguesa e ao Sampaio Corrêa Futebol Clube, por permitirem que a coleta de dados fosse realizada junto aos seus atletas.

À empresa Radsquare, que permitiu a utilização do seu software Kelvin Plus.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins, pela oportunidade, paciência, pelo apoio e pelos ensinamentos no decorrer do curso.

"Só se vê bem com o coração. O essencial é invisível aos olhos"

(Antoine de Saint-Exupéry)

RESUMO

AFONSO, Anderson da Silva Fernandes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2024. **Aplicação termográfica no futebol e perfil térmico de jogadores profissionais.** Orientador: João Carlos Bouzas Marins. Coorientador: Alisson Gomes da Silva.

INTRODUÇÃO: Diversas tecnologias vêm sendo empregadas no futebol com o intuito de potencializar a performance dos atletas, otimizar a recuperação após estímulos e auxiliar no processo de prevenção de lesões, e uma dessas principais ferramentas é a termografia infravermelha (TI). **OBJETIVOS:** (1) Apresentar as possibilidades e os benefícios da aplicação da termografia infravermelha no âmbito do futebol; (2) Comparar, por meio de imagens termográficas, a bilateralidade térmica das articulações do joelho na condição pré-lesão, imediatamente após uma lesão e na cirurgia, assim como ao longo da recuperação; (3) Estabelecer o perfil térmico de jogadores de futebol profissional, bem como verificar se a função táctica altera esse perfil, além de propor faixas térmicas que caracterizam condições hipo ou hiperradiadas em diferentes regiões corporais de interesse (RCIs). **METODOLOGIA:** A dissertação foi estruturada em forma de três artigos, com abordagens metodológicas diferentes, sendo elas: no primeiro trata-se de uma revisão bibliográfica narrativa; no segundo, de um estudo de caso; e, no terceiro, de um estudo descritivo do perfil térmico em jogadores profissionais de futebol. Para realização do artigo 1 foram empregadas referências bibliográficas diversificadas na temática de termografia e futebol, em diferentes bases de dados, como *Scielo* e *Pubmed*, e referências dos artigos levantados que foram considerados relevantes para a composição do texto, de forma a compor um referencial teórico para seu emprego no futebol. O artigo 2 foi um estudo de caso de um atleta de futebol profissional que, em ambiente de treino, teve uma lesão de joelho do tipo fratura de polo inferior da patela direita, a qual foi diagnosticada por exame de imagem, havendo necessidade de intervenção cirúrgica. O monitoramento termográfico foi feito em quatro momentos: pré-lesão, pós-lesão, pré-cirurgia e pós-cirúrgico (totalizando aproximadamente 85 dias). No último artigo foi realizado um estudo com a participação de 61 atletas, todos do sexo masculino ($27,6 \pm 4,22$ anos; $75,8 \pm 7,39$ kg; $179 \pm 0,06$ cm; $23,7 \pm 1,65$ IMC; $11,3 \pm 0,98\%$ G), sendo considerados atletas

profissionais de futebol de linha, com $15,2 \pm 4,5$ anos de prática da modalidade desde as categorias de base até o profissional, disputando regularmente campeonatos estaduais e nacionais. O estudo foi realizado em duas etapas: a primeira, caracterizada como preparatória, e a segunda, para a realização da coleta das imagens termográficas. RESULTADOS: Artigo 1 – A TI no futebol pode ser empregada de diferentes formas: a) no auxílio no controle de carga física de treinamento; b) na prevenção de lesões; c) como apoio clínico na contratação de um novo atleta; d) como auxílio no monitoramento de lesões e na reabilitação de um atleta; e) como auxílio em um dos processos de *recovery* (crioimersão). Artigo 2 – Antes da lesão, a diferença bilateral da temperatura máxima, média e mínima entre os joelhos indicava um quadro de normalidade térmica. Após seis dias da lesão, a diferença da temperatura máxima aumentou em $1,09^{\circ}\text{C}$ em função da lesão. Após 11 dias de cirurgia ocorreu redução dessa diferença, caindo para $0,81^{\circ}\text{C}$, indicando o efeito positivo da intervenção cirúrgica e da ação medicamentosa. No entanto, após 65 dias da intervenção cirúrgica a diferença registrada era considerável, sendo de $3,57^{\circ}\text{C}$, o que indica uma recuperação inadequada, provavelmente com presença de inflamação, tendo em vista que o atleta não seguiu as orientações de recuperação, não oferecendo assim condições para ele voltar a treinar conforme inicialmente previsto. Artigo 3 – O tratamento estatístico revelou que os dados tiveram distribuição normal. Houve diferença significativa na temperatura da pele entre os lados direito e esquerdo na maioria das RCIs analisadas, com exceção da região corporal de interesse (RCI) Semimembranoso, além dos joelhos na visão anterior e posterior. Contudo, somente duas RCIs tiveram diferenças bilaterais médias clinicamente consideradas relevantes, por serem maiores que $0,5^{\circ}\text{C}$, sendo elas o Vasto Medial (VM) e o Semitendinoso (ST). CONCLUSÕES: A TI é uma ferramenta extremamente versátil que pode oferecer suporte a diferentes membros de uma comissão técnica de uma equipe de futebol. Ela pode dar suporte desde a tomada de decisão sobre a contratação ou não de um jogador, ao permitir a possibilidade de identificar lesões “ocultas” ortopédicas, bem como no seu dia a dia, auxiliando na prevenção de lesões, ou no monitoramento, caso elas ocorram, em busca de um estado de normalidade térmica. Existem indícios de que ela pode ser usada como uma forma de controle de carga de treino. As imagens térmicas auxiliaram diretamente no acompanhamento do tratamento e da evolução clínica do atleta, podendo ser uma ferramenta auxiliar importante na condição de recuperação

do atleta pós-intervenção cirúrgica. Os resultados obtidos, especialmente na última avaliação, indicam que o procedimento de recuperação não foi adequado. A função tátil do jogador de futebol não altera o perfil térmico de membros inferiores. Com exceção das RCIs VM e ST, as diferenças estatísticas bilaterais encontradas são inferiores a 0,5°C, indicando serem simétricos do ponto de vista clínico. Cada RCI exige um perfil térmico específico para caracterizar anormalidades térmicas consideradas hipo ou hiper-radiadas.

Palavras-chave: Performance; Prevenção de lesões; Temperatura da pele; Termografia; Termorregulação.

ABSTRACT

AFONSO, Anderson da Silva Fernandes, M.Sc., Federal University of Viçosa, February 2024. **Thermographic application in soccer and thermal profile of professional players.** Supervisor: João Carlos Bouzas Marins. Co-supervisor: Alisson Gomes da Silva.

INTRODUCTION: Various technologies have been used in soccer to enhance athletes' performance, optimize post-stimulus recovery and help prevent injuries, and one of these main tools is infrared thermography (IRT). **OBJECTIVE:** (1) To present the possibilities and benefits of using IRT in soccer. (2) To compare, using thermograms, the thermal bilaterality of knee joints in the pre-injury condition, immediately after injury, surgery and treatment; (3) To establish the thermal profile of professional football players, as well as to verify whether the tactical role alters this profile, in addition to proposing thermal ranges that characterize hypo- or hyper-radiated conditions in different body regions of interest (ROI). **METHODOLOGY:** The dissertation was structured into three articles with different methodological approaches, the first being a narrative literature review, the second a case study, and the third a descriptive study of the thermal profile of professional football players. Article 1 used a wide range of bibliographical references about thermography and soccer from different databases such as Scielo, Pubmed, and references from articles that were considered interesting for the composition of the text, in order to create a theoretical framework for its use in soccer. Article 2 was a case study of a professional soccer player who, in a training environment, suffered a knee injury such as a fracture of the lower pole of the right patella, which was diagnosed by imaging examination and required surgical intervention. Thermographic monitoring was conducted at four different times: pre-injury, post-injury, pre-surgery and post-surgery (totaling approximately 85 days). The last article was a study involving 61 male (27.6 ± 4.22 years old; 75.8 ± 7.39 kg; 179 ± 0.06 cm; 23.7 ± 1.65 BMI; 11.3 ± 0.98 % G) professional soccer players, with 15.2 ± 4.50 years of experience in the sport, from grassroots to professional level, regularly playing in state and national championships. The study was carried out in two stages. The first was characterized as preparatory and the second was for the collection of thermographic images. **RESULTS:** Article 1 - IRT in football can be used in different ways: a) to help control

the physical load of training; b) to prevent injuries; c) as clinical support when signing a new player; d) to help monitor injuries and an athlete's recovery; e) to help with recovery (cryoimmersion). Article 2 - Before the injury, the bilateral difference in maximum, average, and minimum temperature between the knees indicated a normal thermal condition. Six days after the injury, the difference in maximum temperature increased by 1.09°C due to the injury. Eleven days after surgery, this difference decreased to 0.81°C , indicating the positive effect of the surgery and medication. However, 65 days after the surgery, the difference was considerable, at 3.57°C , indicating inadequate recovery, probably due to the presence of inflammation, given that the athlete did not follow the recovery guidelines, thus not offering the conditions for the athlete to return to training as initially planned. Article 3 - The statistical treatment showed that the data had a normal distribution. There was a significant difference in skin temperature between the right and left sides in most of the ROIs analyzed, with the exception of the Semimembranosus ROI, as well as the knees in the anterior and posterior views. However, only two ROIs had bilateral differences that were considered clinically important because they were greater than 0.5°C , namely the Medial Vastus (MV) and the Semitendinosus (ST). CONCLUSIONS: IRT is an extremely versatile tool that can support different members of a football team's coaching staff. It can be used when making a decision on whether or not to sign a player, by enabling the possibility of identifying "hidden" orthopedic injuries, as well as on a day-to-day basis, helping to prevent injuries or even monitoring them, if they occur, in search of a state of thermal normality. There are indications that it can be used as a way of controlling training load. The thermograms directly helped to monitor the athlete's treatment and clinical progress and could be an important auxiliary tool in the athlete's post-surgical recovery condition. The results obtained, especially in the last assessment, indicate that the recovery procedure was inadequate. The tactical role does not alter the thermal profile of the lower limbs. With the exception of the VM and ST ROIs, the bilateral differences found are less than 0.5°C , indicating that they are symmetrical from a clinical point of view. Each ROI requires a specific thermal profile to characterize thermal abnormalities considered hypo or hyper radiated.

Keywords: Performance; Injury prevention; Skin temperature; Thermography; Thermoregulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ESTUDO 1: TERMOGRAFIA APLICADA AO FUTEBOL.....26

Figura 1 - Termogramas das regiões frontais e regiões dorsais: (A) 24 horas antes da partida, (B) 24 horas após o início da partida e (C) 48 horas após o início da partida.....30

Figura 2 - Comportamento térmico de membros inferiores face anterior e posterior de um jogador de futebol antes e após 24 horas de uma partida de futebol.....31

Quadro 1 - Escala de nível de atenção dispensada sobre as diferenças de temperaturas obtidas entre RCI contralateral ou entre duas medidas diferentes do RCI para o mesmo atleta.....33

Figura 3 - Exemplos de perfis térmicos de membros inferiores, face anterior, considerados simétricos (A) e assimétrico (B) de dois jogadores de futebol profissional.....34

Figura 4 - Cinco condições temporais de um jogador de futebol profissional, entre a situação pré-lesão, pós-operatório e fase de recuperação não adequada.....37

Figura 5 - Exemplo da resposta térmica seriada ao longo de seis minutos na articulação do joelho.....39

ESTUDO 2: TERMOGRAFIA COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO NO MONITORAMENTO PÓS-LESÃO DE JOELHO: UM ESTUDO DE CASO.....24

Figura 1 - Imagem de uma ressonância magnética com diagnóstico de fratura de polo inferior da patela direita.....48

Figura 2 - Radiografia com imagem da condição 14 dias após a intervenção cirúrgica da lesão no polo inferior da patela direita.....49

Quadro 1 - Temperaturas médias irradiadas da pele obtidas em (°C) em ambas as articulações ao longo da coleta de dados.....52

Figura 3 - Termogramas de membros inferiores na visão anterior na condição pré-lesão, imediatamente pós-lesão (antes da cirurgia) e ao longo do período de recuperação (valores mínimos, médios e máximos de temperatura em °C).....53

ESTUDO 3: PERFIL TERMOGRÁFICO DE MEMBROS INFERIORES EM JOGADORES DE FUTEBOL PROFISSIONAL.....60

Quadro 1 - Características físicas e fisiológicas da amostra67

Figura 1 - Ações metodológicas realizadas no dia da coleta.....69

Figura 2 - Ambiente de captação da imagem termográfica da face anterior (a) e face posterior (b) de membros inferiores.....70

Figura 3 - Exemplo das RCIs da imagem termográfica da face anterior (a) e face posterior (b) de membros inferiores, analisadas pelo software.....71

Figura 4 - Distribuição dos percentis 15, 50 e 85 e valores mínimos e máximos de temperatura da pele na visão anterior.....77

Figura 5 - Distribuição dos percentis 15, 50 e 85 e valores mínimos e máximos de temperatura da pele na visão posterior.....77

Figura 6 - Distribuição dos percentis 15, 50 e 85 e valores mínimos e máximos de assimetria térmica.....78

Quadro 2 - Escala de nível de atenção baseada nas diferenças de temperaturas obtidas entre RCIs contralaterais ou entre duas diferentes medidas da mesma RCI.....80

Quadro 3 - Prevalência de assimetrias térmicas acima de 0,5°C observadas em membros inferiores em jogadores de futebol profissional.....81

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 3: PERFIL TERMOGRÁFICO DE MEMBROS INFERIORES EM JOGADORES DE FUTEBOL PROFISSIONAL.....

60

Tabela 1 - Efeito da posição de jogo nos valores de temperatura da pele dos jogadores.....73

Tabela 2 - Temperatura média da pele e diferença térmica bilateral das regiões corporais analisadas.....74

Tabela 3 - Percentis de temperatura da pele em °C (P_5 , P_{10} , P_{25} , P_{50} , P_{75} , P_{90} e P_{95}) para futebolistas profissionais.....75

Tabela 4 - Percentis de assimetria de temperatura da pele em °C (P_5 , P_{10} , P_{25} , P_{50} , P_{75} , P_{90} e P_{95}) para futebolistas profissionais.....76

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CBF: Confederação Brasileira de Futebol.

cm: Centímetros.

CMJ: Counter Movement Jump.

CT: Conforto térmico.

DP: Desvio padrão

FC: Frequência cardíaca.

FCM: Frequência cardíaca máxima.

Kg: Quilogramas.

M: Metros.

MC: Massa corporal.

MI: Membro inferior.

mm: Milímetro.

P: Percentil.

RCI: Região corporal de interesse.

ST: Semitendinoso.

TI: Termografia infravermelha.

TP: Temperatura da pele.

UR: Umidade relativa.

VM: Vasto medial.

VO₂: Consumo de oxigênio.

W: Watts.

YYIRTL2: Yo-Yo intermittent recovery test level 2.

LISTA DE SÍMBOLOS

R\$: Real.

Σ DC: Somatório das dobras cutâneas.

%: Porcentagem.

Δ : Delta.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	18
1.1	Referências.....	21
2	OBJETIVO GERAL.....	25
2.1	Objetivos específicos.....	25
3	ESTUDOS PRODUZIDOS.....	26
3.1	Estudo 1 – Termografia aplicada ao futebol.....	26
	Resumo.....	26
	Abstract.....	27
	Introdução.....	28
	Possibilidades de aplicação da termografia no futebol.....	29
	Conclusão.....	40
	Referências.....	41
3.2	Estudo 2 – Termografia como ferramenta de auxílio no monitoramento pós-lesão de joelho: um estudo de caso.....	44
	Resumo.....	44
	Abstract.....	46
	Introdução.....	47
	Metodologia.....	47
	Resultados	52
	Discussão.....	54
	Conclusão.....	56
	Referências.....	57
	Agradecimentos.....	59
3.3	Estudo 3 – Perfil termográfico de membros inferiores em jogadores de futebol profissional.....	60
	Resumo.....	60
	Abstract.....	62
	Introdução.....	64
	Método.....	66
	Resultados.....	73
	Discussão.....	79

	Conclusões.....	85
	Referências.....	86
	Agradecimentos.....	91
4	CONCLUSÕES FINAIS.....	92
	APÊNDICE A (termo de esclarecimento livre e esclarecido).....	93
	APÊNDICE B (folha de atividades desenvolvidas no curso).....	96
	ANEXO (primeira página do artigo 1).....	98

1. INTRODUÇÃO GERAL

A ciência do treinamento esportivo vem sendo aprimorada através da descoberta de novos métodos e tecnologias que favorecem a recuperação e auxiliam no ganho da performance e na manutenção da saúde (Bompa, 2002; Magalhães, 2021). O futebol profissional é um esporte com alto nível de lesões devido a fatores intrínsecos e extrínsecos, caracterizado pela presença de movimentos bruscos, como acelerações, desacelerações e mudanças de direção, grande contato e, para completar, muitos jogos realizados com intervalo curto entre eles. Esses são fatores que podem aumentar a ocorrência de lesões, sejam de origem muscular, articular ou esquelética. Os membros inferiores lideram as estatísticas de áreas de maior prevalência de lesões no futebol (Waldén *et al.*, 2011; Lucarno, 2021).

A utilização de ferramentas que auxiliem o controle e monitoramento do treinamento/competições, bem como a criação de protocolos de prevenção de lesões, surgem como possibilidades para reduzir esses eventos. A termografia infravermelha (TI) tem sido usada para auxiliar no diagnóstico de lesões (Marins *et al.*, 2015; Menezes, 2018; Afonso *et al.*, 2022). Essa técnica permite a mensuração da temperatura da pele (TP), obtida pela quantidade de calor irradiado pelo corpo, cujo registro desse calor é captado em uma faixa do espectro eletromagnético que não é visível ao olho humano (Brioschi, 2011; Silva *et al.*, 2022). Pode, assim, ser amplamente utilizada no âmbito esportivo, principalmente pelo fato de se tratar de uma técnica considerada não invasiva, de baixo custo e alta eficiência (Fernandes *et al.*, 2012).

Os equipamentos mais modernos presentes atualmente contribuem para que a TI seja considerada uma ferramenta válida, precisa e confiável para medir a TP (Fernández-Cuevas *et al.*, 2015, 2017; Fernandes *et al.*, 2016). É importante salientar que boa parte das câmeras infravermelhas apresentam uma precisão de 1°C ou 1% e sensibilidade térmica até 0,025°C. Em condições controladas, normalmente encontradas nos locais de coleta de dados e laboratórios, essa precisão é aumentada, o que contribui para obtenção de resultados mais confiáveis e precisos (Fernández-Cuevas, 2012; Fernández-Cuevas *et al.*, 2014). Portanto, a TI é uma excelente forma de controle da normalidade térmica nos atletas em geral.

A TP é variável em função da região corporal de interesse (RCI) analisada (Costa *et al.*, 2016, 2018). Ela é mais elevada nas regiões mais centrais do corpo em comparação a regiões periféricas, havendo assim a necessidade de se ter um padrão para cada RCI. No caso das modalidades esportivas, é esperado que cada uma tenha seu padrão de perfil térmico, levando em consideração as áreas de maior exigência em cada modalidade. Por isso, é de suma importância que haja a realização de avaliações periódicas dos atletas, pois estas possibilitam a criação de um perfil térmico do indivíduo e, conseqüentemente, um perfil específico da modalidade em questão. Ou seja, é possível estabelecer um mapa térmico, contendo as características de normalidade térmica de cada RCI (Marins *et al.*, 2015), o que permitirá auxiliar a interpretar se uma determinada RCI está em anormalidade hipo ou hiper-radiada. Assim, qualquer aumento ou redução anormal da temperatura em uma RCI específica pode ser relacionado a um processo inflamatório, ocasionando uma hiper-radiação local, ou a um processo degenerativo, evidenciado por uma hiporradiação local (Hildebrandt *et al.*, 2010). Tem sido sugerido que diferenças bilaterais $\geq 0,5^{\circ}\text{C}$ são indicativas de problemas ortopédicos, o que indica a necessidade de uma avaliação clínica mais aprofundada ou de imagens mais detalhadas (Marins *et al.*, 2015).

Por meio da TI é possível fazer uma análise qualitativa e quantitativa. Nesta primeira é possível identificar, por meio das cores apresentadas, as regiões hipo ou hiper-radiantes, o que contribui para avaliação da normalidade térmica. Essa é uma grande vantagem da TI, pois aponta o local onde se pode observar anormalidade térmica, que é sugestiva de um quadro lesional. Essa condição difere da dos marcadores bioquímicos, como a creatina quinase (CK) ou a proteína C reativa (PCR), que não determinam a localização anatômica do local que apresenta um maior processo inflamatório ou degenerativo (Arnaiz-Lastras *et al.*, 2014; Hildebrandt *et al.*, 2010; Bandeira *et al.*, 2012; Marins *et al.*, 2015a).

Na análise quantitativa, é possível extrair dados com valores de temperatura média, máxima e mínima, criar um banco de dados e acompanhar as variações de temperatura em função dos treinamentos, partidas e ao longo de uma temporada (Hildebrandt *et al.*, 2010; Bandeira *et al.*, 2012; Barcelos *et al.*, 2014; Arnaiz-Lastras *et al.*, 2014; Marins *et al.*, 2015; Gómez-Carmona *et al.*, 2020).

Um exemplo do uso da TI e monitoramento do efeito da competição sobre a resposta termogênica foi o trabalho de Fernandez *et al.* (2017), que realizaram um

estudo de caso com um jogador de futebol, com registro de termogramas até 48 horas após um jogo. Com isso, a TP pode ser uma variável associada a um possível dano muscular gerado em função das partidas e treinamentos, podendo ser utilizada como estratégia de controle de treinamento em atletas de futebol de alto rendimento (Sillero-Quintana *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2022).

Vários estudos foram propostos para se estabelecer o perfil térmico de diferentes grupos populacionais, sendo exemplos os trabalhos de Arora *et al.* (2008), Sivanandam *et al.* (2012), Huang *et al.* (2011) e Werner (2010) em população de não atletas. Contudo, existem estudos com grupos específicos de atletas, como o de Rezende *et al.* (2019) com nadadores, Marinho *et al.* (2022) com jogadores de voleibol e, com futebol, têm-se os trabalhos de Marins *et al.* (2014b), Dias *et al.* (2023) e Côgo *et al.* (2019) com jogadores de base. Em uma busca na plataforma Pubmed, realizada em 11 de janeiro de 2024, com as palavras-chave “*Thermography*”, “*thermoregulation*”, “*skin temperature*” e “*soccer*”, não foi encontrado nenhum estudo específico que retrate o perfil térmico com jogadores de futebol profissional, considerando ainda a função tática desempenhada. Isso torna este estudo original e pioneiro nessa abordagem.

Dessa forma, apresentar as possibilidades de uso dessa tecnologia no futebol, bem como estabelecer qual o perfil térmico esperado em jogadores de futebol profissional, irá auxiliar os membros de uma comissão técnica a compreender se um jogador se encontra em um padrão de normalidade térmica, ou se determinada RCI se encontra hipo ou hiper-radiada, o que sugere um quadro lesional. Isso colaborará na tomada de decisão para uma ação de intervenção preventiva, seja no treino, na fisioterapia ou mesmo na medicação. Além disso, permitiria um auxílio no planejamento de treinamentos com magnitudes de cargas ideais, com potencial efeito positivo, e, principalmente, diminuiria o risco de lesões no atleta, oferecendo, consequentemente, mais condições e segurança para que ele venha a performar em seu mais alto nível.

Assim, esta dissertação foi elaborada contendo três partes. A primeira, com um artigo de revisão, trata das possibilidades de aplicação da termografia no futebol; no segundo artigo é apresentado um estudo de caso do uso da termografia antes de uma lesão de joelho, bem como na situação pós-cirúrgica e abordagem fisioterápica; e, no último, tem-se o perfil térmico de membros inferiores esperado em jogadores de futebol profissional.

1.2 Referências

AFONSO, A. S. F.; DIAS, F. A. M.; MARINS, J. C. B. A termografia aplicada ao futebol. **Revista Brasileira de Futebol**, v. 15, n. 5, p. 3-19, 2022.

ARNAIZ-LASTRAS, J.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; LÓPEZ-DÍAZ, C.; GÓMEZ-CARMONA, P.; SILLERO-QUINTANA, M. Aplicación práctica de la termografía infrarroja en el fútbol profesional. **Revista de Preparación Física en el Fútbol**, v. 13, p. 6-15, 2014.

ARORA, N.; MARTINS, D.; RUGGERIO, D.; TOUSIMIS, E.; SWISTEL, A. J.; OSBORNE, M. P.; SIMMONS, R. M. Eficácia de um sistema de imagem térmica infravermelha digital não invasivo na detecção do câncer de mama. **The American Journal of Surgery**, v. 196, n. 4, p. 523-526, 2008.

BANDEIRA, F.; MOURA, M. A. M.; SOUZA, M. A.; NOHAMA, P.; NEVES, E. B. Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 4, p. 246-251, 2012.

BARCELOS, E. Z.; CAMINHAS, W. M.; RIBEIRO, E.; PIMENTA, E. M.; PALHARES, R. M. A combined method for segmentation and registration for an advanced and progressive evaluation of thermal images. **Sensors**, v. 14, n. 11, p. 21950-21967, 2014.

BOMPA, T. O. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento**. São Paulo: Phorte Editora, 2002.

BRIOSCHI, M. L. **Metodologia de normalização de análise do campo de temperaturas em imagem infravermelha humana**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, UFPR, Curitiba, 2011.

CÔGO, W. T.; NOGUEIRA, P. H. R.; SILVA, A. G.; MARINS, J. C. B. Perfil térmico de membros inferiores de jogadores de futebol de categoria de base. **Revista Brasileira de Futebol**, v. 10, n. 2, p. 4-24, 2019.

COSTA, C. M. A.; SILLERO-QUINTANA, M.; CANO, S. P.; MOREIRA, D. G.; BRITO, C. J.; FERNANDES, A. A.; PUSSIELDI, G. A.; MARINS, J. C. B. Daily oscillations of skin temperature in military personnel using thermography. **Journal of the Royal Army Medical Corps**, v. 162, p. 2015-000-342, 2016.

COSTA, C. M. A.; MOREIRA, D. G.; SILLERO-QUINTANA, M.; BRITO, C. J.; PUSSIELDI, G. A.; FERNANDES, A. A.; CANO, S. P.; MARINS, J. C. B. Daily rhythm of skin temperature of women evaluated by infrared thermal imaging. **Journal of Thermal Biology**, v. 72, p. 1-9, 2018.

DIAS, F. A. M.; SILVA, A. G.; MARINS, J. C. B. Perfil térmico dos membros inferiores de futebolistas uma comparação entre jovens atletas e profissionais. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 37, n. 1, 2023.

FERNANDES, A. A.; AMORIM, P. R. S.; PRÍMOLA-GOMES, T. N.; SILLERO-QUINTANA, M.; FERNÁNDEZ CUEVAS, I.; SILVA, R. G.; PEREIRA, J. C.; MARINS, J. C. B. Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: uma revisão sistemática. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 5, n. 3, p. 113-117, 2012.

FERNANDES, A. A.; AMORIM, P. R. S.; BRITO, C. J.; SILLERO-QUINTANA, M.; MARINS, J. C. B. Regional skin temperature response to moderate aerobic exercise measured by infrared thermography. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2016.

FERNANDES, A. D. A.; PIMENTA, E. M.; MOREIRA, D. G.; SILLERO-QUINTANA, M.; MARINS, J. C. B.; MORANDI, R. F.; KANOPE, T.; GARCIA, E. S. Effect of a professional soccer match in skin temperature of the lower limbs: a case study. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 13, n. 3, p. 330-334, 2017.

FERNÁNDEZ-CUEVAS, I. **Effect of endurance, speed and strength training on skin temperature measured by infrared thermography**. Madri: Universidad Politécnica de Madrid, 2012.

FERNANDEZ-CUEVAS, I.; QUINTANA, M. S.; ANGEL, M.; CONCEPCION, G.; SERRANO, J. R.; GOMEZ-CARMONA, P. M.; MARINS, J. C. B. Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. **New Studies Athletics**, v. 29, p. 57-71, 2014.

FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; MARINS, J. C. B.; ARNÁIZ-LASTRAS, J.; GÓMEZ-CARMONA, P.; PIÑONOSA-CANO, S.; GARCÍA-CONCEPCIÓN, M. Á.; SILLERO-QUINTANA, M. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: a review. **Infrared Physics & Technology**, v. 71, p. 28-55, 2015.

FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; ARNÁIZ-LASTRAS, J.; GALINDO, V. E.; GÓMEZ-CARMONA, P. Infrared thermography for the detection of injury in sports medicine. In: PRIEGO-QUESADA, J. I. (ed.). **Application of infrared thermography in sports science**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 81-109.

GÓMEZ-CARMONA, P.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; SILLERO-QUINTANA, M.; ARNAIZ-LASTRAS, J.; NAVANDAR, A. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. **Journal Sport Rehabilitation** v. 1, n. 29, p. 1222-1227, 2020.

HILDEBRANDT, C.; RASCHNER, C.; AMMER, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors**, v. 10, n. 47, p. 00-15, 2010.

HUANG, C. L.; WU, Y. W.; HWANG, C. L.; JONG, Y. S.; CHAO, C. L.; CHEN, W. J.; WU, Y. T.; YANG, W. S. The application of infrared thermography in evaluation of

patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. **Journal of Vascular Surgery**, v. 54, p. 1074-1080, 2011.

LUCARNO, S.; ZAGO, M.; BUCKTHORPE, M.; GRASSI, A.; TOSARELLI, F.; SMITH, R.; DELLA-VILLA, F. Análise sistemática de vídeo de lesões do ligamento cruzado anterior em jogadoras profissionais de futebol feminino. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 1794-1802, 2021.

MAGALHÃES, R. M. C. Métodos de treinamento de força para nadadores. **Lecturas: Educación Física y Deportes**, v. 26, n. 282, p. 76-96, 2021.

MARINHO, J. P. R.; CERQUEIRA, M. S.; REIS, H. H. T.; FILHO, M. G. B.; SILVA, A. G.; REZENDE, C. M.; MARINS, J. C. B. Caracterização térmica em atletas profissionais de voleibol. **Motricidade**, v. 18, n. 2, 2022.

MARINS, J. C. B.; FERNANDES, A. A.; CANO, S. P.; MOREIRA, D. G.; SILVA, F. S.; COSTA, C. M. A.; FERNANDEZ-CUEVAS, I.; SILLERO-QUINTANA, M. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). **Journal of Thermal Biology**, v. 42, p. 1-8, 2014a.

MARINS, J. C. B.; FERNANDES, A. A.; MOREIRA, D. G.; SILVA, F. S.; CABRAL, C. A. C.; PIMENTA, E. M.; SILLERO-QUINTANA, M. Thermographic profile of soccer players' lower limbs. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 7, p. 1-6, 2014b.

MARINS, J. C. B.; FERNANDEZ-CUEVAS, I.; ARNÁIZ-LASTRAS, J.; FERNANDES, A. A.; SILLERO-QUINTANA, M. applications of infrared thermography in sports: a review. **Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte**, v. 15, p. 805-824, 2015.

MENEZES, P.; RHEA, M. R.; HERDY, C.; SIMÃO, R. Efeitos do programa de treinamento de força e da termografia infravermelha nas lesões de atletas de futebol. **Esportes**, v. 6, n. 4, p. 148, 2018.

REZENDE, C. M.; SILVA, A. G.; ENCARNACAO, S. G. A.; CARNEIRO-JÚNIOR, M. A.; MARINS, J. C. B. Análise da simetria térmica em atletas de natação de alto rendimento. **Pan American Journal of Medical Thermology**, v. 6, p. 21-29, 2019.

SILLERO-QUINTANA, M.; FERNANDEZ-CUEVAS, I.; GOMEZ-CARMONA, P.; GARCIA, C. M. A. Application of thermography as injury prevention method in sports. *In: THERMOLOGICAL SYMPOSIUM OF THE AUSTRIAN SOCIETY OF THERMOLOGY QUANTITATIVE THERMAL IMAGING IN MEDICINE*, Vienna, p. 120-126, 2011.

SILLERO-QUINTANA, M.; FERNÁNDEZ-JAÉN, T.; FERNANDEZ-CUEVAS, I.; GOMEZ-CARMONA, P.; ARNÁIZ-LASTRAS, J.; DOLORES PÉREZ, M.; GUILLÉN, P. Infrared thermography as a support tool for screening and early diagnosis in emergencies. **Journal of Medical Imaging and Health Informatics**, v. 5, n. 6, p. 1223-1228, 2015.

SILVA, A. G.; REIS, H. H. T.; MARINS, J. C. B. Bases fisiológicas da aplicação da termografia para controle de carga no futebol: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Futebol**, v. 15, n. 3, p. 3-20, 2022.

SIVANANDAM, S.; ANBURAJAN, M.; VENKATRAMAN, B.; MENAKA, M.; SHARATH, D. Medical thermography: a diagnostic approach for type 2 diabetes based on non-contact infrared thermal imaging. **Endocrine**, v 42, p. 343-351, 2012.

WALDÉN, M.; HÄGGLUND, M.; WERNER, J.; EKSTRAND, J. The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. **Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy**, v.19, p. 3-10, 2011.

WERNER, J. System properties, feedback control and effector coordination of human temperature regulation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 109, p. 13-25, 2010.

2. Objetivo Geral

Apresentar as possibilidades de aplicações da técnica de termografia no ambiente do futebol, bem como realizar acompanhamento prático do uso da termografia, além de estabelecer o perfil termográfico em membros inferiores de jogadores de futebol profissional.

2.1 Objetivos Específicos

Artigo 1

Apresentar as principais possibilidades de aplicação da termografia infravermelha no futebol profissional.

Artigo 2

Monitorar por meio de imagens termográficas a bilateralidade térmica das articulações do joelho na condições pré-lesão, imediatamente após uma lesão e na cirurgia, assim como ao longo da recuperação.

Artigo 3

Estabelecer o perfil térmico de jogadores de futebol profissional, verificar se a função táctica altera esse perfil, bem como propor pontos de áreas hipo ou hiper-radiadas em diferentes regiões corporais de interesse.

3. ESTUDOS PRODUZIDOS

3.1 ESTUDO 1 – Termografia aplicada ao futebol *

Resumo

Introdução: O desenvolvimento e aplicação de recursos tecnológicos têm sido fundamentais no desenvolvimento do rendimento dos atletas nos mais diversos esportes, especialmente no futebol. Diversas tecnologias vêm sendo empregadas na modalidade com intuito de potencializar a performance dos atletas, otimizar a recuperação após estímulos e auxiliar no processo de prevenção de lesões, como por exemplo a termografia infravermelha. **Objetivo:** Apresentar as possibilidades de aplicação da termografia infravermelha no âmbito do futebol. **Metodologia:** Foi realizada uma revisão narrativa, com referências bibliográficas diversificadas na temática de termografia e futebol, em diferentes bases de dados, como Scielo, Pubmed e lista de referências dos artigos selecionados, de forma a compor um referencial teórico para seu emprego no futebol. **Resultado:** A termografia pode ser empregada no futebol de diferentes formas: a) no auxílio no controle de carga física de treinamento; b) na prevenção de lesões; c) como apoio clínico na contratação de um novo atleta; d) no auxílio no monitoramento de lesões e na reabilitação de um atleta; e) como auxílio em um dos processos de *recovery* (crioimersão). **Conclusão:** A termografia é uma ferramenta extremamente versátil que pode dar suporte a diferentes membros de uma comissão técnica de uma equipe de futebol. Ela pode dar suporte desde a tomada de decisão sobre a contratação ou não de um jogador, ao permitir a possibilidade de identificar lesões “ocultas” ortopédicas, bem como no seu dia a dia, auxiliando na prevenção de lesões, ou mesmo em seu monitoramento, caso elas ocorram, em busca de um estado de normalidade térmica. Existem indícios de que ela possa ser usada como forma de controle de carga de treino.

Palavras-chave: Performance; Prevenção de lesões; Temperatura da pele; Termografia; Termorregulação.

Abstract

TITLE: Thermography applied to soccer

Introduction: The development and application of technological resources have been fundamental in the development of athletes' performance in diverse sports, especially in soccer. Several Technologies have been used in the modality in order to enhance athletes' performance, optimize post-stimulus recovery and assist in the injury prevention process, such as infrared thermography (IRT). **Objective:** To present the possibilities of application of infrared thermography in the field of soccer.

Methodology: A narrative review was carried out, with diversified bibliographic references on the theme of thermography and soccer, in different databases such as Scielo, Pubmed, and references of the articles raised that were considered interesting, for the composition of the text, in order to compose a reference theory for its

employment in soccer. **Result:** IRT in soccer can be used in different ways, namely: a) in helping to control the physical training load; b) in the prevention of injuries; c) as clinical support in hiring a new athlete; d) assistance in monitoring injuries and recovery of an athlete; e) aid in recovery (cryoimmersion). **Conclusion:** Infrared thermography is an extremely versatile tool that can support different members of a soccer team's coaching staff. It can provide support from the decision-making process on whether or not to hire a player, by allowing the possibility of identifying "hidden" orthopedic injuries, as well as in their daily lives, helping to prevent injuries, or even monitor them, if they occur, in search of a state of thermal normality. There are indications that it can be used as a form of training load control.

Keywords: Performance; Injury prevention; Skin temperature; Thermography; Thermoregulation.

Introdução

O desenvolvimento e aplicação de recursos tecnológicos têm sido fundamentais no desenvolvimento do rendimento dos atletas nos mais diversos esportes, especialmente no futebol. Atualmente, existem softwares que fornecem uma série de dados que auxiliam a interpretação do rendimento individual do atleta, bem como da equipe, como por exemplo a tecnologia de Sistemas de Posicionamento Global (GPS), que provavelmente é a ferramenta de monitoramento mais utilizada para registrar cargas de trabalho durante treinos e competições futebolísticas¹. Além desta, outras tecnologias vêm sendo empregadas no futebol com intuito de potencializar a performance dos atletas, otimizar a recuperação pós-estímulos e auxiliar no processo de prevenção de lesões, como por exemplo os monitores cardíacos², ferramentas para avaliações do status neuromuscular^{3,4} e a termografia infravermelha (TI)⁵.

Nos últimos anos, a termografia infravermelha (TI) tem sido proposta como uma ferramenta a ser utilizada com aplicações interessantes tanto na medicina esportiva, na fisioterapia, como também no auxílio de determinação da carga de treinamento⁵. A TI vem sendo usada em diversos esportes de alto rendimento. Na natação, a técnica pode ser aplicada para avaliar a atividade muscular após um nado específico⁶, bem como para identificação do perfil de simetria térmica de membros superiores e inferiores de nadadores de elite⁷. Em esportes coletivos, como o voleibol, onde o calendário anual normalmente é composto por um período prévio de preparação relativamente curto, seguido por um longo espaço competitivo⁸, a TI vem sendo útil para detectar assimetrias térmicas e, com base nelas, se estruturar uma carga de treinamento adequada⁹.

A TI empregada em um clube de futebol pode atender a diferentes funcionalidades, como: auxílio no controle de carga de treinamento; prevenção de lesões através de um diagnóstico precoce de um processo inflamatório; subsídio clínico na contratação de um novo atleta; auxílio no monitoramento de lesões e na reabilitação de um atleta; recuperação pós jogos e treinos; e auxílio em um dos processos de *recovery* (crioimersão). Dessa forma, ela pode ser considerada uma ferramenta multiusuário, pois atende ao fisiologista, preparador físico, fisioterapeuta e médico. Após realizar buscas nas bases de dados Scielo e Pubmed utilizando os

termos “thermography” e “soccer”, foram identificados alguns estudos sobre a aplicação da TI no futebol¹⁰⁻¹⁶. No entanto, observa-se que a densidade de publicações científicas relacionando a termografia com o futebol ainda é escassa, mas vem crescendo com o passar dos anos.

Esta revisão visa apresentar um referencial teórico que possa subsidiar a tomada de decisão de implantar um setor de termografia em um clube de futebol, mostrando sua versatilidade multiusuário, e a aplicação de uma série de funcionalidades em prol da saúde e rendimento do atleta. Assim, o objetivo do estudo é apresentar as possibilidades de aplicação da termografia infravermelha no âmbito do futebol.

Possibilidades de Aplicação da Termografia no Futebol

A. TI como auxílio no controle de carga física de treinamento

A carga física de treino compreende um somatório de estímulos de treinamento relacionados com o volume e intensidade, gerando diferentes níveis de estresse físico, desde cargas baixas, que estão mais relacionadas com momentos de recuperação ativa, restauração, readaptação ao treino, até cargas elevadas com o objetivo de adaptação positiva do atleta, que, quando mal dimensionadas, podem induzir uma lesão ou um estado de sobre-treinamento¹⁷.

O futebol é caracterizado por uma grande exigência física intermitente, contendo esforços de longa e curta duração, porém de elevada potência e intensidade¹⁸. Uma série de estratégias tem sido empregada para monitorizar a capacidade de estresse físico e recuperação do atleta, seja ele por meio de parâmetros bioquímicos, como a CK¹⁹ e a PCR²⁰, resultados de testes de salto³, variabilidade da frequência cardíaca²¹, escalas subjetivas, como a de Borg²² modificada por Foster et al.²³, e a TI, que vem sendo muito utilizada devido ao seu potencial de identificação do processo inflamatório através de aumento de temperatura em determinado grupo muscular, auxiliando os profissionais no processo de recuperação⁵.

A carga física do futebol ocasiona microlesões, especialmente nas fibras musculares, gerando assim processos inflamatórios com potencial efeito perturbador na homeostase térmica local. Dessa maneira, a TI pode ser uma alternativa para

monitorar essa resposta fisiológica, por detectar pequenas variações de temperatura, as quais mostram precocemente o início de um processo inflamatório, que ainda não apresentou sinais e sintomas clássicos (dor, edema e parestesia), atuando, assim, de forma preventiva no aparecimento de lesões que impeçam a dinâmica normal de treinamento do atleta.

Tendo em vista que após a realização de um exercício físico a resposta de recuperação gera uma fase de inflamação¹¹ com potencial efeito gerador de calor em decorrência do aumento do metabolismo local e que as lesões musculares desencadeiam processos inflamatórios, consequentemente, é possível especular que a TI tenha potencial possível para avaliar o nível inflamatório por meio do gradiente de temperatura. Dessa maneira, pode-se considerar que o emprego da termografia possa ser sensível a captar essas alterações térmicas, a fim de ajudar a controlar o plano de treinamento e a curva de recuperação do atleta, de forma a minimizar o risco lesional.

Especificamente em situação de competição, o efeito da resposta térmica em membros inferiores após um jogo de futebol profissional foi avaliado por Fernandes et al.¹⁴, os quais observaram que a participação em uma partida de futebol profissional pode induzir aumento significativo da temperatura na pele, medido pela TI 24 horas após a partida (Figura 1). Especula-se que a TI possa ser empregada como um indicador de dano muscular e, assim, auxiliar no processo de controle de treinamento, fazendo parte de um programa de prevenção de lesões em clubes de futebol profissional.

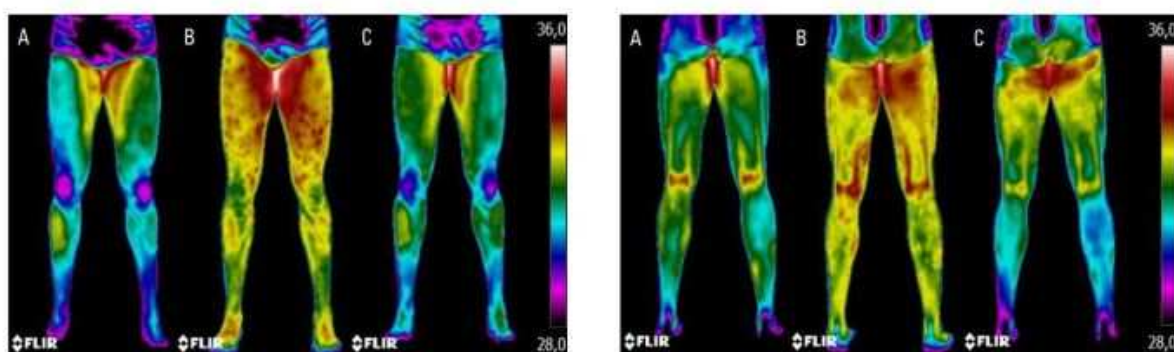


Figura 1. Termogramas das regiões frontais e regiões dorsais: (A) 24 horas antes da partida, (B) 24 horas após o início da partida e (C) 48 horas após o início da partida.

Fonte: Fernandes et al. (2017).

A figura 2 apresenta uma situação semelhante de outro jogador de futebol profissional antes e após 24 horas de uma partida oficial, em que se pode observar um comportamento semelhante de aumento da temperatura.

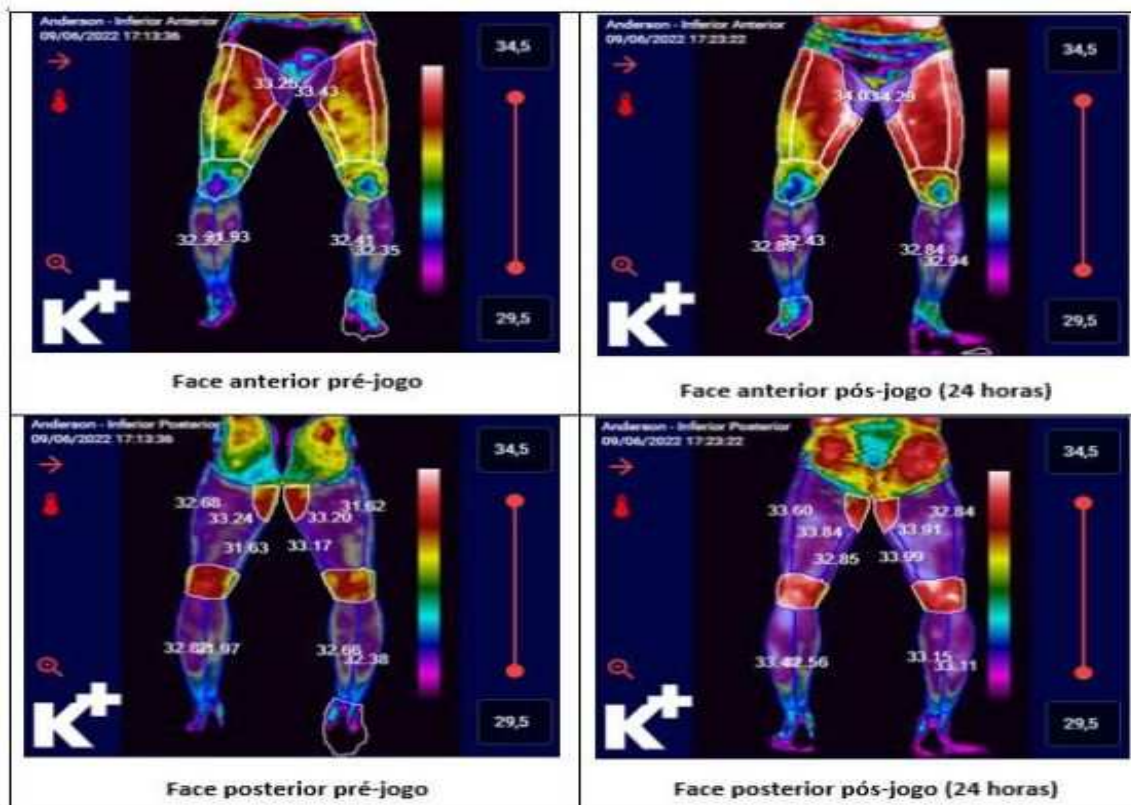


Figura 2. Comportamento térmico de membros inferiores, faces anterior e posterior, de um jogador de futebol antes e após 24 horas de uma partida de futebol.

Fonte: banco de imagens do Laboratório de Performance Humana.

Nas imagens apresentadas anteriormente (Figura 2) é possível observar nitidamente, de forma qualitativa e quantitativa, um aumento da temperatura da região adutora ($\Delta 0,8^{\circ}\text{C}$ para o lado direito e $0,9^{\circ}\text{C}$ para o lado esquerdo) e de tibiais laterais e mediais ($\Delta 0,5^{\circ}\text{C}$ para o lado direito e $0,6^{\circ}\text{C}$ para o lado esquerdo), ao passo que na região posterior isso ocorre de forma ampla em toda a musculatura posterior de coxa ($\Delta 0,9^{\circ}\text{C}$ para os dois lados) e perna ($\Delta 0,6^{\circ}\text{C}$ para os dois lados).

Rodrigues Júnior et al.¹³ realizaram um estudo em que correlacionaram força muscular e assimetrias de temperatura da pele nos membros inferiores de jogadores de futebol de elite antes e após uma temporada competitiva. Os resultados indicaram que a temperatura da pele e biomarcadores estão maiores após o período competitivo, mesmo após um intervalo de 72 horas de inatividade. Já a altura do salto CMJ foi menor na mesma condição citada. Foi verificada correlação forte e

positiva entre as assimetrias de força e a temperatura da pele antes e após o período competitivo.

Em outro estudo de Fernandes et al.¹⁵, levando em consideração apenas três dias (72 horas) de recuperação para uma nova partida, 24 horas após a temperatura da pele de membros inferiores e 48 horas após a CK, verificou-se uma resposta inflamatória maior **dessa segunda partida** comparada à primeira. A resposta inflamatória aguda apresentada após partidas de futebol resulta no aparecimento de alguns sinais, como: calor, vermelhidão, dor e edema¹⁶. Esse fenômeno é atribuído ao fato de a participação em uma partida de futebol resultar em elevado estresse fisiológico, provocando alterações termorregulatórias, estruturais e bioquímicas, as quais perduram nos dias subsequentes²⁴.

O emprego da TI como prevenção de lesões no futebol pode melhorar o controle de carga através da análise criteriosa da temperatura da pele dos membros inferiores, associada a outro importante biomarcador, como a proteína C-Reativa²⁰.

Para uma avaliação adequada da oscilação da resposta térmica do atleta, é necessário ter seu perfil térmico. Esse parâmetro, bem definido de forma individual por jogador desde sua contratação, possibilita a identificação de possíveis alterações no decorrer da temporada; caso isso ocorra, a atenção com esse determinado atleta deve ser redobrada.

Para realizar o perfil térmico do atleta são necessárias avaliações termográficas contínuas, auxiliando assim a entender a sua resposta individual. Uma aplicação de carga inadequada poderia produzir um quadro de *overtraining* ou até *overreaching*, fatores esses preponderantes para a perda de energia e performance durante o treino e/ou jogos, e até mesmo para um possível problema ortopédico, como uma distensão muscular, um problema ligamentar ou tendinoso. Portanto, a ação preventiva das lesões é de fundamental importância para se evitar desequilíbrio entre a demanda do exercício e o período de recuperação. A seguir, será mostrado como a TI pode ser usada na prevenção de lesões.

B. TI na prevenção de lesões

Um aspecto fundamental na prevenção de lesões compreende a análise da diferença da temperatura entre os dimídios corporais. A distribuição da temperatura da pele deve exibir simetria contralateral entre membros, já que os ajustes

termorregulatórios dos hemicorpos devem ser semelhantes, em função da estimulação nervosa equilibrada²⁵.

A TI tem sido utilizada no futebol, e demais esportes, para detectar diferença contralateral da temperatura irradiada pela pele dos hemicorpos direito e esquerdo, com o objetivo de prevenir um possível estado lesional²⁶.

O monitoramento térmico comparando partes bilaterais do corpo indica diferentes faixas de normalidade para assimetrias. Existem propostas com diferenças de até 0,25°C²⁷, 0,4°C²⁸, 0,5°C^{29,30} e 0,62°C³¹, que são consideradas aceitáveis. Contudo, é possível indicar a proposta de Pichot²⁸ como de referência para um estado de normalidade que considera até 0,4°C como aceitável. Cabe destacar que Marins et al.⁵ foram além ao propor uma escala de referência sobre os níveis de diferenças bilaterais, conforme indicado no quadro 1.

Quadro 1. Escala de nível de atenção dispensada sobre as diferenças de temperaturas obtidas entre RCI contralateral ou entre duas medidas diferentes do RCI para o mesmo atleta.

DIFERENÇA DE TEMPERATURA	NÍVEL DE ATENÇÃO
≤0.4°C	NORMAL
0.5 – 0.7°C	MONITORAMENTO
0.8–1.0°C	PREVENÇÃO
1.1–1.5°C	ALARME
≥1.6°C	ALTA GRAVIDADE

Marins et al. (2015)

A figura 3 apresenta dois exemplos de diferenças bilaterais. No primeiro tem-se um jogador de futebol profissional com perfil térmico equilibrado, classificado como similaridade térmica, já que as diferenças não superam 0,4°C. Já a segunda corresponde a uma imagem em que se vê uma assimetria de 1,4°C, classificada como ALARME segundo o quadro 1, em que a indicação é direcionar o atleta para o departamento médico, munido dessa importante variável associada a outras, como o resultado de um biomarcador sanguíneo inflamatório, informações sobre os últimos estímulos mecânicos e fisiológicos impostos, e uma simples, porém muito importante, que é o relato do atleta acerca de dores ou qualquer possível queixa. Esse arcabouço de informações aumenta consideravelmente a possibilidade de uma

tomada de decisão assertiva por parte do médico e fisioterapeuta sobre que procedimento será imposto ao atleta.

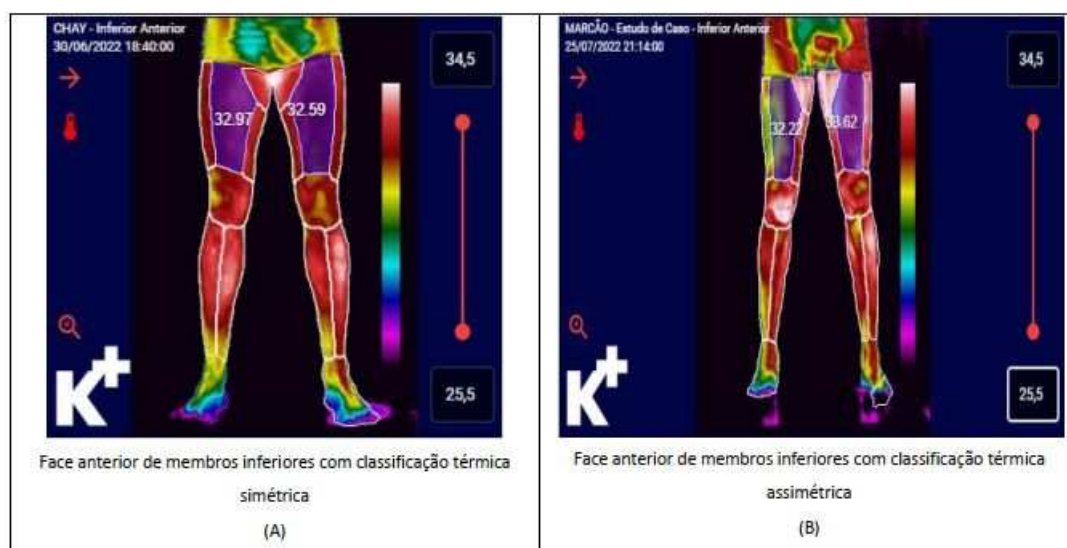


Figura 3. Exemplos de perfis térmicos de membros inferiores, face anterior, considerados simétrico (A) e assimétrico (B) de dois jogadores de futebol profissional.

Fonte: banco de imagens do Laboratório de Performance Humana.

Em se tratando da prevenção de lesões, o trabalho de Gómez-Carmona et al.¹² empregou a termografia em um total de 33 jogadores profissionais de futebol do sexo masculino que se voluntariaram para participar do estudo. Nele foram comparados dois programas de prevenção de lesões aplicados em duas pré-temporadas: um programa convencional e um programa de prevenção de lesões por termografia infravermelha. Comparando a segunda temporada com a temporada anterior, houve declínio de 15 lesões para apenas 6, bem com uma significativa diminuição na gravidade das lesões, reduzindo assim a incidência de lesões musculoesqueléticas na coxa, quadril e virilha. Portanto, suas conclusões indicaram que a TI pode ser usada para determinar como a intensidade da carga de trabalho, o volume de treinamento e as partidas afetam as diferenças bilaterais de temperatura nos jogadores ao longo da temporada. Dessa forma, profissionais da comissão técnica podem adaptar o trabalho especificamente a cada atleta e acompanhar a evolução da sua condição física para prevenir possíveis lesões. No caso de um atleta lesionado, eles podem considerar as mudanças no perfil térmico como um bom parâmetro no processo de recuperação da lesão.

C. TI como apoio clínico na contratação de um novo atleta

A contratação de um jogador de futebol implica uma responsabilidade do corpo técnico, especialmente médico, o qual tem que avaliar se o atleta se encontra em perfeitas condições orgânicas, permitindo assim a incorporação do jogador à nova equipe. As negociações para a contratação de um jogador envolvem elevadas quantias, adequadas para cada realidade de um clube. Em clubes de alto poder aquisitivo da Europa esses valores são milhões de euros. Um exemplo compreende o levantamento dos valores de transferência de jogadores de futebol feita pela CIES Football Observatory³² para a temporada 2022/2023, como o caso da contratação do jogador Erling Haaland (€ 153M) pelo Manchester City.

Os clubes contratantes, ao fazerem investimentos elevados, têm como expectativa que os atletas estejam perfeitamente saudáveis, sem problemas ortopédicos, de forma que possam se incorporar à dinâmica de treinos e jogos e entreguem o devido retorno esportivo o mais rápido possível.

Fatores anatômicos e fisiológicos são altamente importantes na decisão de contratação. O departamento médico e o departamento de fisiologia e performance são acionados, e os profissionais (médicos, fisioterapeutas, fisiologistas, nutricionistas e preparadores físicos) levam à discussão fatores como o histórico de lesões e saúde, seja no aspecto nutricional, odontológico, ortopédico e fisiológico. Usualmente essa dinâmica se dá através da avaliação pré-participação esportiva, em que é realizada uma bateria de exames clínicos: cardiologia, oftalmologia, otorrinolaringologia e ortopedia. Outros testes também fazem parte do protocolo de avaliação, como os funcionais (para inspeção e exame funcional da coluna vertebral, ombro, quadril, joelho, perna, tornozelo e pé). Recomenda-se ainda a realização de testes de amplitude de movimento, equilíbrio muscular e força muscular (salto de uma perna), avaliações específicas e anamneses elaboradas por cada departamento citado. Levando em consideração o aparelho musculoesquelético, o exame mais comumente utilizado é a ressonância magnética.

A TI pode estabelecer um perfil térmico geral (fisiológico) e local (ortopédico), auxiliando na tomada de decisão de contratação ou não, tendo em vista que ela pode aportar informações importantes de forma rápida, não invasiva e inócua ao avaliado⁵. Especificamente quanto à situação ortopédica, tomam-se por

base assimetrias bilaterais com diferenças maiores de $0,4^{\circ}\text{C}$, que vão nortear exames de imagens mais elaborados, para identificar possíveis lesões graves que impliquem a impossibilidade de o jogador atuar, ou mesmo que seja necessária uma intervenção cirúrgica, havendo assim a não recomendação da contratação do jogador.

Portanto, se o departamento médico do clube obtiver essas informações, estas poderão fornecer subsídios para o departamento de análise de mercado e a gerência de futebol do clube decidirem se o atleta reúne a saúde desejada pelo clube e, principalmente, se ele possui condições de performance de forma satisfatória. Isso irá minimizar erros numa eventual contratação, agregando valor aos clubes profissionais de futebol e assegurando-lhes maior retorno esportivo e financeiro. Dessa forma, é extremamente interessante incluir a realização de imagens térmicas (IT) na fase de exploração clínica de um jogador durante sua contratação, pois ela poderá auxiliar a identificar problemas osteomioarticulares “ocultos” e que demandarão exames de imagens mais elaborados para um diagnóstico mais apurado.

D. TI como auxílio no monitoramento de lesões e na reabilitação de um atleta

Por conta da dinâmica física de um jogo de futebol, é extremamente comum ocorrerem lesões ortopédicas causadas por traumas, por excessos de jogos ou por carga de treino mal elaborada. Essas lesões podem ser de diferentes magnitudes, com uma recuperação rápida ou mesmo sendo necessário procedimento cirúrgico. A TI pode auxiliar no monitoramento da evolução da lesão, decorrente da ação fisioterápica e/ou medicamentosa.

Após uma lesão, espera-se uma diferença bilateral térmica importante (Figura 4). Durante a fase de tratamento é esperado que essa diferença possa ir regredindo progressivamente, até retornar ao estado de normalidade térmica, como indicado no quadro 1. Dessa maneira, a TI deve ser usada como suporte de tomada de decisão por parte dos fisioterapeutas e médicos envolvidos na recuperação do jogador. A figura 4 apresenta cinco condições temporais de um jogador de futebol profissional: (1) antes de se lesionar, apresentando um quadro de similaridade térmica; (2) após uma lesão de fratura do polo inferior da patela direita em situação de treinamento; (3) 11 dias após a cirurgia – atleta em fase de repouso; (4) 47 dias

após a cirurgia – atleta submetido a intervenções fisioterápicas; e (5) 65 dias após a cirurgia – atleta é submetido a estímulos específicos da modalidade no campo, mas não responde bem, pois em paralelo ele contratou um profissional e por sete dias fez atividades além do programado pelo staff do clube, apresentando um processo inflamatório no local.

Esse exemplo mostra que mesmo após 65 dias de recuperação ainda não havia retornado à normalidade térmica da região operada, em razão de práticas não recomendadas adotadas pelo jogador, que não seguiu as orientações médicas e dos fisioterapeutas, o que resultou em sua incapacidade de voltar a atuar.

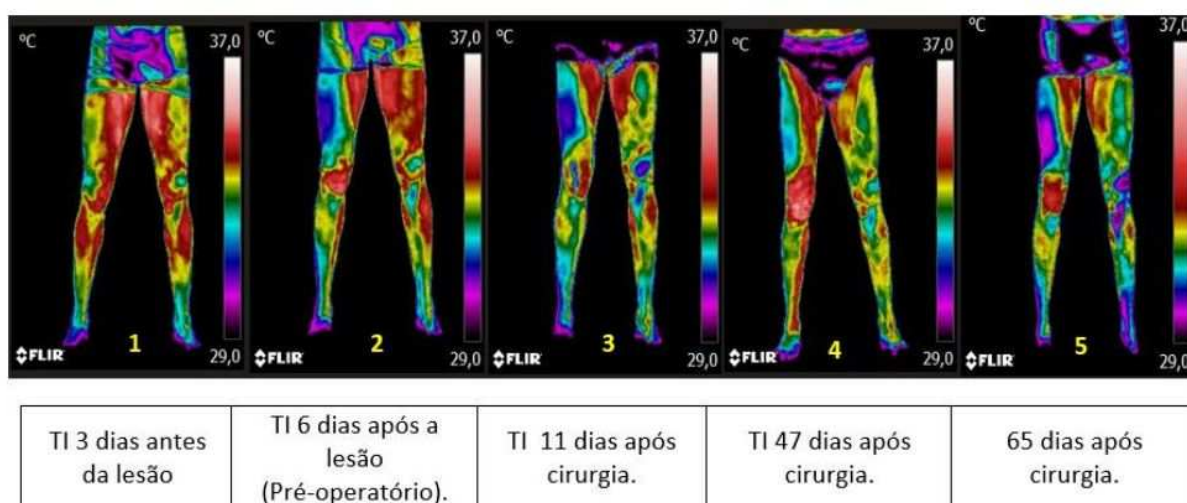


Figura 4. Cinco condições temporais de um jogador de futebol profissional, entre a situação pré-lesão, pós-operatório e fase de recuperação não adequada.

Fonte: banco de imagens do Laboratório de Performance Humana.

A TI também pode auxiliar o médico em duas importantes situações: a) detectar um local de dor, quando, após uma intervenção palpatória, ele confirmará com exatidão o ponto de gatilho de dor, também conhecido como *trigger point* no complexo miofascial; e b) estabelecer uma intervenção medicamentosa, em que as respostas dos fármacos poderão estar associadas à diminuição de dor local, da temperatura e, consequentemente, da inflamação.

E. TI como auxílio no recovery (crioimersão)

É muito comum que os atletas apresentem desconfortos e/ou dores musculares logo após a prática de treinamentos mais intensos e jogos, e essa

situação acaba prejudicando diretamente a programação de treinos e demais atividades do dia a dia deles. Essas dores e incômodos, também chamadas de dor muscular de origem tardia (DMOT), surgem normalmente até 24 horas, atingindo seu pico entre 24 e 48 horas, e só vêm a diminuir entre cinco e sete dias de recuperação, dependendo da magnitude do dano.

Mediante um calendário de jogos congestionados, com jogos na maioria das vezes até duas vezes por semana, essa espera para ter atletas plenamente recuperados se torna inviável em razão da rotina de treinos, jogos e viagens.

Com o objetivo de amenizar ao máximo esses efeitos, as ações de recuperação são extremamente importantes, considerando a alimentação, suplementação, hidratação e o sono. Por outro lado, ações fisioterápicas têm sido propostas para acelerar a recuperação, como: protocolos de liberação miofascial, botas pneumáticas (compressão), massagem esportiva, ventosaterapia, eletrofototermoterapia (laser – corrente EMS) e atividades de baixa exigência metabólica e impacto, como a hidroginástica e também a crioimersão. Este último procedimento tem sido realizado por décadas como estratégia de recuperação pós-exercício em uma variedade de esportes, e no futebol é muito comum e corriqueiro seu uso. A aplicação de frio diminui a dor, reduz o processo inflamatório e ajuda a recuperação muscular, porém algumas considerações são muito importantes e devem ser observadas.

O atleta deve ser submerso, no mínimo, até as cristas ilíacas, mas pode-se optar pela imersão ao nível do esterno ou até ombros. É preconizado que a temperatura da água para crioimersão seja controlada entre 11°C até 15°C e que o tempo de duração fique entre 11 e 15 minutos³³. Quanto ao momento de iniciar a crioimersão, o ideal é que ela comece imediatamente após o exercício físico ou treinamento. A crioimersão pode ser utilizada em dias consecutivos sem causar problemas ao atleta, porém é mais indicada em dias de treinos ou jogos, em que o esforço é maior que o habitual. Uma única aplicação de crioimersão imediatamente após o esforço é suficiente.

A TI pode ser usada como forma de controle da temperatura que se pretende reduzir em uma área. A figura 5 apresenta um exemplo de uma abordagem de crioterapia local na articulação do joelho, com imagens feitas após 2, 4 e 6 minutos de intervenção. É possível verificar claramente como a ação do gelo reduz agudamente a temperatura média da região em 10,94°C em apenas dois minutos de

intervenção, havendo posteriormente uma resposta compensatória aos quatro e seis minutos.

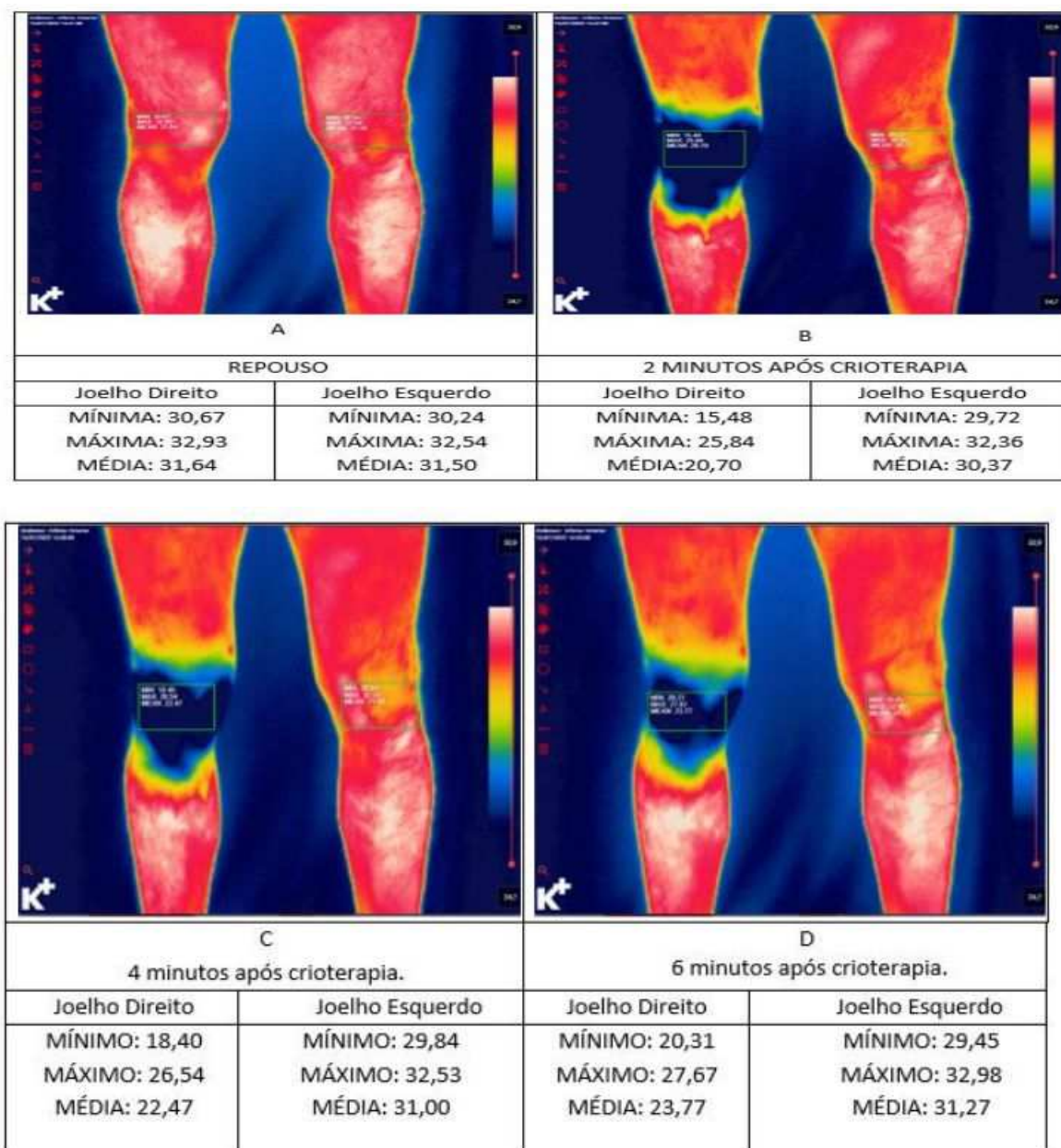


Figura 5. Exemplo da resposta térmica seriada ao longo de seis minutos na articulação do joelho.

Fonte: banco de imagens do Laboratório de Performance Humana.

Conclusão

A TI é uma ferramenta extremamente versátil que pode dar suporte a diferentes membros de uma comissão técnica de uma equipe de futebol. Ela pode dar suporte desde a tomada de decisão sobre a contratação ou não de um jogador, ao permitir a possibilidade de identificar lesões “ocultas” ortopédicas, bem como no seu dia a dia, auxiliando na prevenção de lesões, ou mesmo em seu monitoramento, caso elas ocorram em busca de um estado de normalidade térmica. Por último, existem indícios de que possa ser usada como forma de controle de carga de treino.

4. Referências

1. Akenhead R, Harley JA, Tweddle, SP. Examining the external training load of an English Premier League Football team with special reference to acceleration. *J Strength Cond Res.* 2016;30(9):2424-32.
2. Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(11):1925-31.
3. Claudino JG, Cronin J, Mezêncio B, McMaster DT, McGuigan M, Tricoli V, et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: a meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2017;20(4):397-402.
4. Stanton R, Sally-Anne W, Kean CO. Validity and intra-rater reliability of My Jump app on iPhone6s in jump performance. *J Sci Med Sport.* 2017;20(5):518-23.
5. Marins JCB, Fernández-Cuevas I, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Sillero-Quintana M. Applications of infrared thermography in sports. A review. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte.* 2015;15:805-24.
6. Novotny J, Rybarova S, Zacha D, Novotny JJ, Bernacikova M, Ramadan W. Thermographic evaluation of muscle activity after front crawl swimming in young men. *Acta Bioeng Biomech.* 2017;19(4):109-16.
7. Rezende CM, Silva AG, Encarnação SGA, Carneiro Júnior MA, Marins JCB. Análise da simetria térmica em atletas de natação de alto rendimento. *Pan Am J Med Thermol.* 2021;6:21-9.
8. Lacerda RP, Duarte, TS, Coimbra DR, Timoteo TF, Marins JCB, Miranda R, et al. Comportamento da recuperação de atletas profissionais de voleibol em semanas com jogos e sem jogos. *Col Pesq Educ Fís.* 2015;14:23-30.
9. Berzosa C, Mejías-Martínez M, Valero-Campo C, Bataller-Cervero AV. Thermographic profile of volleyball player and its possible use for injury prevention. *Sports Nutr. Ther.* 2017;2(3):128.
10. Barcelos EZ, Caminhas WM, Ribeiro E, Pimenta EM, Palhares RM. A combined method for segmentation and registration for an advanced and progressive evaluation of thermal images. *Sensors.* 2014;149110;21950- 67.
11. Bandeira F, de Moura MAM, de Souza MA, Nohama P, Neves EB. Can thermography aid in the diagnosis of muscle injuries in soccer athletes? Locomotor apparatus in exercise and sports. *Rev Bras Med Esporte.* 2012;18:246-51.
12. Gómez-Carmona P, Fernández-Cuevas I, Quintana MS, Arnaiz-Lastras J, Navanda A. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. *J Sport Rehabil.* 2020;29(8):1222-7.

13. Rodrigues Júnior JL. Correlation between strength and skin temperature asymmetries in the lower limbs of Brazilian elite soccer players before and after a competitive season. *J Therm Biol.* 2021;99:102-919.
14. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Sillero-Quintana M, Marins JCB, Morandi RF, et al. Effect of a professional soccer match in skin temperature of the lower limbs: a case study. *J Exerc Rehabil.* 2017;13:330-4.
15. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Sillero-Quintana M, Marins JCB, Morandi RF, et al. Skin temperature changes of under-20 soccer players after two consecutive matches. *Sport Sci Health.* 2017a;13:635-43.
16. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Marins JCB, Garcia ES. Application of infrared thermography in the assessment of muscle damage in elite soccer athletes. *MOJ Orthop Rheumatol.* 2017b;8(5):00328.
17. Freitas DS, Miranda R, Bara Filho MG. Marcadores psicológico, fisiológico e bioquímico para determinação dos efeitos da carga de treino e do overtraining. *RBCDH.* 2009;11:457-65.
18. Bangsbo J. Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci.* 1994;12(Spec No:S):5-12.
19. Schuth G, Szigeti G, Dobreff G, Revisnyei P, Pasic A, Toka L, et al. Factors influencing creatine kinase response in youth national team soccer players. *Sports Health.* 2021;13(4):332-40.
20. Duarte W, Rodrigues Júnior JL, Paula LV, Chagas MH, Andrade AGP, Veneroso CE, et al. C-reactive protein and skin temperature of lower limbs of elite Brazilian soccer players like load markers following three consecutive games. *J Therm Biol.* 2022;5:156-69.
21. Rabbani A, Clemente FM, Kargarfard M, Chamari K. Match fatigue time-course assessment over four days: usefulness of the hooper index and heart rate variability in professional soccer players. *Front Physiol.* 2019;10:109.
22. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *MSSE.* 1982;14(5):377-81.
23. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res.* 2001;15(1):109-15.
24. Fernandes AA, Pimenta EM, Da Silva CD, Garcia ES. Comportamento das temperaturas interna e muscular durante o jogo de futebol. *Rev Bras Futebol.* 2015;8(2):3-11.
25. Brioschi MC, Macedo JF, Macedo RA. Termometria cutânea: novos conceitos. *J Vasc Br.* 2003;2:151-60.

26. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors*. 2010;10:4700-15.
27. Verdasca R. Symmetry of temperature distribution in the upper and the lower extremities. *Therm International*. 2008;18(4):154.
28. Pichot C. Aplicación de la termografía en el dolor lumbar crónico. *Rev Soc Española Dolor*. 2001;8:43-7.
29. Uematsu S, Edwin DH, Jankel WR, Kozikowski J, Trattner M. Quantification of thermal asymmetry. *J Neurosurg*. 1988;69:552-5.
30. Niu HH, Lui PW, Hu JS, Ting CK, Yin YC, Lo YL, et al. Thermal symmetry of skin temperature: data of normal subjects in Taiwan. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2001;64:459-68.
31. Feldman F, Nickoloff EL. Normal thermographic standards for the cervical spine and upper extremities. *Skeletal Radiol*. 1984;12(4):235-49.
32. Poli R, Besson R, Ravenel L, Gonzalez T. Valores de transferência: Mbappé de volta ao topo. *Cies Football Observ*, 2022. Disponível em: <https://www.football-observatory.com/IMG/sites/b5wp/2021/wp384/en/> Acesso em: 20 jul. 2022.
33. Machado AF, Ferreira PH, Micheletti JK, Almeida AC; Lemes ÍR, Vanderlei FM, et al. Can water temperature and immersion time influence the effect of cold-water immersion on muscle soreness? A systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2016;46(4):503-14.

3.2 ESTUDO 2

Termografia como ferramenta de auxílio no monitoramento pós-lesão de joelho: um estudo de caso

Resumo

INTRODUÇÃO: O futebol profissional é um esporte com alto índice de lesões, possuindo como características a presença de movimentos bruscos, acelerações, desacelerações, mudanças de direção e contato físico, além da realização frequente de jogos em curtos intervalos de tempo. As imagens termográficas (IT) podem ser uma ferramenta no monitoramento preventivo de lesões, tendo em vista um equilíbrio térmico bilateral ideal inferior a $0,4^{\circ}\text{C}$. Contudo, também pode ser utilizada na fase de recuperação após lesões. **OBJETIVO:** Comparar por meio de imagens termográficas a bilateralidade térmica das articulações do joelho nas seguintes condições: pré-lesão, imediatamente após uma lesão, após a cirurgia e tratamento. **MÉTODO:** Compreendeu um estudo de caso de um atleta de futebol profissional, que em ambiente de treino teve uma lesão de joelho do tipo fratura de polo inferior da patela direita, a qual foi diagnosticada por exame de imagem (ressonância magnética), havendo necessidade de intervenção cirúrgica. As ITs foram realizadas em quatro momentos: pré-lesão, pós-lesão, pré-cirurgia e no pós-cirúrgico (totalizando aproximadamente 85 dias). Elas foram feitas empregando um sensor de infravermelho (FLIR® T420) com resolução de 320×240 pixels, com emissividade de 0,98. Foi empregado o software Kelvin + na face anterior de membros inferiores, para estimar a temperatura máxima, média e mínima de cada joelho. **RESULTADOS:** Antes da lesão a diferença bilateral da temperatura máxima, média e mínima entre os joelhos indicava um quadro de normalidade térmica. Após seis dias da lesão a diferença da temperatura máxima aumentou em $1,09^{\circ}\text{C}$. Após 11 dias de cirurgia, houve redução dessa diferença, caindo para $0,81^{\circ}\text{C}$, indicando o efeito positivo da intervenção cirúrgica e da ação medicamentosa. Entretanto, após 65 dias da intervenção cirúrgica a diferença registrada era considerável, sendo de $3,57^{\circ}\text{C}$, o que indica uma recuperação inadequada, provavelmente com presença de inflamação, visto que o atleta não seguiu as orientações de recuperação, não oferecendo assim condições para que ele voltasse a treinar como previsto

inicialmente. **CONCLUSÃO:** As ITs auxiliaram diretamente no acompanhamento do tratamento e da evolução clínica do atleta, podendo ser uma ferramenta auxiliar importante na condição de sua recuperação pós-intervenção cirúrgica. Os resultados obtidos, especialmente na última avaliação, indicam que o procedimento de recuperação não foi adequado.

Palavras-chave: imagens termográficas; futebol; lesões esportivas; joelho.

Thermography as an aid in post-injury knee monitoring: a case study

Abstract

INTRODUCTION: Professional soccer is a sport with a high level of injuries, characterized by the presence of sudden movements, accelerations, decelerations, changes of direction, contact, and a high frequency of games played with a short interval between them. Thermograms can be used to monitor injuries, given that the ideal bilateral thermal balance is less than 0.4°C . However, it can also be used in the recovery phase after injury. **OBJECTIVE:** To compare, using thermograms, the thermal bilaterality of knee joints in the pre-injury condition, immediately after injury, surgery and treatment. **METHOD:** This was a case study of a professional soccer player who, during training, suffered a knee injury such as a fracture of the lower pole of the right patella, which was diagnosed by imaging examination and required surgical intervention. Thermograms were carried out at four different times: pre-injury, post-injury, pre-surgery and post-surgery (totaling approximately 85 days). Thermograms were performed using an infrared sensor (FLIR® T420) with a resolution of 320×240 pixels and an emissivity of 0.98. Kelvin + software was used on the anterior surface of the lower limbs to estimate the maximum, average and minimum temperature of each knee. **RESULTS:** Before the injury, the bilateral difference in maximum, mean and minimum temperature between the knees was normal. Six days after the injury, the difference in maximum temperature increased by 1.09°C as a result of the injury. Eleven days after surgery, this difference decreased to 0.81°C , indicating the positive effect of the surgery and medication. However, 65 days after the surgery, the difference was considerable, at 3.57°C , indicating inadequate recovery, probably with presence of inflammation, given that the athlete did not follow the recovery guidelines, thus not being able to return to training as originally planned. **CONCLUSION:** Thermograms helped directly in monitoring the athlete's treatment and clinical progress and can be an important auxiliary tool in the athlete's recovery condition after surgery. The results obtained, especially in the last evaluation, indicate that the recovery procedure was inadequate.

Keywords: thermographic imaging; soccer; sports injuries; knee.

Introdução

O futebol profissional é um esporte com alto índice de lesões devido a fatores intrínsecos e extrínsecos, caracterizados pela presença de movimentos bruscos, como acelerações, desacelerações e mudanças de direção, além do contato físico frequente, e um grande número de jogos realizados em curtos intervalos de tempo. Esses fatores aumentam a ocorrência de lesões, que podem ser de origem muscular, articular ou esquelética. Os membros inferiores lideram as estatísticas de áreas com maior prevalência de lesões no futebol (85,2%), com destaque para os tornozelos (29,4%), os quadríceps (11,7%) e os isquiotibiais (11,7%) (Martins *et al.*, 2022).

Segundo Shea (2011), o futebol é um dos esportes com maior índice de lesões nos membros inferiores. A articulação do joelho é exposta a condições de carga física elevada e à possibilidade de trauma direto, tornando-se assim muito propensa a lesões, devido à sua mobilidade e à variedade de tensões a que é submetido durante uma partida de futebol. Quando lesionado, dependendo da gravidade, o atleta poderá passar por uma intervenção cirúrgica, seguida de intervenção fisioterápica e medicamentosa. Dessa maneira, é necessário um controle de toda a fase de recuperação a fim de garantir que ela ocorra de forma adequada e que o atleta possa retornar à prática esportiva.

Assim, ter um instrumento prático que possa auxiliar no processo de acompanhamento dessa fase de recuperação é importante para o conjunto de profissionais envolvidos nesse processo.

A termografia infravermelha (TI) tem sido usada para auxiliar no diagnóstico de lesões (Marins *et al.*, 2015; Menezes *et al.*, 2018), porém estudos de forma longitudinal não são habituais. Assim, este estudo teve como objetivo monitorar, através da TI, todo o processo de recuperação pós-cirúrgico de uma lesão traumática no joelho de um atleta de futebol profissional.

Metodologia

A metodologia compreendeu um estudo de caso de um atleta de futebol profissional da série A do estadual e série D do nacional, que em ambiente de treino sofreu uma lesão de joelho do tipo fratura de polo inferior da patela direita. A lesão foi diagnosticada por meio de exame de imagem (ressonância magnética) e foi necessária uma intervenção cirúrgica. Utilizou-se a TI para o monitoramento da temperatura da pele (TP) antes e após a intervenção cirúrgica no joelho devido à lesão, bem como durante a fase de recuperação, que envolveu tratamento medicamentoso e fisioterápico ao longo de 65 dias.

O sujeito do estudo foi um jogador de futebol profissional brasileiro do sexo masculino, com 32 anos, 77 kg, estatura de 191 cm, 11% de gordura, profissional desde os 17 anos (15 anos jogando profissionalmente sem ter passado por nenhuma divisão de base anteriormente). Ele é destro e atua como zagueiro. O jogador já teve uma lesão tratada no menisco medial esquerdo em 2013. A equipe estava no período de pré-temporada, com sete sessões de treinamento realizadas até então. A lesão ocorreu no dia 21/1/2021, dez dias depois da apresentação de todo o elenco, após um período de férias, havendo feito basicamente testes físicos.

Condições do trauma

O momento do trauma ocorreu em um treinamento de simulação de jogo (treino coletivo). Após um choque com outro jogador, o atleta apresentou imediatamente intensas dores no joelho direito e impossibilidade de se locomover sozinho. Sete dias após o trauma, foi realizada uma avaliação por imagem através da ressonância magnética (Figura 1), que resultou no seguinte diagnóstico: fratura de polo inferior da patela direita, com necessidade de intervenção cirúrgica.



Figura 1. Imagem de uma ressonância magnética com diagnóstico de fratura de polo inferior da patela direita.

Condições da cirurgia

A cirurgia ocorreu 14 dias após o trauma, sendo efetuada a inserção de dois parafusos com a finalidade de acelerar o processo de consolidação. O procedimento consistiu na realização de um acesso direto sobre a patela, seguido pela redução incruenta da fratura e osteossíntese com dois parafusos canulados de 4,5 mm em aço, permitindo assim o retorno rápido aos movimentos do joelho. A cirurgia foi realizada em um hospital público do governo brasileiro, tendo como responsável o próprio médico-ortopedista do clube. A figura 2 ilustra a condição pós-operatória.



Figura 2. Radiografia com imagem da condição 14 dias após a intervenção cirúrgica da lesão no polo inferior da patela direita.

Ações fisioterápicas e medicamentosas na fase de recuperação

O atleta iniciou o uso de dois medicamentos: o antibiótico ciprofloxacino 500 mg a cada seis horas por sete dias e o anti-inflamatório nimesulida 100 mg a cada 12 horas por cinco dias. Ele permaneceu em total repouso por 3 dias e 14 dias com o joelho imobilizado estendido até a retirada dos pontos.

O tratamento fisioterápico teve início após 18 dias de cirurgia. Foi pautado em diminuir o edema, diminuir a aderência cicatricial, recuperar o arco de movimento na articulação, aumentar a força muscular no membro inferior, melhorar a capacidade proprioceptiva e permitir o retorno aos movimentos gestuais. As abordagens fisioterápicas incluíram as seguintes ações:

- a) Eletroanalgesia TENS - 20 minutos por sessão, 3 vezes ao dia.
- b) Laserterapia - 3 minutos por sessão, 1 vez ao dia.
- c) Liberação Cicatricial - 10 minutos, 3 vezes ao dia.
- d) Mobilização Patelar - 10 minutos, 3 vezes ao dia.
- e) Eletroterapia Corrente Russa - 20 minutos por sessão, 2 vezes ao dia.
- f) Cinesioterapia - exercícios para fortalecimento muscular de membros inferiores.
- g) Mecanoterapia - bicicleta 20 min, 3 vezes ao dia.
- h) Propriocepção - exercícios na cama elástica, bosu e plataforma Isoinercial.

O planejamento semanal de intervenção fisioterápica compreendeu sessões de fisioterapia seis vezes por semana, com descanso aos domingos, acompanhando a seguinte dinâmica: a) período da manhã: 9h às 12h; b) período da tarde: 13h às 17h; c) período da noite: 18h às 20h. Durante as duas semanas após o trauma, foram realizadas três sessões diárias, sendo os dois primeiros períodos no clube e o último em sua própria residência no período noturno, com acompanhamento do fisioterapeuta do clube. A partir da terceira semana, o número de intervenções fisioterápicas foi reduzido para duas sessões diárias, realizadas exclusivamente no departamento médico do clube.

Monitoramento termográfico

Este estudo só foi possível porque o mapeamento termográfico dos jogadores compreende uma rotina habitual, havendo assim o registro de imagens térmicas (IT) do jogador antes da lesão, revelando uma normalidade térmica, com diferença bilateral inferior a $0,4^{\circ}\text{C}$. Dessa maneira, tomou-se a decisão de fazer o monitoramento térmico da região lesionada ao longo de todo o período de recuperação, incluindo a cirurgia, ao longo de 85 dias. Desses, 65 dias foram após a cirurgia, durante os quais a fase de recuperação foi monitorada, incluindo intervenções fisioterapêuticas, medicamentosas e retorno gradual às atividades de treinamento.

As ITs foram realizadas em três momentos distintos: pré-lesão (duas imagens), pré-cirúrgico (uma imagem) e no pós-cirúrgico (nove imagens), registradas ao longo de 85 dias de monitoramento. No período pós-cirúrgico, as imagens foram capturadas após 11, 18, 23, 25, 28, 46, 47 e 51 dias de intervenção cirúrgica, sendo a última feita após 65 dias.

Em todos os momentos, as imagens térmicas foram obtidas no mesmo horário do dia (8 horas). O ambiente de coleta teve a temperatura média de $22,4 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$ e umidade de $53,6 \pm 1,3\%$, registradas com um termoanemômetro (Minipa®, MT-242) (Marins *et al.*, 2014a). Para os registros das ITs foi adotado o Checklist proposto por Moreira *et al.* (2017). O participante informou seus dados individuais relevantes, foi previamente instruído a evitar bebidas alcoólicas, cafeína, refeições grandes, pomadas, cosméticos e tomar banho quatro horas antes da avaliação.

Antes de qualquer atividade de manipulação e/ou afins da região anatômica acometida, foi seguido o protocolo recomendado por Moreira *et al.* (2017), que estabelece as rotinas de conduta para a coleta de imagens termográficas no departamento médico do clube.

Durante a avaliação termográfica, o atleta foi posicionado longe de qualquer fonte de radiação infravermelha ou fluxo de ar. Foi respeitado um período mínimo de aclimação de 15 minutos com as pernas descobertas na sala de teste, seguindo o período de aclimação mínimo proposto por Marins *et al.* (2014b). As ITs foram capturadas empregando um sensor de infravermelho (FLIR® T420) com resolução de 320 × 240 pixels. Todas as imagens foram processadas usando um fator de emissividade de 0,98 para obter temperaturas da pele humana. O atleta ficou em uma posição anatômica a 3 m de distância da câmera, sobre uma plataforma de madeira.

A câmera foi ligada 30 minutos antes do teste para permitir a estabilização do sensor, seguindo as diretrizes do fabricante, e as imagens foram gravadas perpendicularmente à região de interesse. As ITs obtidas foram transferidas para o software Kelvin +, por meio do qual foi quantificada automaticamente a temperatura da pele da região anterior do joelho (lados direito e esquerdo).

O software permitiu o registro da temperatura média, mínima e máxima de cada área, possibilitando o cálculo das assimetrias bilaterais, bem como a evolução da temperatura ao longo do tempo. Para análise da assimetria bilateral do joelho, foi adotada a proposta de Marins *et al.* (2015), em que valores inferiores a 0,4°C são considerados normais.

Resultados

O quadro 1 apresenta as temperaturas médias e as assimetrias bilaterais obtidas em ambas as articulações ao longo da coleta de dados, nos diferentes momentos de monitoramento: antes da lesão, no pré-operatório e de forma serial em intervalos de aproximadamente uma semana no pós-lesão (PL), ao longo de 65 dias.

Para uma análise qualitativa, a figura 3 apresenta o “avatar” das imagens de análise do software Kelvin + na face anterior de membros inferiores, ao longo do tempo, desde sua condição pré-lesão até imediatamente após a lesão (antes da cirurgia) e ao longo de 65 dias de recuperação. Também são fornecidos os valores

da temperatura (mínima, média e máxima) de cada joelho, bem como as diferenças bilaterais observadas.

Quadro 1. Temperaturas médias irradiadas da pele, obtidas em (°C), em ambas as articulações ao longo da coleta de dados.

Momento	AL-1	AL-2	PRÉ-OP	PO-1	PO-2	PO-3	PO-4	PO-5	PO-6	PO-7	PO-8	PO-9
Data	16/01	18/01	27/01	15/02	22/02	27/02	01/03	04/03	22/03	23/03	27/03	10/04
JD	34,31	35,78	35,92	33,63	35,74	35,55	36,59	36,64	36,61	36,82	36,62	36,61
JE	34,30	34,79	34,82	32,82	32,80	33,16	33,04	34,05	34,06	34,55	33,74	33,04
Δ °C	0,01	0,99	1,09	0,81	2,94	2,40	3,55	2,60	2,55	2,27	2,88	3,57

Legenda: JD = joelho direito; JE = joelho esquerdo; Δ °C = diferença bilateral de temperatura entre o JD e JE; AL1 = antes da lesão - momento 1; AL2 = antes da lesão - momento 2; PRÉ-OP = pré-operatório; PO1 = pós-operatório - momento 1; PO2 = pós-operatório - momento 2; PO3 = pós-operatório - momento 3; PO4 = pós-operatório - momento 4; PO5 = pós-operatório - momento 5; PO6 = pós-operatório - momento 6; PO7 = pós-operatório - momento 7; PO8 = pós-operatório - momento 8; PO9 = pós-operatório - momento 9.

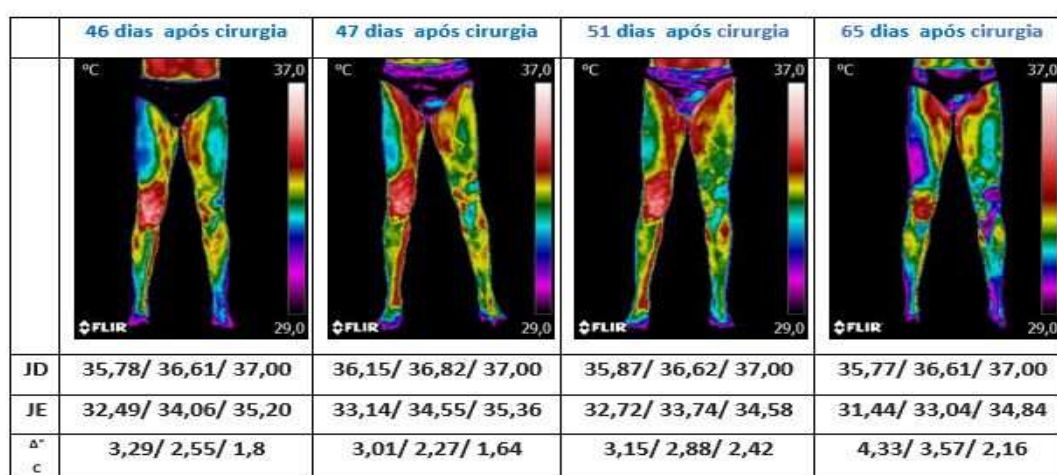
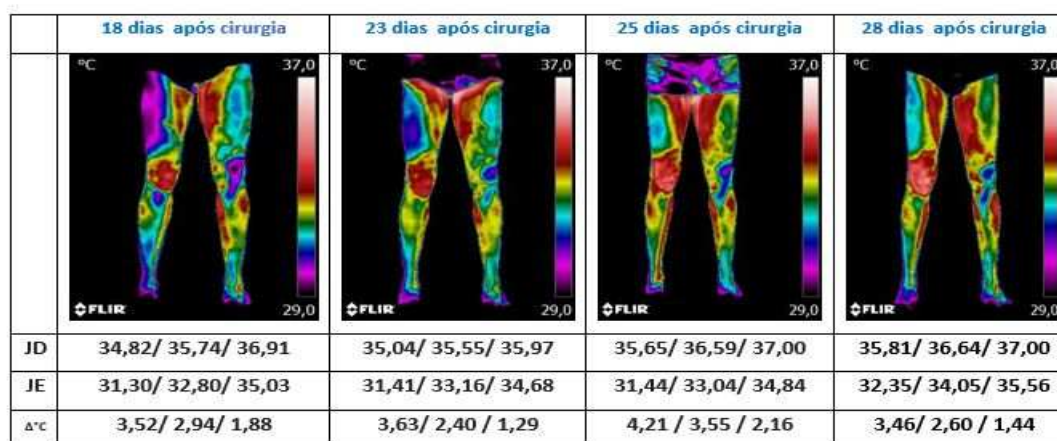
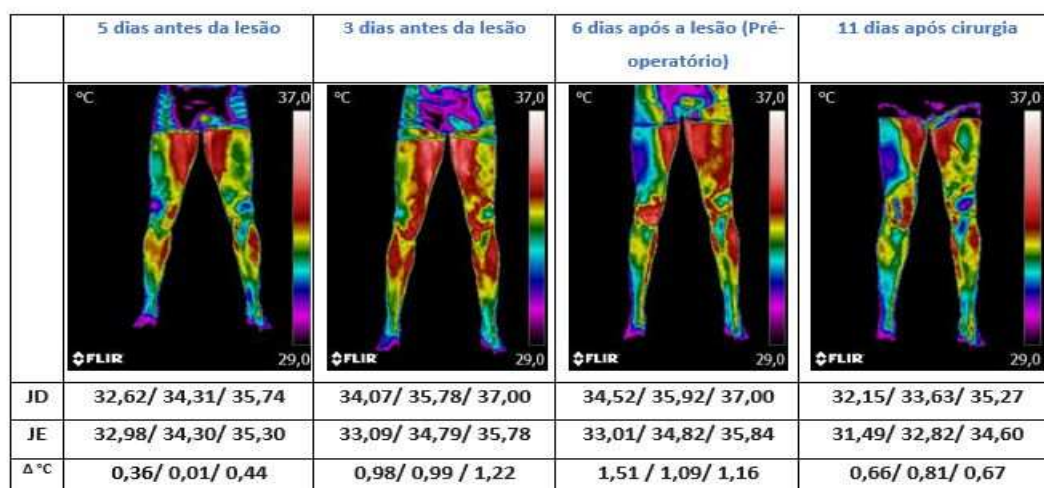


Figura 3. Termogramas de membros inferiores na visão anterior na condição pré-lesão, imediatamente pós-lesão (antes da cirurgia) e ao longo do período de recuperação (valores mínimos, médios e máximos de temperatura em $^{\circ}\text{C}$).

Legenda: JD = joelho direito; JE = joelho esquerdo; $\Delta^{\circ}\text{C}$ = diferença bilateral de temperatura entre o JD e JE.

Discussão

Mais recentemente, a TI tem sido empregada como uma ferramenta auxiliar no campo esportivo, especialmente na prevenção de lesões e no monitoramento da evolução do tratamento após um trauma (Corte *et al.*, 2019). Isso se fundamenta no equilíbrio térmico, no qual os dimídios corporais, ou lados direito e esquerdo, devem apresentar uma assimetria térmica igual ou inferior a $0,5^{\circ}\text{C}$ (Marins *et al.*, 2015). Quando ocorrem diferenças maiores que esses valores, isso é um forte indicador de que existe um quadro de hiper ou hiporradiação sugestivo de lesão (Hildebrandt *et al.*, 2012; Arfaoui *et al.*, 2012; Marins *et al.*, 2015). Portanto, as informações obtidas por meio dos termogramas puderam auxiliar diretamente no acompanhamento do tratamento e na sua evolução clínica.

Lesões musculoesqueléticas são conhecidas por provocar mudanças locais na TP (Hildebrandt *et al.*, 2012; Arfaoui *et al.*, 2012). No presente estudo isso ficou bem evidente devido à simetria térmica apresentada pelo atleta antes da lesão, indicando assim um joelho saudável e apto à prática do futebol profissional sem restrições. No entanto, após a lesão houve uma clara alteração, evidenciada pelas oscilações térmicas observadas logo após o incidente e ao longo de todo o ciclo de monitoramento de 65 dias subsequentes, o que sugere que a TI pode ser empregada como uma forma de acompanhamento pós-trauma, permitindo identificar se as abordagens de recuperação estão sendo bem-sucedidas ou não.

Entretanto, considerando que o atleta não seguiu as orientações médicas e fisioterápicas de recuperação, especialmente após as duas semanas do pós-operatório, o processo esperado pela equipe técnica não foi alcançado. Após 65 dias de recuperação, as diferenças térmicas bilaterais ainda eram significativas (Figura 4), indicando claramente que o joelho não estava adequadamente recuperado. Além disso, o atleta apresentava dificuldades na marcha, aparentemente com claudicação e falta de estabilidade para a prática de um esporte profissional de alto rendimento. Portanto, as informações obtidas através dos termogramas puderam auxiliar diretamente no acompanhamento do tratamento e na sua evolução clínica, revelando uma inadequação no progresso esperado devido à falta de adesão às orientações da equipe técnica na fase de recuperação.

Antes da lesão a diferença bilateral na TP média entre os joelhos indicava um quadro de normalidade térmica, com uma diferença de $0,01^{\circ}\text{C}$ a $0,5^{\circ}\text{C}$,

considerada dentro da faixa normal por Marins *et al.* (2014a). Após seis dias da lesão, a diferença aumentou para 1,09°C em função da lesão e do subsequente processo inflamatório na região. Após 11 dias da cirurgia ocorreu uma redução dessa diferença (0,81°C), devido provavelmente à ação farmacológica de anti-inflamatórios e intervenção fisioterápica aguda (com três sessões diárias), indicando o efeito positivo da fase de recuperação. Neste momento, a TI apontava para uma tendência de normalização térmica bilateral, em decorrência da forma adequada de intervenção na recuperação.

Contudo, após um período inicial positivo nas primeiras duas semanas de recuperação, houve alteração da conduta por parte do atleta, que deixou de seguir as recomendações do corpo técnico. Isso resultou em aumento da diferença de temperatura máxima, média e mínima entre os joelhos (Figura 3). Após 65 dias da intervenção cirúrgica a diferença observada foi de 3,57°C, indicando uma recuperação inadequada, provavelmente com presença de inflamação, não oferecendo assim condições para o atleta voltar a treinar. Isso ocorreu devido a uma antecipação do retorno do atleta aos treinos específicos no campo – conduta realizada por conta própria do jogador, sem a devida autorização dos membros do corpo técnico. Usualmente, espera-se uma recuperação completa para esse tipo de lesão em um período mínimo de 60 até 90 dias, conforme indicado por Müller *et al.* (1993). Embora o tempo mínimo tenha sido respeitado, outro fator preponderante nesses casos é a resposta do atleta aos procedimentos praticados. Nesse caso específico, ficou claro que a assimetria térmica observada no final dos 85 dias de monitoramento indicava tempo insuficiente para uma recuperação completa.

Após um novo exame de ressonância magnética, foi diagnosticado que a região citada ainda possuía um processo inflamatório, o que reforça os resultados das ITs obtidos com aumento da diferença térmica bilateral. Estudos de monitoramento de imagens termográficas após trauma foram apresentados por Sillero-Quintana *et al.* (2015), indicando que a termografia pode ser uma ferramenta válida para ajudar a determinar a existência de uma lesão, bem como seu monitoramento. Dessa forma, com o emprego de um termógrafo de alta resolução e seguindo um protocolo apropriado, a TI pode ser uma boa ferramenta de suporte para fornecer informações adicionais aos profissionais sobre o grau de anomalia térmica existente, possibilitando o acompanhamento da evolução do tratamento empregado.

Em jogadores europeus, as regiões do joelho, tornozelo e coxa são as mais afetadas por lesões (Lubberts *et al.*, 2019). Tendo em vista que essas regiões são altamente sensíveis para lesões no futebol, o presente estudo reforça que a termografia pode ser um importante recurso de apoio ao corpo técnico para observar o nível de recuperação da região lesionada.

Como implicação prática, este estudo destacou que o monitoramento rotineiro do perfil térmico de um jogador auxilia na interpretação de imagens pós-trauma, bem como durante sua fase de recuperação, podendo assim ser utilizado na rotina de seguimento de jogadores de futebol, onde o trauma é muito frequente. Com o mapa térmico do jogador em sua condição normal, as diferenças observadas pós-lesão poderão auxiliar os membros da comissão técnica a avaliarem a curva de recuperação e condições de retorno às atividades físicas normais.

Conclusão

As ITs podem ser um importante aliado para o corpo técnico no acompanhamento do tratamento e da evolução clínica do atleta, servindo como uma ferramenta auxiliar na condição de recuperação do atleta pós-intervenção cirúrgica. Os resultados obtidos, sobretudo na última avaliação, mostraram que a lesão induziu assimetria térmica de magnitude exacerbada, a qual progrediu ao longo do tempo, sugerindo a recuperação insatisfatória, o que indica que o procedimento de recuperação não foi adequado, principalmente devido ao não cumprimento das orientações pelo atleta.

Portanto, a TI é uma ferramenta extremamente interessante, pois suas informações, associadas aos demais exames, podem estabelecer o nível de recuperação de uma atleta após um trauma importante na articulação do joelho, devendo assim ser utilizada de forma rotineira.

Referências

ARFAOUI, A.; POLIDORI, G.; TAIAR, R.; POPA, C. Infrared thermography in sports activity. *In*: PRAKASH, R. V. (ed.). **Infrared thermography**. Rijeka, Croatia: InTech, 2012.

CÔRTE, A. C.; PEDRINELLI, A.; MARTTOS, A.; SOUZA, I. F. G.; GRAVA, J.; HERNANDEZ, A. J. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. **BMJ Open Sport & Exercise Medicine**, v. 5, n. 1, p. 431, 2019.

HILDEBRANDT, C.; ZEILBERGER, K.; RING, E. F. J.; RASCHNER, C. The application of medical infrared thermography in sports medicine. *In*: ZASLAV, K. R. (ed.). **An international perspective on topics in sports medicine and sports injury**. Rijeka, Croatia: InTech, 2012.

LUBBERTS, B.; D'HOOGHE, P.; BENGTSSON, H.; DIGIOVANNI, C. W.; CALDER, J.; EKSTRAND, J. Epidemiology and return to play following isolated syndesmotomic injuries of the ankle: a prospective cohort study of 3677 male professional footballers in the UEFA Elite Club Injury Study. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 15, p. 959-964, 2019.

MARINS, J. C. B.; FERNANDES, A. A.; MOREIRA, D. G.; SILVA, F. S.; COSTA, C. M. A.; PIMENTA, E. M.; QUINTANA, M. S. Thermographic profile of soccer players' lower limbs. **Revista Andaluza de Medicina Del Deporte**, v. 7, n. 1, p. 1-6, 2014a.

MARINS, J. C. B.; MOREIRA, D. G.; CANO, S. P.; QUINTANA, M. S.; SOARES, D. D.; FERNANDES, A. A.; SILVA, F. S.; COSTA, C. M. A.; AMORIM, P. R. S. Time required to stabilize thermographic images at rest. **Infrared Physics & Technology**, v. 65, p. 30-35, 2014b.

MARINS, J. C. B.; FERNANDEZ-CUEVAS, I.; ARNAIZ-LASTRAS, J.; FERNANDES, A. A.; SILLERO-QUINTANA, M. Aplicaciones de la termografía infrarroja en el deporte. Una revisión/Applications of infrared thermography in sports: a review. **Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte** v. 15, n. 60, p. 805-824, 2015.

MARTINS, F.; SANTOS, F.; CALDEIRA, R.; HENRIQUES, R.; FRANÇA, C.; ORNELAS, R.; GOUVEIA, E. R. Caracterização das lesões numa equipa do futebol profissional português. **Journal of Sport Pedagogy and Research**, v. 8, n.1, p. 24-30, 2022.

MENEZES, P.; RHEA, M. R.; HERDY, C.; SIMÃO, R. Effects of strength training program and infrared thermography in soccer athletes injuries. **Sports (Basel)**, v. 6, n. 4, p. 148, 2018.

MOREIRA, D. G.; COSTELLO, J. T.; BRITO, C. J.; ADAMCZYK, J. G.; AMMER, K.; BACH, A. J. E.; COSTA, C. M. A.; EGLIN, C.; FERNANDES, A. A.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; FERREIRA, J. J. A.; FORMENTI, D.; FOURNET, D.; HAVENITH, G.; HOWELL, K.; JUNG, A.; KENNY, G.; KOLOSOVAS-MACHUCA, E. S.; MALEY, M.

J.; MERLA, A.; PASCOE, D. D.; PRIEGO-QUESADA, J. I.; SCHWARTZ, R. G.; SEIXAS, A. R. D.; SELFE, J.; VAINER, B. G.; SILLERO-QUINTANA, M. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: a Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. **Journal of Thermal Biology**, v. 201, n. 69, p. 155-162, 2017.

MÜLLER, M. R.; ALLGÖWER, M.; SCHNEIDER, R. Patela e tibia, fraturas da patela. *In: Manual de osteossíntese*. Técnicas recomendadas pelos grupos AO-ASIF. São Paulo: Manole, 1993. Cap. 13, p. 564-567.

SHEA, K. G.; GRIMM, N. L.; EWING, C. K.; AOKI, S. K. Youth sports anterior cruciate ligament and knee injury epidemiology: who is getting injured? In what sports? When? **Clinics in Sports Medicine**, v. 30, n. 4, p. 691-706, 2011.

SILLERO-QUINTANA, M.; FERNÁNDEZ-JAÉN, T.; FERNANDEZ-CUEVAS, I.; GÓMEZ-CARMONA, P.; ARNAIZ-LASTRAS, J.; PÉREZ, M. D.; GUILLÉN-GARCÍA, P. Infrared thermography as a support tool for screening and early diagnosis in emergencies. **Journal of Medical Imaging and Health Informatics**, v. 5, n. 6, p. 1223-1228, 2015.

WALDÉN, M.; HÄGGLUND, M.; WERNER, J. The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. **Knee Surgery, Sports Traumatology and Arthroscopy**, v. 19, p. 3-10, 2011.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Associação Atlética Portuguesa, por permitir que a coleta de dados fosse realizada junto a um de seus atletas.

À empresa Radsquare, que permitiu a utilização do seu software Kelvin Plus.

3.3 ESTUDO 3

Perfil termográfico de membros inferiores em jogadores de futebol profissional

Resumo

Introdução: A Termografia Infravermelha (TI) tem sido amplamente utilizada na área médica e esportiva, visando fornecer aos profissionais da área da saúde e do esporte uma análise da temperatura da pele (TP) das diferentes regiões corporais exercitadas nos treinamentos e jogos, propiciando a indicação de desequilíbrios térmicos que podem indicar potenciais lesões. A elaboração do perfil térmico de atletas, especialmente no futebol profissional, é importante para auxiliar na prevenção de lesões, ou mesmo nos ajustes na carga de trabalho de um atleta.

Objetivo: Estabelecer o perfil térmico de jogadores de futebol profissional, bem como verificar se a função tática altera esse perfil, além de propor faixas térmicas que caracterizam condições hipo ou hiper-radiadas em diferentes regiões corporais de interesse (RCI). **Método:** Participaram do estudo 61 futebolistas profissionais, todos da linha, do sexo masculino ($27,6 \pm 4,22$ anos; $75,8 \pm 7,39$ kg; $179 \pm 0,06$ cm; $23,7 \pm 1,65$ IMC; $11,3 \pm 0,98\%$ G). Eles tinham $15,2 \pm 4,5$ anos de prática da modalidade, competindo regularmente em campeonatos estaduais e nacionais. Entre os participantes, foram avaliados 10 laterais, 10 zagueiros, 22 meio-campistas (volantes e meias) e 19 atacantes. O estudo foi realizado em duas etapas: uma preparatória e a outra para a coleta das imagens termográficas. As imagens térmicas foram tomadas sempre no período da tarde, no estado de repouso, quando os voluntários se apresentavam no clube após um jogo, com intervalo em torno de 36 horas. A TP foi mensurada em 14 diferentes RCIs de membros inferiores analisadas no software Kelvin Plus®. As imagens foram obtidas por meio da câmera T420 (Flir®), considerando a emissividade de 0,98. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para analisar a distribuição dos dados. Em seguida, a TP de RCIs do lado direito e esquerdo foi comparada por meio do teste T pareado (para dados normais). Por fim, foi proposta uma curva percentil, com os percentis 15, 50 e 85, para caracterização das áreas de risco hiporradiantes e hiper-radiantes. **Resultados:** Os resultados tiveram distribuição normal. Houve diferença significativa de TP entre os lados direito e esquerdo na maioria das RCIs analisadas,

com exceção da RCI Semimembranoso, bem como nos joelhos na visão anterior e posterior. Contudo, somente duas RCIs tiveram diferenças bilaterais clinicamente importantes, com valores maiores que $0,5^{\circ}\text{C}$, sendo elas o Vasto Medial (VM) e o Semitendinoso (ST). Não houve diferença significativa em todas as RCIs analisadas quando se considerou a função táctica dos jogadores. Foram identificadas faixas de temperatura diferentes para caracterizar uma RCI como hiper ou hiporradiante.

Conclusão: A função táctica do jogador de futebol não altera o perfil térmico de membros inferiores. Com exceção das RCIs VM e ST, as diferenças bilaterais médias encontradas são inferiores a $0,5^{\circ}\text{C}$, indicando que são simétricas do ponto de vista clínico. Cada RCI exige um perfil térmico específico para caracterizar anormalidades térmicas consideradas hipo ou hiper-radiantes.

Palavras-chave: futebol; perfil térmico; temperatura da pele; termografia infravermelha; termorregulação.

Thermographic profile of lower limbs in professional soccer players

Abstract

Introduction: Infrared Thermography (IRT) has been commonly used in the medical field, aiming to provide health and sports professionals with an analysis of the behavior of the skin temperature (Tsk) of the different body regions exercised in training and games, providing an indication of thermal imbalances that suggest a scenario of injury. Establishing the thermal profile of athletes in a sport, specifically soccer, is important to help prevent injuries, allowing prior identification of a possible inflammatory focus, thus enabling adjustments to be made to the workload of that particular athlete. **Objective:** To establish the thermal profile of professional soccer players, as well as to verify whether the tactical function alters this profile, in addition to proposing thermal ranges that characterize hypo- or hyper-radiated conditions in different body regions of interest. **Method:** Sixteen one male professional soccer players took part in the study (27.6 ± 4.2 years old; 75.8 ± 7.39 kg; 179 ± 0.06 cm; 23.7 ± 1.65 BMI; 11.3 ± 0.98 % G). They had 15.2 ± 4.5 years of experience in the sport, from youth to professional level, regularly playing in state and national championships. Of this total, 10 full-backs, 10 defenders, 22 midfielders (midfielders and midfielders) and 19 forwards were assessed. The study was carried out in two stages. The first was characterized as preparatory and the second as the collection of thermographic images. The thermal images were always taken in the afternoon, in a state of rest, when the volunteers were at the club in a post-match condition, with an interval of around 36 hours. Tsk was measured in different body regions of interest (ROI) of the lower limbs analyzed using Kelvin Plus® software. The images were obtained using a T420 camera (Flir®), with an emissivity of 0.98. The Kolmogorov-Smirnov test was used to analyze data distribution. After this, Tsk of the right and left side ROIs was compared using the paired T-test. Finally, a percentile curve was proposed with the 15th, 50th and 85th percentiles to characterize the hypo radiated and hyper radiated risk areas. **Results:** The data had a normal distribution. There was a significant difference in Tsk between the right and left sides in most of the ROIs analyzed, with the exception of the Semimembranosus ROI, as well as the knees in the anterior and posterior views. However, only two ROIs had bilateral differences clinically important greater than 0.5°C , namely the Medial Vastus (MV)

and the Semitendinosus (ST). There was no significant difference in all the ROIs analyzed when considering the tactical function. It was possible to verify different temperature ranges to characterize a hyper- or hypo radiated ROI.

Conclusion: The soccer player's tactical role does not alter the thermal profile of the lower limbs. With the exception of the VM and ST ROIs, the mean bilateral differences found were less than 0.5°C, indicating that they are symmetrical from a clinical point of view. Each ROI requires a specific thermal profile to characterize thermal abnormalities considered hypo or hyper radiated.

Keywords: soccer; thermal profile; skin temperature; infrared thermography; thermoregulation.

Introdução

A Termografia Infravermelha (TI) é uma tecnologia comumente utilizada na área médica, objetivando fornecer aos profissionais da área da saúde respostas fisiológicas associadas à temperatura da pele (TP) (Ring *et al.*, 2006; Al-Nakhli *et al.*, 2012; Shimatani *et al.*, 2022). Essa técnica permite a visualização do calor irradiado da superfície de um corpo por meio de emissão infravermelha, de forma não visível para humanos. A radiação infravermelha é detectada e transformada em imagem térmica, convertendo a intensidade da radiação infravermelha em leituras de temperaturas (Hildebrandt *et al.*, 2010; Pascoe *et al.*, 2008; Yeste-Fabregat *et al.*, 2021).

No âmbito esportivo, a TI também tem sido apresentada como uma alternativa na análise das respostas térmicas em diversas modalidades e condições, como na avaliação de simetria térmica para prevenção de lesões (Hildebrandt *et al.*, 2010; Marins *et al.*, 2012a, b; Marinho *et al.*, 2022; Marins *et al.*, 2015), na resposta térmica durante, logo após e no período de recuperação do exercício (Merla *et al.*, 2010), no monitoramento da resposta térmica em diferentes segmentos corporais exercitados (Garagiola; Giani, 1990; Silva *et al.*, 2022a) e no fornecimento de mais informações sobre a doença estudada aos médicos, como a explicação das possíveis razões físicas de alguns comportamentos térmicos e as suas relações com a fisiologia dos processos envolvidos (Merla; Romani, 2008).

Há também estudos interessantes correlacionando a TI ao triathlon. Um deles analisou a influência do controle dos fatores intrínsecos e extrínsecos relacionados à avaliação da TP, por exemplo, hora do dia, ausência de dores musculares, controle da atividade diária (Priego-Quesada *et al.*, 2019). A TI também vem sendo utilizada como ferramenta para avaliar possíveis danos musculares após uma maratona (Gutiérrez-Vargas *et al.*, 2017), o que reforça a importância de um equilíbrio térmico bilateral. Por exemplo, a TI tem sido proposta como uma possível ferramenta de controle da carga física de treinamento (Marins *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2022b) e, conseqüentemente, como uma forma de prevenir lesões esportivas decorrentes do excesso ou deficiência de minutagem nos treinamentos e jogos (Sillero-Quintana *et al.*, 2011; Gómez-Carmona *et al.*, 2011, 2020).

O futebol é um esporte extremamente complexo, que envolve aspectos físicos, técnicos, táticos e psicológico; ademais, possui um calendário congestionado de competições e treinamentos, que expõem os atletas a um curto intervalo para uma plena recuperação (Mohr, 2015; Castillo *et al.*, 2021). Um exemplo real foi o número de jogos que a equipe profissional do C.R. Flamengo disputou na temporada de 2022, totalizando 77 partidas¹. Esses fatores têm contribuído diretamente na frequência de lesões dessa modalidade. Como em qualquer outro esporte de alto nível em que ocorre contato físico, as lesões por traumas externos também são frequentes no futebol.

Por meio de avaliações termográficas periódicas dos atletas, é possível criar um perfil térmico do jogador e um perfil específico da modalidade em questão. A definição de um mapa térmico, contendo as características de normalidade térmica de cada região corporal de interesse (RCI) (Marins *et al.*, 2015; Afonso *et al.*, 2022), característico para cada modalidade, facilita a interpretação das imagens para um diagnóstico mais apurado. Desse modo, um aumento ou redução incomum da TP de uma RCI específica pode ser relacionado a um processo inflamatório, ocasionando uma hiper-radiação local, ou um processo degenerativo, revelado por uma hiporradiação local (Hildebrandt *et al.*, 2010).

Marins *et al.* (2015) propuseram como valor de normalidade térmica uma diferença bilateral igual ou menor que 0,4°C, tomando como referência diferentes estudos de base populacional, assim como seu trabalho com brasileiros (Marins *et al.*, 2014a). Isso permitiu elaborar um perfil térmico para a população normal, em conformidade com os estudos em outros grupos populacionais, como em chineses (Zhu; Xin, 1999), finlandeses (Zaproudina *et al.*, 2008), portugueses (Vardasca, 2011) na população adulta e mesmo em crianças mexicanas (Kolosovas-Machuca; González, 2011).

No entanto, a prática de treinamento regular e a especificidade de padrão motor de certos esportes tornam recomendável o estabelecimento do perfil térmico por modalidade, algo já proposto em jogadores de vôlei (Marinho *et al.*, 2022) e nadadores (Rezende *et al.*, 2019). Cabe destacar que dois estudos com o futebol demonstraram a eficiência da TI em auxiliar na prevenção de lesões ao longo de

¹ *https://www.transfermarkt.com.br/cr-flamengo/vereinsspielplan/verein/614/plus/0?saizon_id=2021&heim_gast=

uma temporada, por meio de intervenções em função da identificação de assimetrias (Côrte *et al.*, 2019; Gomes-Carmona *et al.*, 2020).

Após realizar buscas em 15 de setembro de 2023 nas bases de dados do Pubmed utilizando os termos “*Thermography*” e “*soccer*”, foram identificados 13 estudos. Contudo, nenhum desses trabalhos apresentou o perfil térmico esperado de membros inferiores de jogadores profissionais, o que dificulta a interpretação das imagens termográficas por parte do corpo técnico de uma equipe de futebol, especialmente quando é feita a primeira avaliação dos atletas. Além disso, nas bases de dados Science Direct e Scielo foi possível identificar o perfil térmico apenas em jogadores de base, como nos trabalhos de Marins *et al.* (2014b), Côgo *et al.* (2019) e Dias *et al.* (2022), em que se comparou o perfil térmico entre jovens atletas e profissionais. Assim, este trabalho é pioneiro e original, ao fornecer o que se espera de normalidade térmica em jogadores de futebol profissional, estabelecendo ainda se a função tática é um fator que interfere nesse perfil. Essa caracterização térmica do jogador profissional irá auxiliar a estabelecer as faixas térmicas hipo ou hiper-radiadas, as quais merecerão uma atenção mais criteriosa por parte do corpo técnico da equipe, trazendo como consequência um menor índice de lesões através de protocolos de alerta, como o desenvolvido por Gómez-Carmona *et al.* (2020).

Portanto, o objetivo do presente estudo é estabelecer o perfil térmico de jogadores de futebol profissional, bem como verificar se a função tática altera esse perfil, além de propor faixas térmicas que caracterizam condições hipo ou hiper-radiadas em diferentes RCIs.

Método

Este estudo adotou uma abordagem exploratória, sem intervenção do fenômeno. O registro da TP foi feito em uma única ocasião, seguindo os modelos de estudos já realizados anteriormente, como de Marins *et al.* (2014a), Marins *et al.* (2014b), Marinho *et al.* (2022) e Rezende *et al.* (2019), nos quais o perfil termográfico foi estabelecido em diferentes modalidades esportivas.

Participantes

Foram selecionados 61 participantes do sexo masculino, com as seguintes características físicas e fisiológicas: $27,6 \pm 4,22$ anos; $75,8 \pm 7,39$ kg; $179 \pm 0,06$ cm; $23,7 \pm 1,65$ IMC; $11,3 \pm 0,98\%$ G. Todos os participantes eram atletas profissionais de futebol da série A do estadual e série D do nacional, com $15,2 \pm 4,50$ anos de prática da modalidade desde as categorias de base até o profissional, disputando regularmente campeonatos estaduais e nacionais. O grupo foi composto por 10 laterais, 10 zagueiros, 22 meio-campistas (volantes e meias) e 19 atacantes. As características físicas e fisiológicas dos participantes são apresentadas no quadro 1.

Quadro 1. Características físicas e fisiológicas dos participantes.

Características	Laterais	Zagueiros	Meio-campistas	Atacantes	Total
Idade (anos)	$26,0 \pm 3,66$	$28,9 \pm 4,07$	$28,3 \pm 4,84$	$27,9 \pm 3,52$	$27,6 \pm 4,22$
Estatura (cm)	$177 \pm 0,04$	$187 \pm 0,03$	$178 \pm 0,04$	$176 \pm 0,05$	$179 \pm 0,06$
Massa corporal (kg)	$76,79 \pm 3,34$	$82,98 \pm 4,19$	$76,21 \pm 6,57$	$70,95 \pm 7,47$	$75,8 \pm 7,39$
IMC (kg/m ²)	$24,48 \pm 0,63$	$23,75 \pm 1,53$	$24,11 \pm 1,56$	$22,89 \pm 1,80$	$23,7 \pm 1,65$
% Gordura*	$11,13 \pm 0,55$	$11,02 \pm 0,81$	$11,52 \pm 1,16$	$11,14 \pm 0,92$	$11,3 \pm 0,98$
Superfície corporal (m ²)	$1,94 \pm 0,06$	$2,08 \pm 0,05$	$1,94 \pm 0,10$	$1,86 \pm 0,12$	$1,94 \pm 0,12$
VO _{2max} MI (kg.min) ⁻¹	$60,40 \pm 1,98$	$52,24 \pm 3,02$	$61,33 \pm 2,53$	$57,43 \pm 4,43$	$57,4 \pm 4,90$

Superfície corporal calculada a partir das medidas antropométricas realizadas de acordo com DuBois e DuBois.

* Percentual de gordura pela técnica de cálculo de 4 dobras cutâneas através do protocolo de Faulkner (1968).

Foram considerados como critérios de inclusão: ser jogador de futebol profissional de linha, não apresentar lesões osteomioarticulares nos últimos 30 dias e participar regularmente dos treinamentos. Os goleiros não foram incluídos no estudo por realizarem uma demanda física totalmente diferente da dos jogadores de linha, conforme evidenciado no trabalho de Júnior e Marins (2020).

Tendo em vista que a TP pode ser afetada por uma variedade de fatores externos e internos, foram consideradas as seguintes características como critérios de exclusão: a) histórico de lesão osteoarticular com sintomatologia nos últimos 30 dias; b) realização de tratamento fisioterápico e/ou dermatológico com cremes, pomadas ou loções nas RCIs nas horas que antecederiam a coleta; c) uso de medicamentos anti-inflamatórios, antitérmicos ou diuréticos; d) presença de febre nos últimos sete dias; e) consumo de suplementos nutricionais que pudessem influenciar na homeostase hídrica ou temperatura corporal nos últimos 15 dias antes da coleta; f) tabagismo; g) histórico de problemas renais; h) queimaduras na pele, independentemente do grau, nas áreas corporais que fossem avaliadas; e i) distúrbios do sono. Esses critérios foram propostos por Fernández-Cuevas *et al.* (2015).

Durante essa etapa os voluntários foram informados sobre a dinâmica do estudo e os procedimentos a serem seguidos em todas as etapas. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa – MG, parecer 44856821.0.0000.5153.

Desenho do estudo

O estudo foi realizado em duas etapas: a primeira foi caracterizada como preparatória e a segunda, para realização da coleta das imagens termográficas. A seguir será detalhada cada uma dessas etapas.

Fase Preparatória

Após a explicação sobre a dinâmica da participação no estudo, os atletas que atendessem aos critérios de seleção e exclusão e manifestassem sua concordância em participar realizavam a fase inicial, com registros antropométricos. Foram realizadas medidas da massa corporal (Filizola®) e da estatura (estadiômetro Sanny®), seguindo as recomendações da International Society for the Advancement of Kinanthropometry (Silva *et al.*, 2020). A área de superfície corporal foi calculada a

partir das medidas antropométricas realizadas, de acordo com DuBois e DuBois (1916).

Para determinar o percentual de gordura corporal (%G), foi utilizada a equação de Yuhasz, modificada por Faulkner (1968), a partir do somatório de quatro dobras (tríceps, subescapular, suprailíaca e abdômen). Já o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ foi medido através do protocolo Yo-Yo Intermitent Recovery Test nível 2 (Yo-Yo IRT 2), proposto por Bangsbo *et al.* (2008).

Fase de Coleta de Imagens Termográficas

Para o registro de imagens térmicas, foram adotadas as recomendações propostas Moreira *et al.* (2017). Considerando que a temperatura corporal varia em função do horário do dia (Costa, 2012), todas as coletas foram feitas no período da tarde, entre 14h30 e 15h45.

O experimento foi conduzido em um ambiente devidamente preparado, com iluminação artificial proporcionada por meio de lâmpadas fluorescentes e condições ambientais de temperatura controlada (Split LG®, Dual Inverter 12.000 BTUs - S4-Q12JA315). A média da temperatura ambiente permaneceu em $23,4 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e da umidade relativa, em $58,7 \pm 5,1\%$, ambas medidas por meio de um termo-higrômetro digital (Minipa®, MT-242). O fluxo de ar não foi direcionado para a área de coleta das imagens, garantindo que a velocidade do vento fosse considerada nula.

Os avaliados foram instruídos a realizarem o almoço entre 11h e 12h, consumindo os alimentos normalmente presentes em sua rotina nutricional. Ao chegarem, foram organizados em grupos de 8 atletas por etapa de avaliação, número esse que a sala comporta sem comprometer **as ideais de avaliação**. Os atletas permaneceram em pé por um período de aclimação de 10 minutos na sala de teste antes do início das avaliações, tempo considerado suficiente para adaptação e estabilização da TP diante das condições laboratoriais de registro, conforme descrito por Roy *et al.* (2006) e Marins *et al.* (2014b). Durante esta etapa, os voluntários utilizaram apenas sunga. Após esse período de aclimação, os avaliados foram orientados a indicar a sensação térmica através de escala de nove pontos e o conforto térmico em escala de sete pontos, previamente utilizados no estudo de Yasuoka *et al.* (2012). A figura 1 resume as ações metodológicas realizadas no dia da coleta.

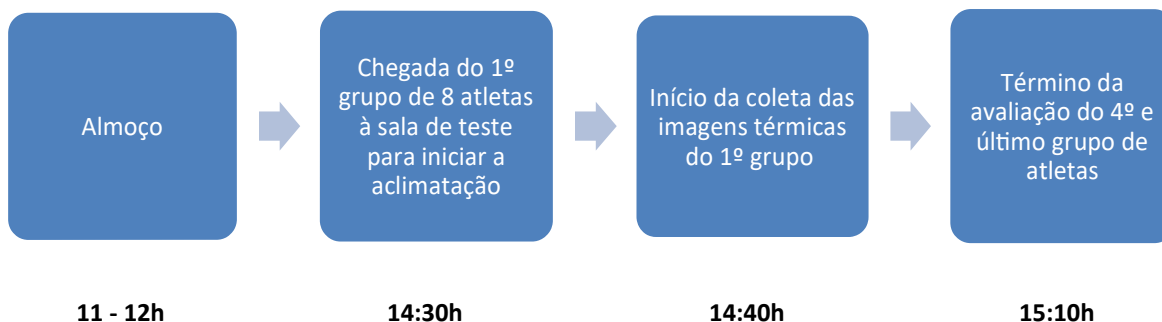


Figura 1. Ações metodológicas realizadas no dia da coleta.

As imagens térmicas foram realizadas em apenas um momento, durante o estado de repouso, quando os voluntários se apresentavam no clube numa condição de pós-jogo, com 24 a 40 horas de intervalo entre o término da partida e o momento da avaliação. Ao chegarem, eles assumiram a posição ereta, de frente para o termovisor, para captura das imagens térmicas da região anterior. Em seguida, outra imagem era realizada na face posterior. A figura 2 ilustra um exemplo do ambiente de captura das imagens das faces anterior e posterior de membros inferiores.



Figura 2. Ambiente de captação da imagem termográfica da face anterior (a) e face posterior (b) de membros inferiores.

As imagens térmicas foram captadas utilizando um sensor de infravermelho (FLIR® T420, Estocolmo, Suécia), com faixa de detecção de temperatura entre - 20 e 650°C, precisão de 2%, sensibilidade $\leq 0,05^{\circ}\text{C}$, banda de espectral dos infravermelhos de 7,5 a 13 μm , taxa de atualização de 60 Hz, foco automático e resolução de 320 $\times$ 240 pixels. Todas as imagens foram processadas usando um fator de emissividade configurada em 0,98, para obter medidas de TP humana (Moreira *et al.*, 2017). Os atletas ficaram sobre uma plataforma de madeira em uma posição anatômica a 3 m de distância da câmera, que foi ligada 30 minutos antes do teste, para permitir a estabilização do sensor, seguindo as diretrizes do fabricante, e apoiada em um tripé (WF®, WT 3770, Manaus, Brasil). As imagens foram gravadas perpendicularmente à RCI e coletadas sempre pelo mesmo profissional, treinado para essa função.

Após o registro das imagens térmicas, as seguintes RCIs foram analisadas em cada membro inferior: joelho, quadríceps, adutor, isquiotibial, tibial anterior e gastrocnêmio. O processamento das imagens se deu por meio do software Kelvin Plus®, que permite o registro da temperatura média de cada área, possibilitando o cálculo das assimetrias bilaterais, além de um histograma de faixas de temperatura, e o acompanhamento da evolução da temperatura ao longo do tempo. A figura 3 ilustra as diferentes RCIs analisadas de forma automática pelo software.

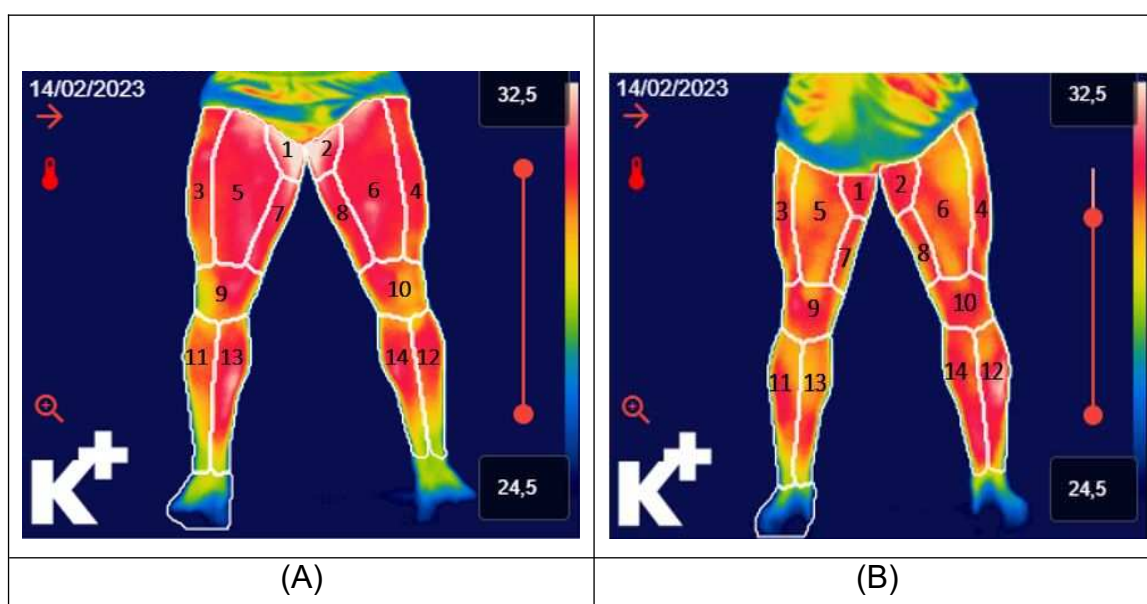


Figura 3. Exemplo das RCIs da imagem termográfica da face anterior (a) e face posterior (b) de membros inferiores, analisadas pelo software.

Vista Anterior: 1 - Adutor Anterior Direito (A- Ant D); 2 - Adutor Anterior Esquerdo (A-Ant E); 3 - Vasto Lateral Direito (V-Lat D); 4 - Vasto Lateral Esquerdo (V-Lat E); 5 - Reto Femoral Direito (R-Fem D); 6 - Reto Femoral Esquerdo (R-Fem E); 7 - Vasto Medial Direito (V-Med D); 8 - Vasto Medial Esquerdo (V-Med E); 9 - Joelho Anterior Direito (J-Ant D); 10 - Joelho Anterior Esquerdo (J-Ant E); 11 - Tibial Lateral Direito (T-Lat D); 12 - Tibial Lateral Esquerdo (T-Lat E); 13 - Tibial Medial Direito (T-Med D); 14 - Tibial Medial Esquerdo (T-Med E).

Vista Posterior: 1 - Adutor Posterior Direito (A-Post D); 2 - Adutor Posterior Esquerdo (A-Post E); 3 - Bíceps Femoral Direito (B-Fem D); 4 - Bíceps Femoral Esquerdo (B-Fem E); 5 - Semitendinoso Direito (ST D); 6 - Semitendinoso Esquerdo (ST E); 7 - Semimembranoso Direito (SM D); 8 - Semimembranoso Esquerdo (SM E); 9 - Joelho Posterior Direito (J-Post D); 10 Joelho Posterior Esquerdo (J-Post E); 11 Gastrocnêmio Lateral Direito (G-Lat D); 12 - Gastrocnêmio Lateral Esquerdo (G-Lat E); 13 - Gastrocnêmio Medial Direito (G-Med D); 14 - Gastrocnêmio Medial Esquerdo (G-Med E).

Foi considerada para análise da assimetria bilateral a proposta feita por Marins *et al.* (2015), em que valores $\leq 0,4^{\circ}\text{C}$ são considerados normais. RCIs hipo e hiper-radiadas foram estabelecidas, seguindo a proposta de Reis (2022), considerando valores do percentil < 5 e > 95 como “fortemente hipo e hiper-radiante, respectivamente”; entre 5 e 15, “hiporradiante”; percentil 50, “normal”; acima de 85 a 95, “hiper-radiante”.

Análise estatística

Foi adotada uma estatística descritiva para apresentar os dados por meio de média e desvio padrão. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para analisar a distribuição dos dados. A TP média de cada RCI foi considerada na análise estatística. Após isso, como os dados apresentaram distribuição normal, a TP de RCIs dos lados direito e esquerdo foi comparada por meio do teste T pareado. O efeito do fator “posição de jogo” nos valores de TP foi analisado por meio de análise de variância. Valores de $p < 0,05$ foram considerados como estatisticamente significativos.

Por fim, os valores de percentil P_5 , P_{10} , P_{25} , P_{50} , P_{75} , P_{90} e P_{95} foram obtidos para estabelecer os valores de TP para as RCIs analisadas, e os percentis 15, 50, 85 e valores mínimos e máximos foram apresentados graficamente, para

caracterizar áreas hipo (≤ 15) e hiper ($\geq 85\%$) radiadas. A análise estatística foi realizada no software SPSS, versão 23.0.

Resultados

O tratamento estatístico empregado não revelou diferenças significativas entre todas as RCIs analisadas e nas diferentes funções táticas desempenhadas pelos jogadores (Tabela 1). Na tabela 2 é apresentada a média e o desvio padrão da TP nas 14 RCIs analisadas de 61 jogadores profissionais de futebol, bem como a diferença térmica bilateral. Houve diferença significativa de TP entre os lados direito e esquerdo na maioria das RCIs analisadas, com exceção da RCI Semimembranoso, além dos joelhos na visão anterior e posterior.

Tabela 1. Efeito da posição de jogo nos valores de temperatura da pele dos jogadores.

RCI	Lado	Grau de liberdade	Erro	F	Valor de p
Adutor anterior	D	4	56	0,295	0,880
	E	4	56	0,351	0,842
Joelho anterior	D	4	56	0,383	0,820
	E	4	56	0,208	0,933
Tibial lateral	D	4	56	0,228	0,922
	E	4	56	0,186	0,945
Tibial medial	D	4	56	0,366	0,832
	E	4	56	0,111	0,978
Reto femoral	D	4	56	0,207	0,933
	E	4	56	0,199	0,938
Vasto lateral	D	4	56	0,207	0,933
	E	4	56	0,198	0,938
Vasto medial	D	4	56	0,480	0,750
	E	4	56	0,256	0,905
Adutor posterior	D	4	56	0,265	0,899
	E	4	56	0,204	0,935
Bíceps femoral	D	4	56	0,358	0,838
	E	4	56	0,374	0,827
Gastrocnêmio externo	D	4	56	0,169	0,953
	E	4	56	0,290	0,883
Semimembranoso	D	4	56	0,252	0,907
	E	4	56	0,219	0,927
Joelho posterior	D	4	56	0,268	0,898
	E	4	56	0,197	0,939

Gastrocnêmio interno	D	4	56	0,293	0,881
	E	4	56	0,155	0,960
Semitendinoso	D	4	56	0,293	0,881
	E	4	56	0,374	0,826

Tabela 2. TP e diferença térmica bilateral das RCIs analisadas.

Visão	RCl	TP (°C)		Δ TP	Valor de p
		Lado direito	Lado esquerdo		
Anterior	Adutor	32,70 $\pm$ 1,4	32,89 $\pm$ 1,3	- 0,18 $\pm$ 0,23	< 0,001
	Joelho	31,32 $\pm$ 1,5	31,38 $\pm$ 1,4	- 0,06 $\pm$ 0,41	0,252
	Tibial lateral	31,83 $\pm$ 1,3	31,37 $\pm$ 1,5	0,46 $\pm$ 0,45	< 0,001
	Tibial medial	31,23 $\pm$ 1,3	31,67 $\pm$ 1,3	- 0,44 $\pm$ 0,31	< 0,001
	Reto femoral	32,42 $\pm$ 1,4	32,37 $\pm$ 1,4	0,05 $\pm$ 0,2	0,037
	Vasto lateral	31,99 $\pm$ 1,3	31,52 $\pm$ 1,5	0,47 $\pm$ 0,46	< 0,001
	Vasto medial	31,71 $\pm$ 1,4	32,23 $\pm$ 1,2	- 0,52 $\pm$ 0,3	< 0,001
Posterior	Adutor	32,37 $\pm$ 1,5	32,20 $\pm$ 1,4	0,17 $\pm$ 0,24	< 0,001
	Bíceps femoral	31,35 $\pm$ 1,4	31,85 $\pm$ 1,5	- 0,5 $\pm$ 0,36	< 0,001
	Gastrocnêmio lateral	31,55 $\pm$ 1,3	31,79 $\pm$ 1,4	- 0,24 $\pm$ 0,32	< 0,001
	Semimembranoso	32,43 $\pm$ 1,5	32,44 $\pm$ 1,5	- 0,01 $\pm$ 0,19	0,462
	Joelho posterior	32,20 $\pm$ 1,5	32,20 $\pm$ 1,4	0,0 $\pm$ 0,19	0,402
	Gastrocnêmio medial	31,68 $\pm$ 1,4	31,39 $\pm$ 1,3	0,29 $\pm$ 0,38	< 0,001
	Semitendinoso	32,12 $\pm$ 1,5	31,38 $\pm$ 1,3	0,73 $\pm$ 0,44	< 0,001

Δ TP: média de assimetria térmica.

A tabela 3 mostra os percentis de TP nas RCIs analisadas, considerando os lados direito e esquerdo de cada RCl. Já a tabela 4 apresenta os percentis para os valores de assimetria térmica por RCl.

Tabela 3. Percentis de TP em °C (P₅, P₁₀, P₂₅, P₅₀, P₇₅, P₉₀ e P₉₅) para futebolistas profissionais.

RCI	Lado	Percentis						
		5	10	25	50	75	90	95
Adutor anterior	D	30,4	30,8	31,5	33,0	33,8	34,5	34,8
	E	30,6	31,1	31,7	33,1	34,1	34,7	34,9
Joelho anterior	D	28,7	29,3	30,1	31,5	32,6	33,4	33,6
	E	28,9	29,4	30,2	31,4	32,6	33,1	33,7
Tibial lateral	D	29,8	30,0	30,7	32,0	33,0	33,5	33,7
	E	29,0	29,3	30,0	31,7	32,5	33,2	33,4
Tibial medial	D	28,8	29,3	30,0	31,4	32,3	32,8	33,3
	E	29,4	29,7	30,5	32,0	32,9	33,3	33,5
Reto femoral	D	30,1	30,6	31,2	32,7	33,7	34,1	34,5
	E	29,9	30,5	31,1	32,6	33,6	34,2	34,4
Vasto lateral	D	30,0	30,3	30,8	32,2	33,2	33,5	33,9
	E	28,9	29,5	30,1	31,9	32,9	33,4	33,7
Vasto medial	D	29,5	29,7	30,6	31,9	32,9	33,6	33,8
	E	30,0	30,3	31,0	32,5	33,3	34,1	34,3
Adutor posterior	D	29,8	30,0	31,3	32,4	33,7	34,5	34,9
	E	29,7	30,2	31,1	32,3	33,4	34,2	34,3
Bíceps femoral	D	29,0	29,3	30,1	31,7	32,5	33,1	33,3
	E	29,2	29,7	30,6	32,0	33,1	33,9	34,1
Gastrocnêmio externo	D	29,5	29,6	30,4	31,9	32,7	33,0	33,2
	E	29,6	29,8	30,6	32,2	33,0	33,5	33,7
Semimembranoso	D	29,9	30,2	31,2	32,6	33,8	34,4	34,8
	E	29,9	30,3	31,1	32,7	33,8	34,5	34,8
Joelho posterior	D	29,9	30,2	30,9	32,6	33,3	34,0	34,3
	E	29,7	30,2	30,8	32,7	33,4	33,9	34,3
Gastrocnêmio interno	D	29,3	29,6	30,5	31,9	32,9	33,4	33,7
	E	29,3	29,6	30,1	31,8	32,4	32,9	33,3
Semitendinoso	D	29,6	30,1	30,7	32,3	33,5	34,0	34,5
	E	29,2	29,5	30,3	31,8	32,4	33,1	33,1

D: lado direito; E: lado esquerdo.

Tabela 4. Percentis de assimetria de temperatura da pele em °C (P_5 , P_{10} , P_{25} , P_{50} , P_{75} , P_{90} e P_{95}) para futebolistas profissionais.

RCI	Percentis						
	5	10	25	50	75	90	95
Adutor anterior	0,0	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6
Joelho anterior	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	0,7
Tibial lateral	0,1	0,1	0,3	0,5	0,7	1,0	1,2
Tibial medial	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,9	1,0
Reto femoral	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
Vasto lateral	0,0	0,1	0,2	0,5	0,9	1,1	1,2
Vasto medial	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0
Adutor posterior	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5
Bíceps femoral	0,1	0,1	0,3	0,5	0,7	1,0	1,1
Gastrocnêmio externo	0,0	0,1	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7
Semimembranoso	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
Joelho posterior	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5
Gastrocnêmio interno	0,0	0,1	0,1	0,3	0,6	0,8	1,0
Semitendinoso	0,2	0,3	0,4	0,7	1,0	1,4	1,5

As figuras 4 e 5 apresentam os diagramas de caixa (*boxplots*) com os percentis 15, 50 e 85, além de valores mínimos e máximos de TP média das RCIs analisadas na visão anterior (Figura 4) e posterior (Figura 5). Já a figura 6 apresenta o *boxplot* com os percentis 15, 50 e 85, **além dos** valores mínimos e máximos para os resultados de assimetria térmica.

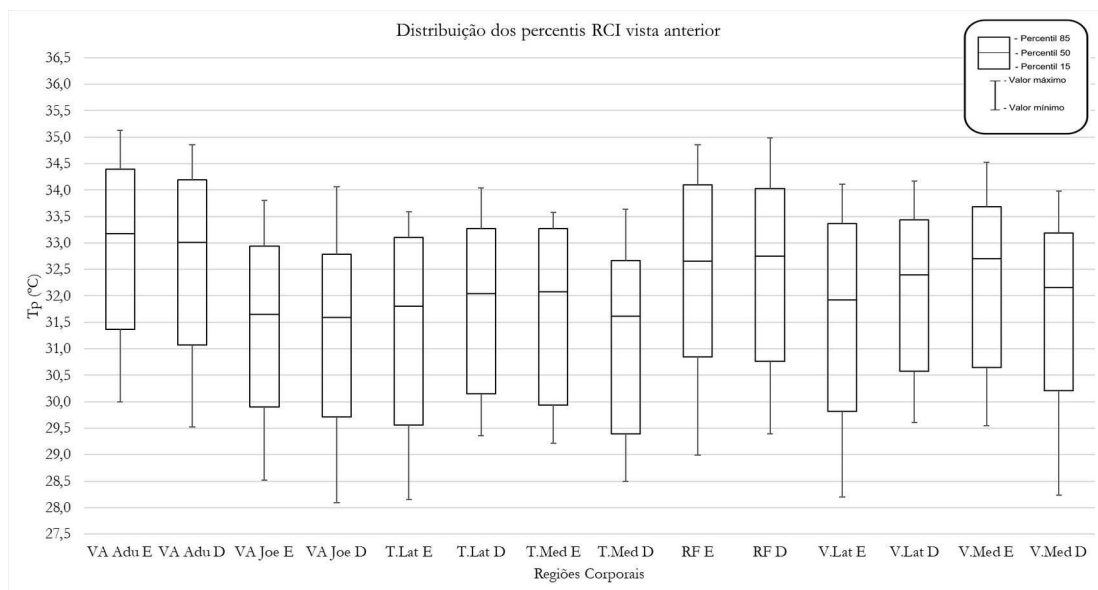


Figura 4. Distribuição dos percentis 15, 50 e 85 e valores mínimos e máximos de **TP** na visão anterior.

TP: Temperatura da Pele; RCI: Região Corporal de Interesse; VA Adu E: Visão Anterior de Adutor Esquerdo; VA Adu D: Visão Anterior de Adutor Direito; VA Joe E: Visão Anterior de Joelho Esquerdo; VA Joe D: Visão Anterior de Joelho Direito; T. Lat E: Tibial Lateral Esquerdo; T. Lat D: Tibial Lateral Direito; T. Med E: Tibial Medial Esquerdo; T. Med D: Tibial Medial Direito; RF E: Reto Femoral Esquerdo; RF D: Reto Femoral Direito; V. Lat E: Vasto Lateral Esquerdo; V. Lat D: Vasto Lateral Direito.

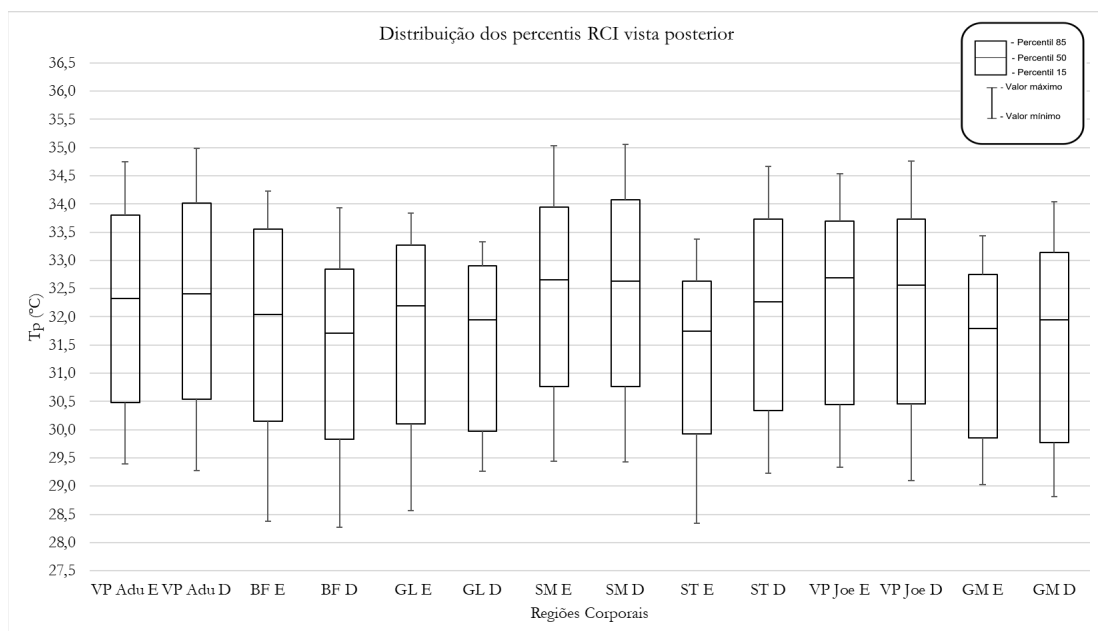


Figura 5. Distribuição dos percentis 15, 50 e 85 e valores mínimos e máximos de temperatura da pele na visão posterior.

TP: Temperatura da Pele; RCI: Região Corporal de Interesse; VP Adu E: Visão Posterior do Adutor Esquerdo; VP Adu D: Visão Posterior do Adutor Direito; BF E: Bíceps Femoral Esquerdo; BF D: Bíceps Femoral Direito; GL E: Gastrocnêmio Lateral Esquerdo; GL D: Gastrocnêmio Lateral Esquerdo; SM E: Semimembranoso Esquerdo; SM D: Semimembranoso Direito; VP Joe E: Vista Posterior de joelho Esquerdo; VP Joe D: Vista Posterior de Joelho Direito; GM E: Gastrocnêmio Medial Esquerdo; GM D: Gastrocnêmio Medial Direito.

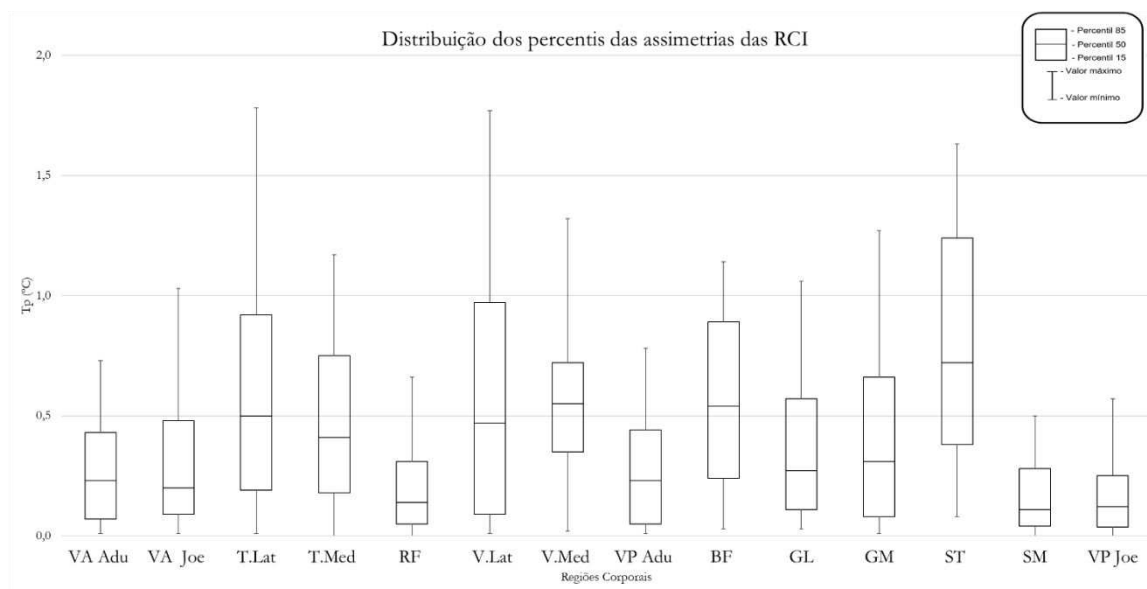


Figura 6. Distribuição dos percentis 15, 50 e 85 e valores mínimos e máximos de assimetria térmica.

TP: Temperatura da Pele; RCI: Região Corporal de Interesse; VA Adu: Vista Anterior de Adutor; VA Joe: Vista Anterior de Joelho; T. Lat: Tibial Lateral; T. Med: Tibial Medial; RF: Reto Femoral; V. Lat: Vasto lateral; V. Med: Vasto Medial; VP Adu: Vista Posterior de Adutor BF: Bíceps Femoral; GL: Gastrocnêmio Lateral; SM: Semimembranoso; VP Joe: Vista Posterior de Joelho.

Cabe destacar que as condições ambientais durante a coleta de dados foram de $23,4 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $58,7 \pm 5,1\%$ de umidade relativa, o que caracteriza um ambiente termoneutro. Quanto aos resultados das escalas de ST e CT, os participantes perceberam o ambiente de coleta como próximo do morno ($1,8 \pm 0,7$ unidades), em média, enquanto o conforto térmico foi avaliado como confortável ($1,9 \pm 0,7$ unidades).

Discussão

De acordo com os dados analisados, o presente estudo permitiu estabelecer uma série de aspectos sobre o comportamento térmico dos membros inferiores em jogadores de futebol profissional. O primeiro ponto compreende a função tática desempenhada pelo jogador de linha, não sendo considerado um fator determinante no perfil térmico, devido à ausência de diferenças significativas entre as 14 RCIs analisadas. Embora seja sabido que as diferentes posições de jogo possuem demandas físicas distintas (Di Salvo *et al.*, 2007), isso não resultou em diferentes valores de TP e simetria térmica nos jogadores de diferentes posições no presente estudo. Essa constatação é importante, pois permite estabelecer um único perfil térmico para o jogador profissional, facilitando assim a interpretação desses dados.

Quanto à questão da simetria térmica, é necessário considerar dois aspectos. Do ponto de vista estatístico, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em 11 das 14 RCIs monitoradas. Esse resultado surpreende, uma vez que em estudos dessa natureza, como o de Marins *et al.* (2014b), não é comum observar esse comportamento estatístico. Essa diferença nos resultados pode ser atribuída ao fato de Marins *et al.* (2014b) terem avaliado jogadores de base em pré-temporada, enquanto no presente estudo foram avaliados jogadores profissionais durante o período competitivo. Contudo, do ponto de vista clínico, onde se considera importante quando as diferenças bilaterais são $\geq 0,5^{\circ}\text{C}$ (Marins *et al.*, 2015), apenas foi possível observar esse comportamento nas RCIs Vasto Medial e Semitendinoso, indicando assim que, de forma geral, o jogador de futebol profissional tende a ser termicamente simétrico.

Esse é um importante resultado, pois aponta para um equilíbrio térmico da TP nas RCIs estudadas. Ele confirma as indicações de um estado de normalidade térmica caracterizado por uma diferença bilateral $< 0,5^{\circ}\text{C}$ (Marins *et al.*, 2015) e sugere que essa condição está associada a um baixo risco de lesões. Esses achados estão em linha com os resultados obtidos em estudos populacionais em crianças mexicanas (Kolosovas-Machuca; González, 2011) e adultos de diferentes nacionalidades (Marins *et al.*, 2014a; Niu *et al.*, 2001; Zaproudina *et al.*, 2008), bem como em atletas, como jovens jogadores de futebol de base (Dias *et al.*, 2023; Côgo

et al., 2017; Marins *et al.*, 2014b) ou nadadores (Rezende *et al.*, 2021), nos quais as assimetrias térmicas observadas foram inferiores a 0,5°C.

Cabe destacar que ainda não foi estabelecido um consenso sobre a faixa normal de temperatura corporal entre uma RCI e a sua região contralateral correspondente, tanto em indivíduos normais quanto em atletas. Sugere-se que os valores não devem exceder 0,3°C (Brioschi *et al.*, 2009), 0,4°C (Pichot, 2001) e 0,5°C (Selfe *et al.*, 2008) em não atletas. Em atletas, um valor superior a 0,7°C foi estabelecido como limite de assimetria entre as RCIs contralaterais (Hildebrandt *et al.*, 2010). Portanto, seguindo a proposta de Hildebrandt *et al.* (2010) para atletas, conclui-se que os jogadores avaliados no presente estudo apresentavam estado aceitável de simetria térmica bilateral, quando se considera como referência uma diferença de até 0,7°C, tornando assim a assimetria encontrada na região anterior (Vasto Medial) e posterior (Bíceps Femoral e Semitendinoso) aceitável, porém com o estado de alerta sobre esses atletas.

Em razão de os atletas avaliados estarem saudáveis e não apresentaram nenhum quadro lesivo ou de dor local, os resultados reforçam que, em condições normais e como um padrão de referência para avaliação termográfica de jogadores de futebol profissional, espera-se haver simetria térmica entre as RCIs contralaterais. Dessa maneira, caso seja identificada em um jogador uma diferença contralateral > 0,5°C, é necessário ter uma atenção especial, conforme a proposta de Marins *et al.* (2015) apresentada no quadro 2. No entanto, para o perfil dos participantes deste estudo, na condição em que foram avaliados, níveis de assimetria maiores do que o proposto na escala de nível de atenção a seguir (Quadro 2) poderiam ser considerados normais.

Quadro 2. Escala de nível de atenção baseada nas diferenças de temperaturas obtidas entre RCIs contralaterais ou entre duas diferentes medidas da mesma RCI.

DIFERENÇA DE TEMPERATURA	NÍVEL DE ATENÇÃO
≤ 0,4°C	NORMAL
0,5 – 0,7°C	MONITORAMENTO
0,8–1,0°C	PREVENÇÃO
1,1–1,5°C	ALARME
≥1,6°C	ALTA GRAVIDADE

Marins et al. (2015).

Para uma análise mais detalhada da prevalência de diferenças bilaterais com temperaturas $\geq 0,5^{\circ}\text{C}$, consulte o quadro 3, que apresenta os dados entre os atletas analisados.

Quadro 3. Prevalência de assimetrias térmicas acima de $0,5^{\circ}\text{C}$ observadas em membros inferiores em jogadores de futebol profissional.

VISÃO ANTERIOR	Adu	Joe	T. Lat	T. Med	RF	V. Lat	V. Med
	2 (3,28%)	9 (14,76%)	32 (52,48%)	29 (47,56%)	3 (4,92%)	32 (52,48%)	41 (67,24%)
VISÃO POSTERIOR	Adu	Joe	GL	GM	BF	SM	ST
	4 (6,56%)	34 (55,76%)	15 (24,60%)	21 (34,44%)	34 (55,76%)	1 (1,64%)	46 (75,44%)

Vista Anterior de Adu: Adutor; Joe: Joelho; T. Lat: Tibial Lateral; T. Med: Tibial Medial; RF: Reto Femoral; V. Lat: Vasto lateral; V. Med: Vasto Medial; Vista Posterior de Adu: Adutor; Joe: Joelho; GL: Gastrocnêmio Lateral; GM: Gastrocnêmio Medial; BF: Bíceps Femoral; SM: Semimembranoso; ST: Semitendinoso.

Os dados apresentados no quadro 3 indicam que as RCIs com baixa incidência de assimetrias, abaixo de 10%, foram o Adutor e o Reto Femoral, na face anterior, e o Adutor e Semimembranoso, na face posterior. Por sua vez, RCIs com alta prevalência, acima de 40%, foram o Tibial Lateral e Medial, além dos Vastos Lateral e Medial, na face anterior, e o Joelho, o Bíceps Femoral e o Semitendinoso, na face posterior. Destaca-se que a RCI com a maior prevalência foi o Semitendinoso (ST), com 75,44%. Esta área é frequentemente afetada por lesões musculares, como distensões agudas dos isquiotibiais, que são comuns em jogadores de futebol e têm alta taxa de recorrência, como observado por Orchard *et al.* (2005) e Askling *et al.* (2007). Devido à dinâmica de arranque (aceleração) e frenagem (desaceleração) presentes no jogo, essa região muscular é mais suscetível a lesões, exigindo atenção especial em razão da sua grande suscetibilidade. Por outro lado, a presença de assimetrias na região do Adutor face anterior, com apenas 3,28%, é extremamente rara e, caso ocorra, deve ter acompanhamento cuidadoso.

A similaridade térmica contralateral é um importante indicador clínico em várias regiões corporais (Hildebrandt *et al.*, 2010; Szentkuti *et al.*, 2011). O estudo de Marins *et al.* (2014b) constatou que jogadores de futebol da categoria de base de um clube da primeira divisão nacional do Brasil apresentaram diferenças

contralaterais menores que $0,2^{\circ}\text{C}$ nos membros inferiores. É importante ressaltar que os atletas analisados nesse estudo foram avaliados durante o período de pré-temporada, não relataram qualquer desconforto físico, como dor ou inflamação, e naturalmente possuem um calendário de jogos e uma carga de trabalho menores em comparação com a categoria profissional. O presente estudo apresentou maior variação de assimetria em comparação com o estudo citado. O fato de as coletas terem sido realizadas durante o período competitivo pode ter sido determinante para essa diferença.

No estudo de Fernandes *et al.* (2017) com jogadores do sub-20 de uma equipe profissional, as diferenças bilaterais térmicas também foram menores que $0,2^{\circ}\text{C}$, o que reforça a tendência de equilíbrio térmico nos dimídios corporais, independentemente da idade e da categoria dos jogadores.

A articulação do joelho exige uma atenção especial devido ao seu alto índice lesional no futebol (Al Attar *et al.*, 2022). No trabalho de Stroppa *et al.* (2017) com jogadoras da seleção haitiana, foi visto uma diferença bilateral de $0,07 \pm 0,38^{\circ}\text{C}$ na visão anterior e $0,18 \pm 0,59^{\circ}\text{C}$ na visão posterior. Esse resultado foi similar ao observado no presente estudo, cujos valores foram de $0,27 \pm 0,22^{\circ}\text{C}$ (vista anterior) e $0,15 \pm 0,13^{\circ}\text{C}$ (vista posterior). No entanto, também é necessário observar um padrão térmico específico ao analisar a diferença térmica da região anterior, necessariamente mais fria, quando comparada com a região posterior. No estudo de Stroppa *et al.* (2017) as diferenças médias observadas foram de $1,87^{\circ}\text{C}$ para o joelho direito e $1,77^{\circ}\text{C}$ para o esquerdo, enquanto nos jogadores profissionais do presente estudo elas foram de $0,87^{\circ}\text{C}$ para o joelho direito e $0,81^{\circ}\text{C}$ para o esquerdo. Esses valores são quase 1°C inferiores aos observados nas jogadoras, o que requer uma avaliação mais detalhada para verificar se esse padrão se mantém.

Esse comportamento térmico do joelho é importante para indicar a importância do planejamento adequado das sessões de treinos na periodização, pois esses cuidados aumentam a assertividade na aplicação das cargas e seu controle. Ao comparar os resultados relacionados a atletas femininas com os de atletas profissionais masculinos, há equilíbrio no aspecto da assimetria bilateral, porém uma grande diferença é observada quando se analisa a discrepância entre a parte anterior e a posterior de cada joelho, onde os homens apresentaram menor discrepância e maior equilíbrio entre membros inferiores nesse aspecto.

As temperaturas médias obtidas nos membros inferiores dos jogadores avaliados (Tabela 1) estão de acordo com os dados relatados por Niu *et al.* (2001) em uma amostra asiática, onde os valores médios foram quase idênticos nas vistas anterior (30,2°C nas coxas direita e esquerda) e posterior (30,3°C nas coxas direita e esquerda). Nas pernas, os resultados foram ligeiramente superiores na vista posterior (30,4°C na direita e na esquerda) e na vista anterior (29,9°C na direita e na esquerda). Já os resultados apresentados por Marins *et al.* (2014a) para homens normais na população de brasileiros mostram valores semelhantes, com 30,15°C na visão posterior (direita e esquerda) e 30,30°C na visão anterior (direita e esquerda). Cabe salientar que em ambos os estudos supracitados o procedimento de delimitação da RCI foi realizado de forma manual pelo pesquisador, sendo delimitada apenas uma na região da coxa e outra na perna dos lados direito e esquerdo. Já no presente estudo foi empregado um software que fazia a subdivisão de diferentes RCIs, totalizando 12, de forma automática.

Constatar uma anormalidade térmica é um procedimento fundamental no processo de prevenção de lesões no contexto de alto rendimento, uma vez que os problemas inflamatórios podem provocar a elevação da TP ou que um quadro degenerativo pode diminuir o fluxo sanguíneo na área afetada, revelando quadros locais de hiper ou hiporradiação (Bach *et al.*, 2015), respectivamente. Dessa forma, recomenda-se a inclusão das avaliações termográficas na rotina de treinamentos e jogos de jogadores de futebol profissional. O perfil térmico da modalidade ou de atletas, através do monitoramento térmico contínuo de medidas seriadas, permitirá compreender se a diferença bilateral é causada por uma área mais quente ou mais fria.

O monitoramento térmico contínuo dos atletas permite estabelecer o seu perfil térmico. Um aumento anormal (agudo ou crônico) da temperatura em ambas as pernas ou apenas em uma das RCIs contralaterais pode estar relacionado a um processo inflamatório que pode resultar numa lesão. Esse micro dano aos músculos ativos, causados possivelmente pelos treinos e jogos, é frequentemente acompanhado por resposta inflamatória e aumento da temperatura em algumas áreas (Bandeira, 2012). Assim, a TI pode ser utilizada para, teoricamente, monitorar os efeitos da carga de treino, auxiliando diretamente em seu controle (Silva *et al.*, 2022).

Dados normativos podem contribuir para identificar possíveis desequilíbrios térmicos em relação à sua área contralateral, e até mesmo para identificar se a RCI apresenta um estado de hiper-radiação ou hiporradiação. Isso pode indicar a necessidade de uma investigação mais detalhada para confirmar essa condição e mapear os possíveis agentes responsáveis por esse comportamento térmico anormal.

As figuras 1 e 2 apresentam as faixas dos percentis 85, 50 e 15 para cada uma das RCIs avaliadas, que surge como um possível método que pode contribuir para esse tipo de análise. Ao executar um acompanhamento longitudinal e verificar valores de TP acima do percentil 85 ou abaixo do percentil 15, é possível identificar quadros de hiper e hiporradiação, respectivamente. É importante salientar que nessas figuras fica evidente como as faixas hipo ou hiper-radiadas são diferentes entre as RCIs, reforçando assim que cada parte do corpo apresenta uma faixa de normalidade térmica diferente, como já havia sido observado por Costa *et al.* (2016).

A proposição feita no presente estudo de faixas hipo ou hiper-radiadas compreende uma abordagem inovadora e pioneira, pois essa informação ainda não está disponível em nenhuma base de dados, o que torna este estudo original. Com esse perfil térmico é possível em uma avaliação quantitativa verificar, a partir da análise de dados, quando uma determinada RCI pode apresentar uma anormalidade térmica, requerendo assim uma análise mais detalhada por parte do médico, fisioterapeuta e preparador físico, visando evitar uma condição que facilite o desenvolvimento de uma lesão que impossibilite o atleta de atuar.

A implementação da termografia em uma equipe de futebol tem importante impacto na prevenção de lesões, como evidenciado no trabalho de Gómez-Carmona *et al.* (2020). Nesse estudo, a termografia foi aplicada em um total de 33 jogadores profissionais de futebol do sexo masculino, que se voluntariaram para participar do estudo. Foram comparados dois programas de prevenção de lesões aplicados em duas pré-temporadas: um programa convencional e um programa de prevenção de lesões por termografia infravermelha. Comparando a segunda temporada com a temporada anterior, houve declínio de 15 lesões para apenas 6, além de uma significativa diminuição na gravidade das lesões, reduzindo a incidência de lesões musculoesqueléticas na coxa, quadril e virilha. As faixas de normalidade térmica propostas no presente estudo (Figuras 4 e 5) irão, dessa forma, aprimorar a capacidade de interpretação das imagens obtidas.

Como sugestão, é necessário realizar novos estudos para analisar o perfil térmico em atletas de futebol feminino, uma vez que é esperado que esse perfil seja diferente, como já observado em estudos anteriores. Por exemplo, têm-se os trabalhos de Marins *et al.* (2014a), Neves *et al.* (2016) e Reis *et al.* (2023), nos quais ficou evidenciado que a resposta térmica é influenciada pelo percentual de gordura, que no caso de jogadoras tende a ser maior que nos jogadores (Sanfilippo *et al.*, 2019). Assim, é necessário estabelecer uma relação com sintomas de dor ou inflamação, bem como comparar resultados com outros exames de imagem, como ressonância magnética, tomografia computadorizada ou ultrassom.

Como limitações do estudo, destaca-se que as coletas foram obtidas em diferentes momentos da periodização, o que pode ter influenciado nos resultados. Além disso, para se estabelecer um perfil definitivo, seria ideal haver uma amostra maior, visando maior consistência estatística.

As implicações práticas derivadas deste estudo incluem a constatação de que não há diferenças no perfil térmico com base na posição tática do jogador; que cada RCI tem perfil térmico diferente; e que os jogadores tendem a ser termicamente simétricos, com exceção do Vasto Medial (VA) e do Semitendinoso (ST), que vão exigir uma análise mais detalhada.

Conclusões

A função tática do jogador de futebol não altera o perfil térmico de membros inferiores. Com exceção das RCIs Vasto Medial (VA) e Semitendinoso (ST), as diferenças bilaterais encontradas são, em média, inferiores a 0,5°C, indicando serem simétricos do ponto de vista clínico. Cada RCI exige um perfil térmico específico para caracterizar anormalidades térmicas consideradas hipo ou hiper-radiadas.

Referências

AFONSO, A. S. F.; DIAS, F. A. M.; MARINS, J. C. B. A termografia aplicada ao futebol. **Revista Brasileira de Futebol**, v. 15, n. 5, p. 3-19, 2022.

AL ATTAR, W.S. A. The FIFA 11+ injury prevention program reduces the incidence of knee injury among soccer players: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 25, p. S2-S3, 2022.

AL-NAKHLI, H. H.; PETROFSKY, J. S.; LAYMON, M. S.; BERK, L. S. The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. **Journal of Visualized Experiments**, v. 22, p. 3551, 2012.

ASKLING, C. M.; TENGVAR, M.; SAARTOK, T.; THORSTENSSON, A. Acute first-time hamstring strains during high-speed running. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 35, p. 197-206, 2007.

BANGSBO, J.; IAIA, F. M.; KRUSTRUP, P. The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. **Sports Medicine**, v. 38, n.1, p. 37-51, 2008.

BACH, A. J. E.; STEWART, I. B.; MINETT, G. M.; COSTELLO, J. T. Does the technique employed for skin temperature assessment alter outcomes? A systematic review. **Physiological Measurement**, v. 36, p. 27-51, 2015.

BANDEIRA, F.; MOURA, M. A. M.; SOUZA, M. A.; NOHAMA, P.; NEVES, E. B. Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, p. 246-251, 2012.

BRIOSCHI, M. L.; CHEREM, A. J.; RUIZ, R. C.; JOÃO, J. The use of infrared thermography in evaluating returns to work in an extended rehabilitation program. **Acta Fisiátrica**, v. 16, p. 87-92, 2009.

CASTILLO, D.; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, A.; NAKAMURA, F. Y.; SANCHEZ-SANCHEZ, J.; RAMIREZ-CAMPILLO, R.; YANCI, J.; ZUBILLAGA, A.; RAYA-GONZÁLEZ, J. Influence of different small-sided game formats on physical and physiological demands and physical performance in young soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 1, n. 35, p. 2287-2293, 2021.

CÔGO, W.T.; NOGUEIRA, P. H. R.; SILVA, A. G.; MARINS, J. C. B. Perfil térmico de membros inferiores de jogadores de futebol de categoria de base. **Revista Brasileira de Futebol**, v. 10, p. 4-24, 2017.

CÔRTE, A. C.; PEDRINELLI, A.; MARTTOS, A.; SOUZA, I. F. G.; GRAVA, J.; HERNANDEZ, A. J. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. **British Association of Sport and Exercise Medicine**, v. 5, n. 1, p. 431, 2019.

COSTA, C. M. A.; SILLERO-QUINTANA, M.; PIÑONOSA-CANO, S.; MOREIRA, D. G.; BRITO, C. J.; FERNANDES, A. A.; PUSSIELDI, G. A.; MARINS, J. C. B. Daily oscillations of skin temperature in military personnel using thermography. **Journal of the Royal Army Medical Corps**, v. 162, p. 335-342, 2016.

DIAS, F. A. M.; SILVA, A. G.; MARINS, J. C. B. Perfil térmico dos membros inferiores de futebolistas: uma comparação entre jovens atletas e profissionais. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 37, p. e37189306, 2023.

DI SALVO, V; BARÃO, R; TSCHAN, H; CALDERÓN MONTERO, F; BACHL, N; PIGOZZI, F. Características de desempenho de acordo com a posição de jogo no futebol de elite. **Jornal Internacional de Medicina Esportiva**, v. 28, n. 3, p. 222-227, 2007.

FAULKNER, J. A. Physiology of swimming in sand and falls and diving. In: FALLS, H. **Exercise physiology**. Baltimore: Academic Press, 1968. p. 415-446.

FERNANDES, A. A. **Temperatura da pele durante o exercício**: comparação de métodos. [S.l.:s.n.], 2013.

FERNANDES, A. A.; MARINS, J. C. B.; GARCIA, E. S.; PIMENTA, E. M.; MOREIRA, D. G.; MORANDI, R. F.; KANOPE, T. Skin temperature changes of under-20 soccer players after two consecutive matches. **Sport Sciences for Health**, p. 1-9, 2017.

FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; MARINS, J. C. B.; ASTRAS, J. A.; CARMONA, P. M. G.; CANO, S. P.; GARCÍA-CONCEPCIÓN, M. Á.; SILLERO-QUINTANA, M. Classification of actors in influencing the use of infrared thermography in humans: a review. **Infrared Physics and Technology**, v. 71, p. 28-55, 2015.

GARAGIOLA, U.; GIANI, E. Use of telethermography in the management of sports injuries. **Sports Medicine**, v. 8810, p. 267-272, 1990.

GÓMEZ-CARMONA, P. S.; SILLERO-QUINTANA, M.; FERNANDEZ-CUEVAS, I.; NOYA, S. J.; FERNÁNDEZ, R. I. Application of an injury prevention protocol based on infrared thermography in professional soccer players during pre-season. **Thermology International**, v. 21, p. 124, 2011.

GÓMEZ-CARMONA, P.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; QUINTANA, M. S.; ARNAIZ-LASTRAS, J.; NAVANDA, A. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 29, n. 8, p. 1222-27, 2020.

GUTIÉRREZ-VARGAS, R.; UGALDE-RAMÍREZ, J. A.; ROJAS-VALVERDE, D.; SALAS-CABRERA, J.; RODRÍGUEZ-MONTERO, A.; GUTIÉRREZ-VARGAS, J. C. La termografía infrarroja como herramienta efectiva para detectar áreas musculares dañadas después de correr una maratón. **Revista de la Facultad de Medicina**, v. 65, p. 601-607, 2017.

HILDEBRANDT, C.; RASCHNER, C.; AMMER, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors**, v. 10, p. 4700-15, 2010.

JÚNIOR, F. A. V.; MARINS, J. C. B. Distância percorrida pelos goleiros. **Revista Brasileira de Futebol**, v.12, n.1, p. 3-17, 2020.

KOLOSOVAS-MACHUCA, E. S.; GONZÁLEZ, F. J. Distribution of skin temperature in Mexican children. **Skin Research and Technology**, v. 22, p. 1-6, 2011.

MARINHO, J. P. R.; CERQUEIRA, M. S.; REIS, H. H. T.; FILHO, M. G. B.; SILVA, A. G.; REZENDE, C. M.; MARINS, J. C. B. Thermal characterization in professional volleyball athletes. **Revista Motricidade**, v.18, 2022.

MARINS, J. C. B.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; RIBOT-SERRANO, J.; GARCIA-CONCEPCION, M. A.; GÓMEZ-CARMONA, P.; SILLERO-QUINTANA, M. Thermal response of skin temperature on muscle and joint body areas after strength training by infrared thermography. **Thermology International**, v. 22, p. 119, 2012a.

MARINS, J. C. B.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; RIBOT-SERRANO, J.; GARCIA-CONCEPCION, M. A.; GÓMEZ-CARMONA, P.; SILLERO-QUINTANA, M. Respuesta de la temperatura en la piel durante periodo de recuperación de un ejercicio aerobio. **Archivos de Medicina del Deporte**, v. 29, p. 874-875, 2012b.

MARINS, J. C. B.; FERNANDES, A. A.; CANO, S. P.; MOREIRA, D. G.; SILVA, F. S.; COSTA, C. M. A.; SILLERO-QUINTANA, M. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). **Journal of Thermal Biology**, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2014a.

MARINS, J. C. B.; FERNANDES, A. A.; MOREIRA, D. G.; SILVA, F. S.; CABRAL, C. A. C.; PIMENTA, E. M.; SILLERO-QUINTANA, M. Thermographic profile of soccer players? Lower limbs. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 7, p. 1-6, 2014b.

MARINS, J. C. B.; [MOREIRA, D. G.](#); CANO, S. P.; SILLERO-QUINTANA, M.; [SOARES, D. D.](#); [FERNANDES, A. A.](#); SILVA, F. S.; [COSTA, C. M. A.](#); AMORIM, P. R. S. Time required to stabilize thermographic images at rest. **Infrared Physics & Technology**, v. 65, p. 30-35, 2014b.

MARINS, J. C. B.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; ARNAIZ-LASTRAS, J.; FERNANDES, A. A.; SILLERO-QUINTANA, M. Aplicaciones de la termografía infrarroja en el deporte. Una revisión. **Revista Internacional de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte**, v. 15, n. 60, p. 805-824, 2015.

MERLA, A.; ROMANI, G. L. Biomedical applications of functional infrared imaging. In: DIAKIDES N. A.; BRONZIN, J. D. (ed.). **Medical infrared imaging**. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 15-20.

MERLA, A.; MATTEI, P. A.; DI DONATO, L.; ROMANI, G. L. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 38, p. 158-163, 2010.

MOHR, M. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, p. 179-193, 2015.

[MOREIRA, D. G.](#); COSTELLO, J. T.; BRITO, C. J.; QUINTANA, MS. A checklist for measuring skin temperature with infrared thermography in sports and exercise medicine. **Thermology International**, v. 27, p. 136-138, 2017.

NEVES, E. B.; VILAÇA-ALVES, J.; NOGUEIRA, I. R. A.; REIS, V. M. Influence of subcutaneous fat layer in skin temperature. **Motricidade**, v. 11, p. 120, 2016.

NIU, H. H.; LUI, P. W.; HU, J. S.; TING, C. K.; YIN, Y. C.; LO, U. L.; LIU, L.; LEE, T. Y. Thermal symmetry of skin temperature: data of normal subjects in Taiwan. **Zhonghua Yi Xue Za Zhi**, v. 64, n. 22, p. 459-68, 2001.

ORCHARD, J.; BEST, T. M.; VERRALL, G. M. Return to play following muscle strains. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 15, p. 436-441, 2005.

PASCOE, D.; MERCER, J.; WEERD, L. Physiology of thermal signals. In: DIAKIDES N. A.; BRONZIN, J. D. (ed.). **Medical infrared imaging**. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 6-20.

PICHOT, C. Aplicación de la termografía En el dolor lumbar crónico. **Revista de la Sociedad Española del Dolor**, v. 8, p. 43-7, 2001.

PRIEGO-QUESADA, J. I.; OFICIAL-CASADO, F.; GANDIA-SORIANO, A.; CARPES, F. P. A preliminary investigation about the observation of regional skin temperatures following cumulative training loads in triathletes during training camp. **Journal of Thermal Biology**, v. 84, p. 431-438, 2019.

REIS, H. H. T.; BRITO, C. J.; SILLERO-QUINTANA, M.; SILVA, A. G.; FERNADEZ-CUEVAS, I.; CERQUEIRA, M. S.; WERNECK, F. Z.; MARINS, J. C. B. Can adipose tissue influence the evaluation of thermographic images in adolescents? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, p. 4405, 2023.

REZENDE, C. M.; SILVA, A. G.; ENCARNÇÃO, S. G. A.; CARNEIRO JÚNIOR, M. A.; MARINS, J. C. B. Análise da simetria térmica em atletas de natação de alto rendimento. **Pan American Journal of Medical Thermology**, v. 6, p. 21-9, 2021.

RING, E. F.; KURT, A. Standard procedures for infrared imaging in medicine. **Medical Devices and Systems**, v. 36, p. 1-14, 2006.

ROY, R. A.; BOUCHER, J. P.; COMTOIS, A. S. Digitized Infrared Segmental Thermometry: Time Requirements for Stable Recordings. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 29, n. 468, p. 1-10, 2006.

SANFILIPPO J.; KRUEGER D.; HEIDERSCHEIT, B.; BINKLEY, N. Dual-energy x-ray absorptiometry body composition in NCAA Division I Athletes: exploration of mass distribution. **Sports Health**, v. 11, p. 453-460, 2019.

SELFE, J.; WHITAKER, J.; HARDAKER, N. A narrative literature review identifying the minimum clinically important difference for skin temperature a symmetry at the knee. **Thermology International**, v. 18, p. 41-4, 2008.

SHIMATANI, A.; HOSHI, M.; OEBISU, N.; TAKADA, N.; BAN, Y.; NAKAMURA, H. An analysis of tumor related skin temperature differences in malignant soft-tissue tumors. **International Journal of Clinical Oncology**, v. 27, p. 234-243, 2022.

SILLERO-QUANTANA, M.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; GÓMEZ-CARMONA, P.; GARCÍA, C. M. A. Application of thermography an injury prevention method in sports. **Thermology International**, v. 21, p. 123, 2011.

SILVA, A. G.; ALBUQUERQUE, M. R.; BRITO, C. J.; STROPPIA, G. M.; OLIVEIRA, S. A. F.; SILLERO-QUINTANA, M.; MARINS, J. C. B. Effect of whole-, upper-, and lower-body high-intensity rowing exercise on skin temperature measured by thermography. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 93, p. 1-11, 2022a.

SILVA, A. G.; REIS, H. H. T.; MARINS, J. C. B. Bases fisiológicas da aplicação da termografia para controle de carga no futebol: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Futebol**, v. 15, p. 3-20, 2022b.

SILVA, V. S.; VIEIRA, M. F. S. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) Global: international accreditation scheme of the competent anthropometrist. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, p. 22, 2020.

STROPPIA, G. M.; SILVA, A. G.; MOREIRA, D. G.; CERQUEIRA, M. S.; FERNANDES, A. A.; MARINS, J. C. B. Análise da temperatura da pele em joelhos de jogadoras de futebol profissional. **Revista Brasileira de Futebol**, v. 8, n. 2, p. 36-42, 2017.

SZENTKUTI, A.; SKALA-KAVANAGH, H.; GRAZIO, S. Infrared thermography and image analysis for biomedical use. **Period Biology**, v. 113, p. 385-92, 2011.

VARDASCA, R. Thermal symmetry of the limbs in healthy subjects. **Thermology International**, v. 21, p. 146, 2011.

YASUOKA, A.; KUBO, H.; TSUZUKI, K.; ISODA, N. Interindividual differences in thermal comfort and the responses to skin cooling in young women. **Journal of Thermal Biology**, v. 37, p. 65-71, 2012.

YESTE-FABREGAT, M.; BARAJA-VEGAS, L.; VICENTE-MAMPEL, J.; PÉREZ-BERMEJO, M.; BAUTISTA- GONZÁLEZ, I. J.; BARRIOS, C. Acute effects of tecar therapy on skin temperature, ankle mobility and hyperalgesia in myofascial pain syndrome in professional basketball players: a pilot study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.19, p. 8756, 2021.

ZAPROUDINA, N.; VARMAVUO, V.; AIRAKSINEN, O.; NÄRHI, M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. **Physiological Measurement**, v. 29, p. 515-24, 2008.

ZHU, W. P.; XIN, X. R. Study on the distribution pattern of skin temperature in normal Chinese and detection of the depth of early burn wound by infrared thermography. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 888, p. 300-313, 1999.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Associação Atlética Portuguesa e ao Sampaio Corrêa Futebol Clube, por permitirem que a coleta de dados fosse realizada junto aos seus atletas.

À empresa Radsquare, que permitiu a utilização do seu software Kelvin Plus.

4. CONCLUSÕES FINAIS

Tomando como base os objetivos gerais desta dissertação, é possível concluir que a TI é uma ferramenta extremamente versátil que pode dar suporte a diferentes membros de uma comissão técnica de uma equipe de futebol. Ela pode dar suporte desde a tomada de decisão sobre a contratação ou não de um jogador, ao permitir a possibilidade de identificar lesões “ocultas” ortopédicas, bem como no seu dia a dia, auxiliando na prevenção de lesões, ou mesmo em seu monitoramento, caso elas ocorram em busca de um estado de normalidade térmica. Por último, existem indícios de que possa ser usada como forma de controle de carga de treino.

As imagens térmicas (IT) podem ser um importante aliado por parte do corpo técnico no acompanhamento do tratamento e da evolução clínica do atleta, podendo ser uma ferramenta auxiliar na condição de recuperação do atleta pós-intervenção cirúrgica. Os resultados obtidos, especialmente na última avaliação, indicam que o procedimento de recuperação não foi adequado, por culpa do atleta, ao não seguir as orientações dadas no plano de recuperação. Portanto, a termografia é uma ferramenta extremamente interessante, pois suas informações, associadas aos demais exames, podem estabelecer o nível de recuperação de uma atleta após um trauma importante na articulação do joelho, devendo assim ser empregada de forma rotineira.

A função táctica do jogador de futebol não altera o perfil térmico de membros inferiores. Com exceção das RCI Vasto Medial (VA) e Semitendinoso (ST), as diferenças bilaterais encontradas foram inferiores a $0,5^{\circ}\text{C}$, indicando serem simétricos do ponto de vista clínico. Cada RCI exige um perfil térmico específico para caracterizar anormalidades térmicas consideradas hipo ou hiper-radiadas.

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE Convidamos o Senhor para participar como voluntário do projeto de pesquisa **“APLICAÇÃO TERMOGRÁFICA NO FUTEBOL E PERFIL TÉRMICO DE JOGADORES PROFISSIONAIS”**, sob a coordenação e responsabilidade do Professor Doutor João Carlos Bouzas Marins. OBJETIVO DA PESQUISA A capacidade de realizar e repetir ações em alta intensidade é determinante para o sucesso no futebol, o que aumenta as demandas físicas e fisiológicas impostas ao atleta. As ações em alta intensidade podem causar alterações na homeostase dos atletas, e recuperações incompletas de jogos podem elevar os riscos de lesões musculoesqueléticas. A elaboração do perfil térmico de atletas de uma modalidade esportiva, em específico do futebol profissional, é importante para o auxílio na prevenção de lesões, ou mesmo nos ajustes na carga de trabalho de um atleta. O presente estudo tem o seguinte objetivo: [1] Estabelecer o perfil térmico de jogadores de futebol profissional, bem como verificar se a função táctica altera esse perfil, além de propor faixas térmicas que caracterizam condições hipo ou hiper-radiadas em diferentes regiões corporais de interesse. PROCEDIMENTOS Informamos a Vossa senhoria que a sua participação no estudo é voluntária e pode ser interrompida a qualquer momento, conforme a sua decisão. A sua participação exigirá uma demanda de tempo e presença nas coletas de dados. Todos os procedimentos seguem descritos neste termo, bem como o tempo necessário para a realização deles. As coletas de dados e a participação no estudo consistirão nos seguintes momentos: [1] Coletas das medidas antropométricas e composição corporal (peso corporal, estatura e percentual de gordura). [2] Realização dos protocolos da Termografia Infravermelha para coletas de imagens térmicas (termogramas) dos membros inferiores. Todos os participantes deverão manter sua rotina diária e não poderão realizar exercícios físicos além dos treinos e jogos da equipe. As coletas dos dados ocorrerão no centro de treinamento do clube de futebol a que os atletas são vinculados. A previsão de duração média em cada momento será, respectivamente: [1] - 15 minutos (sessão única); [2] - 20 minutos, por dia; [3] - 15 minutos, por dia; [4] - 90 minutos, por dia. As coletas de dados ocorrerão em datas e horários sugeridos pelo clube, ao ajustar a disponibilidade do senhor e dos pesquisadores para não prejudicar a rotina de treinamentos, bem como a vida pessoal do senhor. Os seguintes protocolos serão realizados: [a] Para as medidas de peso e estatura será utilizada uma balança com estadiômetro acoplado. A estimativa do percentual de gordura será feita por

meio de protocolo de dobras cutâneas, com a utilização de um plicômetro. [b] Na aquisição dos termogramas, os voluntários deverão confirmar se as orientações dos critérios de inclusão foram respeitadas. Dois termogramas serão registrados, sendo um da visão anterior e outro da visão posterior dos membros inferiores. A participação do senhor poderá ser interrompida conforme a sua decisão em qualquer momento, por qualquer motivo, e/ou pelos pesquisadores por meio da verificação de alguma limitação para prosseguir as coletas.

RISCOS E BENEFÍCIOS Informamos que, com base nas diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, dispostas na Resolução Nº 466, de 12 de dezembro de 2012, acima de qualquer objetivo o senhor terá seus direitos éticos, morais, psicológicos e físicos preservados e garantidos antes, durante e após a realização das coletas de dados. Ou seja, a prioridade absoluta do estudo será a preservação da privacidade, bem como a saúde e o bem-estar do senhor. A integridade física do senhor não será colocada em grave risco por qualquer procedimento das coletas de dados. A Termografia Infravermelha é caracterizada como um método não invasivo e não ionizante; assim, a aquisição dos termogramas oferece baixo risco à saúde do senhor. Para maior tranquilidade, a aquisição dos termogramas será realizada com a presença de um membro da comissão técnica do clube. Serão respeitados rigorosamente os aspectos relacionados à biossegurança durante a obtenção das amostras sanguíneas. O termo biossegurança é entendido como o conjunto de ações voltadas para a prevenção, proteção do trabalhador, minimização de riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino e desenvolvimento tecnológico. Se necessário, será acionado o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), via telefone 192, para o encaminhamento do voluntário ao hospital. Para as coletas das variáveis cinemáticas, os riscos associados são aqueles inerentes à sua atividade profissional, tendo em vista que essas variáveis serão verificadas nos jogos da equipe. Os benefícios da pesquisa estão relacionados às informações sobre os parâmetros de recuperação avaliados neste estudo. O melhor entendimento das respostas dessas variáveis poderá auxiliar no direcionamento de ações adequadas na elaboração de treinamentos. A pesquisa contribuirá para melhor entendimento da carga a que os atletas estão submetidos, quanto à diferença no intervalo entre os jogos de um período competitivo. O senhor e o clube terão acesso às avaliações realizadas. Posteriormente, as análises realizadas pelos pesquisadores poderão contribuir com o processo de recuperação de jogos e com a prevenção de lesões musculoesqueléticas. Portanto, o senhor será beneficiado diretamente com a participação no estudo, pois atletas de futebol necessitam constantemente de auxílio para prevenir lesões, bem como monitorar e controlar suas cargas de treinamento.

CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS Todos os dados do senhor são confidenciais, e sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma; somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso a essas informações, as

quais serão utilizadas para fins de pesquisa. Os resultados ficarão arquivados na Escola de Educação Física da UFV. O senhor dispõe de total liberdade para esclarecer questões que possam surgir. Qualquer dúvida que o senhor venha a ter, por favor, entre em contato com os pesquisadores responsáveis pelo estudo por meio dos telefones do Laboratório de Performance Humana (LAPEH): (31) 3612-5442 e (31) 3899-2076. A legalidade dos procedimentos envolvendo pesquisa com seres humanos tem como base a Resolução Nº 466, de 12 de dezembro de 2012, que dispõe sobre pesquisas envolvendo seres humanos. A qualquer momento do estudo, sem a obrigatoriedade ou a necessidade de apresentar qualquer justificativa, o senhor poderá se recusar a participar de qualquer etapa e/ou mesmo abandonar o estudo. Os pesquisadores podem decidir sobre a sua exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais o senhor será informado. Não está prevista qualquer forma de remuneração. Despesas relacionadas ao estudo serão atribuídas aos pesquisadores. O termo de consentimento livre e esclarecido seguirá em duas vias com espaços destinados para rubrica e assinatura, e uma das vias ficará em poder do voluntário. O comitê de ética em pesquisas poderá ser contatado em qualquer momento, em caso de dúvidas éticas.

76 CONSENTIMENTO Eu (voluntário),
 _____, concordo com o que foi
 exposto e, voluntariamente, dou meu consentimento.

Viçosa, _____ de _____ de 20____.

Assinatura: _____ Eu, Prof. Dr.
 João Carlos Bouzas Marins, declaro que expliquei os objetivos do estudo para o voluntário,
 nos limites dos meus conhecimentos científicos.
 _____.

APÊNDICE B

FOLHA DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO CURSO

MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

	
Departamento de Educação Física	Faculdade de Educação Física e Desportos

1. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS COMPLETOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS

AFONSO, A. S. F.; DIAS, F. A. M.; MARINS, J. C. B. A termografia aplicada ao futebol. **Revista Brasileira de Futebol**, v. 15, n. 5, p. 3-16. 2022.

2. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS ACEITOS EM PERIÓDICOS

Não há.

3. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS SUBMETIDOS EM PERIÓDICOS

Não há.

4. LIVROS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS

Não há.

5. PARTICIPAÇÃO EM CAPÍTULO DE LIVROS PUBLICADOS

Não há.

6. PARTICIPAÇÃO EM JORNAIS DE NOTÍCIAS OU REVISTAS

Não há.

7. PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS, SEMINÁRIOS, CURSOS, SIMPÓSIOS COMO PALESTRANTE

Evento: 9º Soccer Experience

Título: Monitoramento de uma lesão traumática de joelho por termografia em jogador profissional de futebol: um estudo de caso.

AFONSO, A. S. F.; MARINS, J. C. B.

Título: Perda hídrica de uma equipe de futebol profissional da série b do campeonato brasileiro.

ABREU, J. H. F.; AFONSO, A. S. F.; MARINS, J. C. B.

Data: 20/10/2021.

Local: Universidade Federal de Viçosa; Órgão Promotor: Núcleo de Pesquisa e Estudos em Futebol (NUPEF) – Universidade Federal de Viçosa (UFV);

Público estimado: 1.655 pessoas.

Evento: VIII Congresso Brasileiro de Metabolismo, Nutrição e Exercício (CONBRAMENE).

Título: Perda hídrica de uma equipe de futebol profissional da série b do campeonato brasileiro em 5 sessões de treinamentos.

Data: 25/11/2021.

Local: Londrina - PR: GEPEMENE.

8. RESUMOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS

AFONSO, A. S. F.; MARINS, J. C. B. Monitoramento de uma lesão traumática de joelho por termografia em jogador profissional de futebol: um estudo de caso. In: 9º Soccer Experience - NUPEF/UFV, 2021, Viçosa - MG. Anais do 9o Soccer Experience. Revista Brasileira de Futebol. Viçosa: Suplemento, 2021. v. 14. p. 42-42.

ABREU, J. H. F.; **AFONSO, A. S. F.**; MARINS, J. C. B. Perda hídrica de uma equipe de futebol profissional da série b do campeonato brasileiro. In: 9º Soccer Experience - NUPEF/UFV, 2021, Viçosa - MG. Anais do 9o Soccer Experience. Revista Brasileira de Futebol. Viçosa: Suplemento, 2021. v. 14. p. 37-37.

AFONSO, A. S. F.; LOBO, M.; ABREU, J. H. F.; MARINS, J. C. B. Perda hídrica de uma equipe de futebol profissional da série b do campeonato brasileiro em 5 sessões de treinamentos. In: VIII Congresso Brasileiro de Metabolismo, Nutrição e Exercício (CONBRAMENE), 2021, Rio de Janeiro. Anais do VIII CONBRAMENE | 24 A 27 DE NOVEMBRO 2021. Londrina - PR: GEPEMENE, 2021. v. 1. p. 49-49.

AFONSO, A. S. F.; JACOB, R.; VIZZONI, A.; VELOSO, F.; ALONSO, L. Efeito de uma temporada no somatotipo e nas habilidades motoras de atletas jovens de futebol. In: XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas (SIAFIS) e VI Fórum Científico da EsEFEx, 2019, Rio de Janeiro. I. Rio de Janeiro: Revista de Educação Física, 2019. v. 88. p. 22-22

ANEXO

PRIMEIRA PÁGINA ARTIGO 1

3



Rev Bras Futebol 2022; v. 15, n. 5, 03 – 16.

A TERMOGRAFIA APLICADA AO FUTEBOL

THERMOGRAPHY APPLIED TO FOOTBALL

Anderson da Silva Fernandes Afonso

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física UFV/UFJF

Felipe Augusto Mattos Dias

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física UFV/UFJF

João Carlos Bouzas Marins

Professor Doutor da Universidade Federal de Viçosa

Endereço de correspondência:

Felipe Augusto Mattos Dias

Rua José Valentino da Cruz, 54A/605, Centro

CEP: 36570-089-Viçosa – MG

Celular: (31) 993488697

Contato: felipe.a.dias@ufv.br

Agradecimentos: FAPEMIG; CAPES; CNPq e Kelvin/Radsquare

