

Warley Henrique Duarte de Oliveira

**COMPARAÇÕES DE COMPORTAMENTOS DA PROTEÍNA C-REATIVA E DA
TEMPERATURA DA PELE DOS MEMBROS INFERIORES DE ATLETAS
PROFISSIONAIS DE FUTEBOL EM RESPOSTA A JOGOS CONSECUTIVOS**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2020

Warley Henrique Duarte de Oliveira

**COMPARAÇÕES DE COMPORTAMENTOS DA PROTEÍNA C-REATIVA E DA
TEMPERATURA DA PELE DOS MEMBROS INFERIORES DE ATLETAS
PROFISSIONAIS DE FUTEBOL EM RESPOSTA A JOGOS CONSECUTIVOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta

Linha de pesquisa: Análise de métodos para o desenvolvimento humano e esportivo

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2020

M539c Oliveira, Warley Henrique Duarte de
2020 Comparações de comportamentos da Proteína C-reativa e da Temperatura da pele dos membros inferiores de atletas profissionais de futebol em resposta a jogos consecutivos. [manuscrito] / Warley Henrique Duarte de Oliveira – 2020.
81 f., enc.: il.

Orientador: Eduardo Mendonça Pimenta

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 63-71

1. Atletas – Teses. 2. Jogadores de futebol – Teses. 3. Exercícios físicos – aspectos fisiológicos – Teses. 4. Membros inferiores – Teses. I. Pimenta, Eduardo Mendonça. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796.332

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Danilo Francisco de Souza Lage, CRB 6: n° 3132, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



A Dissertação intitulada "COMPORTAMENTOS DA PROTEÍNA C-REATIVA E DA TEMPERATURA DA PELE DOS MEMBROS INFERIORES DE ATLETAS PROFISSIONAIS DE FUTEBOL EM RESPOSTA A JOGOS CONSECUTIVOS", de autoria do discente Warley Henrique Duarte de Oliveira, defendida em 01 de dezembro de 2020, por videoconferência, foi submetida à banca examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Eduardo Mendonca Pimenta (orientador)
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Christiano Eduardo Veneroso
Universidade Federal do Maranhão

Belo Horizonte, 01 de dezembro de 2020.

Dedico este trabalho a minha mãe e meus
irmãos que estiveram comigo em todos os
momentos de superação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao senhor Jesus, que é o alicerce para eu viver meus propósitos de vida, além de ser o meu maior exemplo de humildade e sabedoria.

A minha mãe e minha rainha, dona Elza, que é fonte infinita de força. Obrigado por todos os sacrifícios realizados e todas as lutas enfrentadas por mim. O seu exemplo de perseverança está comigo em todos os momentos de cansaço. EU TE AMO MUITO.

Ao meu pai, senhor João, pelas suas orações, bênçãos e pensamentos positivos que me destina diariamente.

Aos meus irmãos Welligton, Welberth e Hellen pela nossa união e nosso compromisso de sermos mais compreensivos. O apoio de vocês foi importantíssimo. Além do exemplo de garra e fé que me faz lembrar como Deus age nos momentos certos para nos proporcionar coisas maravilhosas.

Aos meus sobrinhos Bruno, Rafael, Ana, Davi e Caio, que são anjos na Terra e nos trazem carinho e alegria. Além do Pingo, meu “cãopanheiro” inigualável de todas as horas.

A Débora, por toda sua dedicação e resistência. Não é fácil estar firme ao lado de alguém tão ausente como eu, e esta dissertação reflete todo o apoio e ajuda que recebi em nossos 10 anos juntos. “Você tem dúvidas da sua força?” Essa força retorna sempre para você em forma de alegria para viver e competência para trabalhar. “O céu é o seu limite!”

Aos meus tios, tias, primos e primas por toda energia positiva. Especialmente a minha madrinha Eliane que é uma segunda mãe e um exemplo de alegria e entusiasmo. Além da minha prima Alessandra, por todo o seu enorme carinho.

Ao Jorge Lúcio, pela sua ajuda incrível, desde a seleção do mestrado até a conclusão desta dissertação. Espero que a vida lhe retribua toda essa generosidade. Foi importantíssimo contar com a sua opinião e incentivo nos

momentos mais duros do processo. Além da Suene, que trouxe um “gás extra” para nossa caminhada e pela sua disponibilidade ilimitada.

Ao Prof. Dr. André Gustavo por compartilhar experiências e ensinamentos no convívio do Biolab. Além dos desafios em sala de aula e eventos que foram importantíssimos para a minha evolução.

Ao Prof. Dr. Mauro Heleno por lições extremamente marcantes compartilhadas desde a época da graduação, pelo seu exemplo de respeito e honestidade para celebrar a excelência e a dedicação dos alunos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Pimenta, pela CONFIANÇA na minha dedicação. Raramente encontrei pessoas com tamanha CORAGEM, e um exemplo disso, foi acreditar em um aluno como eu, que tem muito entusiasmo, mas que carece de amadurecimento profissional/científico. Ressalto a importância de seus ensinamentos, que levarei pro resto da vida. Obrigado por todo apoio, todas as cobranças e principalmente, pelo exemplo de firmeza ao meu lado no momento mais duro do processo. Minha gratidão é eterna e imensurável.

Aos colegas e amigos do Biolab, a convivência foi corrida, mas trouxe aprendizados incríveis, boas histórias e risadas. Especialmente ao Gustavo Ramos, pelo seu exemplo de persistência, mesmo diante das maiores adversidades enfrentadas por um estudante. Além do Leandro Vinhas por todo incentivo e exemplo de pró-atividade e comprometimento que é necessário para enfrentar esse período turbulento da pós-graduação.

Aos amigos André, Heyder, Iago, José Alberto, Juliano, Renato, Rodrigo, Thiago e Valnei, que tornaram-se minha segunda família e foram fundamentais para eu estar comprometido com a minha missão. O companheirismo e compreensão demonstrados foram fundamentais.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma estiveram presente e deram sua contribuição para eu percorrer esse caminho cheio de obstáculos. Finalizar o mestrado com a sensação de dever cumprido, ou ainda, com a convicção de ter feito o melhor devido a participação de todos vocês é bom demais.

“Só é útil o conhecimento que nos torna
melhores”

Sócrates

“Senhor, dê-me serenidade para aceitar as
coisas que não posso modificar, coragem
para modificar as que eu posso, e
sabedoria para reconhecer a diferença
entre elas”

Reinhold Niebuhr

RESUMO

O futebol envolve ações excêntricas e de alta intensidade. Essas ações geram danos musculares que desencadeiam processos inflamatórios para reparo/remodelagem tecidual. Esses processos inflamatórios caracterizam-se por fases sobrepostas e podem ser desenvolvidos diferentemente em função dos intervalos entre jogos consecutivos. Monitorar jogos consecutivos por meio de análises dos comportamentos de variáveis como a Proteína C-reativa (PCR) e a Temperatura da pele (Tp) dos membros inferiores (MMII) pode aumentar a compreensão da demanda imposta aos atletas e o retorno temporal da homeostase. Ademais, análises de respostas relativizadas pelos maiores níveis atingidos dessas variáveis podem ampliar a compreensão do estágio inflamatório em jogos consecutivos. O objetivo do estudo foi comparar os comportamentos da PCR e da Tp dos MMII de atletas profissionais de futebol em 3 jogos consecutivos, com relação aos níveis de Pré_Jogo (Baseline), além de comparar as respostas relativizadas dessas variáveis em 24, 48 e 72 horas após os 3 jogos. A amostra foi composta por 12 atletas profissionais de futebol ($26,31 \pm 4,45$ anos). Coletas sanguíneas foram realizadas para análises de PCR, e a Tp dos MMII foi avaliada por meio da Termografia Infravermelha. Essas avaliações ocorreram antes de 3 jogos consecutivos (Baseline) e a cada 24 horas após os jogos. O monitoramento da Distância total dos jogos foi realizado por meio de GPS. As concentrações séricas de PCR e a Tp dos MMII em 24 horas após todos os jogos e em 48 horas após o jogo 3 foram significativamente maiores que o Baseline ($P < 0,05$). As respostas relativizadas da PCR foram significativamente maiores em 48 horas pós jogo 3, comparadas com momentos similares dos jogos 1 e 2, respectivamente ($P < 0,05$; $d > 0,62$; $d > 2,0$). Resultados similares de 48 horas após o jogo 3 foram verificados para as respostas relativizadas da Tp dos MMII ($P < 0,05$; $d > 2,0$; $d > 2,0$). Não houve diferença significativa para a Distância total dos jogos ($P > 0,20$). Em 24 horas após todos os jogos foram verificados aumentos significativos de PCR e Tp dos MMII, confirmando o estresse fisiológico gerado pelos jogos. Em 48 horas, apenas após o jogo 3 houve aumentos significativos de ambas as variáveis. As respostas relativizadas de 48 horas pós jogo 3 e o resultado da Distância total sugerem um provável efeito acumulativo da carga dos 3 jogos.

Palavras-chave: Futebol. Inflamação. Proteína C-reativa. Termografia.

ABSTRACT

Soccer involves high intensity, eccentric actions. These actions generate muscle damage that trigger inflammatory processes for tissue repair/remodeling. These inflammatory processes are characterized by overlapping phases and can be developed differently depending on the intervals between consecutive matches. Monitoring consecutive matches through physiological variables such as C-reactive protein (CRP) and skin temperature (Tsk) of the lower limbs (LL) can increase the understanding of the demand imposed on athletes and the temporal return of homeostasis. Additionally, relativized analysis for high levels of these variables would contribute to the understanding of athletes' inflammatory responses between consecutive matches. The aim of the study was to compare the PCR and Tp behaviors of the lower limbs of professional soccer athletes from 3 consecutive games, in relation to Pre-match results (Baseline) and to compare the relative responses of these variables in 24, 48 and 72 hours after the 3 consecutive matches. The sample consisted of 12 professional soccer athletes (26.31 ± 4.45 years). Blood samples were taken to CRP analysis, and the Tsk of the LL was assessed through of Infrared Thermography. These evaluations took place in before 3 consecutive matches (Baseline), and every 24 hours after the matches. The monitoring of the total distances of the matches was assessed through of GPS. The CRP concentrations, and the Tsk of the LL at 24 hours after all matches and at 48 hours after match 3 were significantly higher than Baseline ($P \leq 0.05$). CRP's relativized responses were significantly higher at 48 hours after the 3rd match, compared to similar moment of the 1st and 2nd matches, respectively ($P < 0.05$; $d > 0.62$ $d > 2.0$). Similar results at 48 hours after the 3rd match were verified for the relativized responses of the Tsk ($P < 0.05$; $d > 2.0$; $d > 2.0$). There was not significant difference for the total distance of the matches ($P > 0.20$). In 24 hours after all the matches there are significant increases in PCR and Tp of the lower limbs, however in 48 hours, only after match 3 there was a similar result for both variables. The relativized results of 48 hours after match 3, and the result of the total distance of the matches, indicate a probable, cumulative effect of the load of the 3 matches.

Keywords: Soccer. Inflammation. C-reactive protein. thermography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alterações no desempenho em testes de corrida após um jogo de futebol	23
Figura 2 – Modelo proposto para regulação da inflamação por mudanças sequenciais na PCR	30
Figura 3 – Alterações nos níveis de PCR após um jogo de futebol	32
Figura 4 – ΔT_p nas coxas e pernas direita e esquerda, na visão anterior.....	39
Figura 5 – Linha temporal do delineamento experimental do estudo.....	45
Figura 6 – Comportamento da PCR nas semanas e jogos avaliados	51
Figura 7 – Comportamento da T_p_{ZnQ} nas semanas e jogos avaliados	52
Figura 8 – Distâncias totais percorridas nos jogos (km).....	52
Figura 9 – Comparações da %PCR (Momentos x Jogos).....	53
Figura 10 – Comparações da % T_p_{ZnQ} (Momentos x Jogos)	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características da amostra em Média e DP (\pm).....	46
Tabela 2 – Faixas de Temperatura em °C e suas respectivas zonas de referência	47
Tabela 3 – Análises descritivas das concentrações séricas da PCR, dos percentuais de pixels da Tp_ZnQ e das Distâncias totais percorridas em Média e DP (\pm)	50

LISTA DE ABREVIATURAS

BDK – Bradicininas

C- Celsius

cm – centímetro

CS – Células satélites

CK – Creatina Quinase

DMIT – Dor Muscular de Início Tardio

HGF – Fator de Crescimento Hepatocitário

IL-1 β – Interleucina 1- β

IL-6 – Interleucina 6

IL-10 – Interleucina 10

IL-33 – Interleucina 33

K – kelvin

kg – quilograma

LPS – Lipopolissacarídeos

MEC – Matrix-extracelular

mg.L⁻¹ – miligramas vezes litro elevado a menos um

ml.kg⁻¹.min⁻¹ – mililitro vezes quilograma elevado a menos 1, vezes minuto elevado a menos 1

MMII – Membros inferiores

MRf4 – Fator Miogênico 4

MyoD1 – Fator Miogênico 1

Myf5 – Fator Miogênico 5

Myog – Miogenina

PAD – Períodos de alta densidade

PAX7⁺ – Células progenitoras embrionárias

PBD – Períodos de baixa densidade

PCR – Proteína C-reativa

%PCR – Respostas relativizadas da Proteína C-reativa

PTG-E1 – Prostaglandinas E1

PTG-E2 – Prostaglandinas E2

ROI's – Regiões de Interesse

SI – Sistema Imunológico

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TGF- β – Fator Transformador de Crescimento beta

TIV – Termografia Infravermelha

TNF- α – Fator de Necrose Tumoral alfa

Tp – Temperatura da pele

TPG – Termopixelgrafia

Tp_ZnQ – Temperatura da pele Zona Quente

%Tp_ZnQ – Respostas relativizadas da Temperatura da pele Zona Quente

Treg – Células T regulatórias

VO²máx – Consumo máximo de oxigênio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivos	20
1.2 Hipóteses	20
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1 Futebol de alto rendimento e densidade competitiva.....	21
2.2 Danos musculares, processos inflamatórios e reparo/remodelagem do tecido musculoesquelético.....	25
2.3 Proteína C-reativa e futebol de alto rendimento	28
2.4 Termografia infravermelha e futebol de alto rendimento	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS	42
3.1 Cuidados éticos.....	42
3.2 Amostra.....	42
3.3 Delineamento experimental	43
3.4 Caracterização amostral	45
3.5 Termogramas.....	46
3.6 Proteína C-reativa	47
3.7 Distâncias totais	48
3.8 Análise estatística	48
4 RESULTADOS	50
5 DISCUSSÃO	56
6 CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS	63
APÊNDICE	72
ANEXO	77

1 INTRODUÇÃO

O futebol de alto rendimento é caracterizado como um esporte intermitente e de longa duração (DALEN *et al.*, 2016, 2019; RAMÍREZ-CAMPILLO *et al.*, 2016). Em jogos oficiais, os atletas percorrem distâncias totais de 8-12 km, e parte dessas distâncias (1-11%) são percorridas em alta intensidade (SOUGLIS *et al.*, 2018; WEHBE; HARTWIG; DUNCAN, 2014; WISLOFF *et al.*, 2004), com velocidades $\geq 20 \text{ km.h}^{-1}$ e/ou acelerações $\geq 2,5 \text{ m/s}^2$ (DALEN *et al.*, 2016, 2019; HARPER; CARLING; KIELY, 2019; WEHBE; HARTWIG; DUNCAN, 2014). A distância total percorrida e as distâncias percorridas em alta intensidade variam de acordo com a função tática executada (defensores vs. meias vs. atacantes) (DJAOUI *et al.*, 2014; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017), dos tempos de jogo (1º tempo vs. 2º tempo) (AKENHEAD *et al.*, 2013; DALEN *et al.*, 2019; ROMAGNOLI *et al.*, 2015; WEHBE; HARTWIG; DUNCAN, 2014) e, especialmente de períodos competitivos (Alta densidade vs. Baixa densidade) (PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017).

Baseado nos estudos de Carling *et al.* (2015); Penedo-Jamardo *et al.*, (2017); Owen *et al.* (2019), compreende-se que períodos competitivos são diferenciados em função da densidade de jogos. Os períodos de alta densidade competitiva (PAD) são caracterizados pela participação dos atletas em 2-3 jogos com intervalos curtos (3- 4 dias), enquanto que períodos de baixa densidade (PBD) envolvem um tempo maior de intervalo entre jogos (≥ 5 dias) (CARLING *et al.*, 2015; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017). Essa variação da densidade de jogos é determinada por participações isoladas e/ou simultâneas das equipes em competições (ALVES *et al.*, 2015; COELHO *et al.*, 2015). A simultaneidade de competições eleva o número de jogos disputados na temporada (50-80 jogos) e a sobrecarga aos atletas, tornando o calendário congestionado (ALVES *et al.*, 2015; DJAOUI *et al.*, 2014; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017). Os PAD envolvem jogos consecutivos associados com treinos, viagens e condições climáticas adversas. Isso provoca perturbações no descanso, dieta e sono do atleta, criando um cenário adverso para uma recuperação física-fisiológica completa (CARLING *et al.*, 2015; DJAOUI *et al.*, 2014; MOHR *et al.*, 2016; OWEN *et al.*, 2019; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017). Logo, torna-se relevante avaliar os perfis de recuperação dos atletas

entre jogos (DJAOUI *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2017) e a ativação do Sistema Imunológico (SI) pode ser fundamental para compreensão desses perfis (FERNANDES *et al.*, 2017a; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; MOHR *et al.*, 2016).

O SI é integral para a defesa do organismo e influencia outros sistemas e processos fisiológicos, e.g. reparo tecidual, metabolismo, termorregulação, sono e fadiga (MOHR *et al.*, 2016; PEAKE *et al.*, 2017). Análises relacionadas à ativação e atuação do SI colaboram com o entendimento da demanda imposta aos atletas de futebol e com o desenvolvimento de programas de treinamento que podem melhorar o desempenho físico e minimizar os riscos de lesões musculoesqueléticas (SILVA *et al.*, 2017). Por outro lado, desequilíbrios persistentes na relação estímulo-recuperação, provocados pela alta densidade de jogos podem resultar em redução de desempenho e sintomas derivados de processos inflamatórios, e.g. diminuição de amplitude de movimento, edema e Dor Muscular de Início Tardio (DMIT) (COELHO *et al.*, 2012; FILAIRE *et al.*, 2003; HAMMOUDA *et al.*, 2013; PIMENTA *et al.*, 2012; SOUGLIS *et al.*, 2015). Isso decorre do grande número de ações intensas e excêntricas realizado nos jogos, que causam danos musculares de graus variados e desencadeiam processos inflamatórios (APOSTOLIDIS *et al.*, 2014; REILLY; EKBLUM, 2005), que podem ser verificados por maior infiltração de fagócitos e produção de radicais livres, elevação das concentrações de Interleucina-6 (IL-6) e Fator de Necrose Tumoral alfa (TNF- α) e, em especial, pelo aumento da síntese de proteínas de fase aguda, principalmente a Proteína C-reativa (PCR) (ASCENSÃO *et al.*, 2008, ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; MOHR *et al.*, 2016; SOUGLIS *et al.*, 2015, 2018).

Após um jogo de futebol de alto rendimento, são verificados aumentos significativos das concentrações de biomarcadores de processo inflamatório sistêmico, como a PCR, com picos reportados anteriormente em cerca de 24 horas (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; MOHR *et al.*, 2016; ROMAGNOLI *et al.*, 2015; SOUGLIS; TRAVLOS, 2015). Além disso, as concentrações séricas de PCR podem permanecer significativamente elevadas em até 48 horas após jogo, comparadas as concentrações de pré_jogo (*Baseline*) (BEZERRA *et al.*, 2016; MOHR *et al.*, 2016). Porém, outros estudos não verificaram respostas significativamente maiores do que os níveis de *Baseline* em cerca de 40 e 48 horas após um jogo de futebol

(ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; SOUGLIS *et al.*, 2018), indicando uma falta de consenso na literatura sobre o comportamento da PCR para um momento mais distante dos jogos (40-48 horas), sendo que análises desse momento pode ser relevante para a compreensão do desenvolvimento de processos inflamatórios. Em análises de jogos consecutivos, as concentrações séricas de PCR são significativamente maiores no segundo jogo, comparadas as concentrações verificadas no primeiro jogo (JATENE; DOS SANTOS; PORTELLA, 2019; MOHR *et al.*, 2016), possivelmente devido ao curto intervalo de recuperação dos jogos, que podem gerar respostas inflamatórias aumentadas (JATENE; DOS SANTOS; PORTELLA, 2019; MOHR *et al.*, 2016). Além disso, nas comparações entre os jogos 2 e 3, as concentrações do jogo 3 foram maiores quando o intervalo entre os jogos foi de 48 horas (JATENE; DOS SANTOS; PORTELLA, 2019), mas o mesmo não foi verificado com um intervalo de aproximadamente 72 horas (MOHR *et al.*, 2016), indicando uma falta de consenso na literatura, em função de curtos intervalos entre jogos 2 e 3 (3-4 dias).

Em outras análises de jogos consecutivos, o comportamento da Temperatura da pele (Tp) dos membros inferiores (MMII) tem sido investigado por meio da Termografia Infravermelha (TIV) (FERNANDES *et al.*, 2017a). A TIV é uma técnica não invasiva e não ionizante (FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.*, 2017; HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010), que permite apresentar a Tp em tempo real (MARINS *et al.*, 2014) por meio de imagens térmicas denominadas termogramas (RING, 2006). A Tp dos MMII de atletas de futebol pode variar significativamente devido a um maior metabolismo local, que estaria relacionado a danos musculares seguidos por processos inflamatórios (FERNANDES *et al.*, 2017a, 2017b; RODRIGUES JUNIOR, 2018). Em 2 jogos consecutivos, são verificadas variações de Tp significativamente maiores em 24 e 48 horas do segundo jogo (FERNANDES *et al.*, 2017a). Essas respostas acentuadas no segundo jogo podem estar relacionadas ao curto intervalo entre os jogos, que seria insuficiente para uma recuperação completa da estrutura/função do tecido muscular, resultando em um metabolismo local aumentado por maior tempo.

O monitoramento de variáveis relacionadas ao processo de recuperação do tecido muscular, como a PCR e a Tp dos MMII, pode contribuir com a

compreensão do estado físico-fisiológico dos atletas entre jogos (FERNANDES *et al.*, 2017a; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; MOHR *et al.*, 2016). Especialmente em jogos consecutivos dos PAD, esse monitoramento deve ser constante para aumentar a robustez dos programas de prevenção de lesões (GÓMEZ-CARMONA *et al.*, 2020), pois nesses períodos as probabilidades de lesões são maiores (BENGTSSON; EKSTRAND; HAGGLUND, 2013; CARLING *et al.*, 2015). É possível que as respostas da PCR e da Tp dos MMII sejam acentuadas em uma sequência de jogos consecutivos, em função de danos musculares e das magnitudes-durações de processos inflamatórios, aliados ao curto intervalo entre os jogos. Assim, torna-se relevante avaliar o comportamento dessas variáveis em um decurso temporal estendido após os jogos, a fim de verificar se uma sequência de jogos consecutivos aumentaria o tempo necessário para retornar a níveis similares de *Baseline*, que poderia ser considerado um indicativo de restabelecimento da homeostase do tecido muscular (PUNCHARD; WHELAN; ADCOCK, 2004). Ademais, análises a partir de respostas individualizadas dessas variáveis podem possibilitar uma maior compreensão do estágio inflamatório dos atletas em função de jogos e momentos avaliados, com a perspectiva de favorecer um controle de carga adequado.

Respostas acentuadas da PCR seriam derivadas de eliminação de material tecidual necrótico (LI *et al.*, 2018; PEAKE *et al.*, 2017), por mecanismo em que a PCR se ligaria a cromatina de células lesadas, numa ligação dependente da histona H1, levando à ativação do sistema complemento pela via clássica ou a fagocitose via receptores FcyRI e FcyRII de monócitos-macrófagos (COLLARES; PAULINO, 2006; JUBAN; CHAZAUD, 2017). Esse mecanismo apresenta o envolvimento direto da PCR na regulação inflamatória (COLLARES; PAULINO, 2006; SPROSTON; ASHWORTH, 2018; WU *et al.*, 2015), contribuindo para processos de fagocitose com aumento de metabolismo local. Esse aumento de metabolismo seria caracterizado por maior atividade imunológica, aumento de energia e entropia, e em tese, isso aumentaria a transferência de calor de regiões profundas para a superfície corporal (CALKOSINSKI *et al.*, 2015; GÓMEZ-CARMONA *et al.*, 2020), e conseqüentemente em aumentos da Tp dos MMII de atletas de futebol (FERNANDES *et al.*, 2017a, 2017b; RODRIGUES JUNIOR, 2018).

O estado físico-fisiológico dos atletas em jogos consecutivos pode ser compreendido com comparações dos comportamentos da PCR e da Tp dos MMII, em relação aos níveis de *Baseline*. Além disso, respostas relativizadas dessas variáveis (PCR e Tp dos MMII), especificamente pelos maiores níveis atingidos individualmente, podem ampliar a compreensão do estágio inflamatório nos momentos avaliados (ALVES *et al.*, 2015; COLLARES; PAULINO, 2006). Nenhum estudo anterior investigou o comportamento da PCR e da Tp dos MMII em 3 jogos consecutivos com intervalos curtos em um decurso temporal de 2 semanas, sendo que análises relativizadas, especificamente dessas variáveis, também é uma nova contribuição para o monitoramento de carga no futebol. Logo, verificar os comportamentos da PCR e da Tp dos MMII de atletas de futebol, comparados aos níveis de *Baseline* e comparar respostas relativizadas dessas variáveis entre 3 jogos consecutivos pode gerar informações relevantes para um controle de carga adequado, implementação de estratégias efetivas na recuperação de jogos e maior robustez de programas de prevenção de lesões.

1.1 Objetivos

Comparar os comportamentos da PCR e da Tp dos MMII de atletas profissionais de futebol, em relação aos níveis de *Baseline*, com avaliações regulares a cada 24 horas após 3 jogos consecutivos em 2 semanas.

Comparar as respostas relativizadas da PCR e da Tp dos MMII de atletas profissionais de futebol avaliadas em 24, 48 e 72 horas após 3 jogos consecutivos.

1.2 Hipóteses

H₁ – A PCR e a Tp dos MMII de atletas profissionais de futebol apresentarão níveis significativamente maiores em 24 horas após todos os jogos e em 48 horas dos jogos 2 e 3, comparados com os níveis de *Baseline*. Ademais, após o jogo 3, os níveis dessas variáveis serão maiores também em momentos posteriores a 48 horas.

H₂ - Haverá diferenças significativas nas respostas relativizadas da PCR e da Tp dos MMII de atletas profissionais de futebol em 24, 48 e 72 horas dos 3 jogos avaliados, sendo que essas respostas serão maiores nos jogos 2 e 3.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Em uma perspectiva de compreensão de processos de recuperação de atletas de futebol entre jogos competitivos, esta revisão de literatura vai abordar os seguintes temas: Futebol de alto rendimento e densidade competitiva; Danos musculares, processos inflamatórios e reparo/remodelagem do tecido musculoesquelético; Proteína C-reativa e futebol de alto rendimento; Termografia infravermelha e futebol de alto rendimento.

2.1 Futebol de alto rendimento e densidade competitiva

O futebol de alto rendimento é caracterizado como um esporte intermitente e de longa duração (DALEN *et al.*, 2016, 2019; RAMÍREZ-CAMPILLO *et al.*, 2016). Em jogos oficiais, os atletas percorrem distâncias totais que variam entre 8 e 12 km (SOUGLIS *et al.*, 2018; WEHBE; HARTWIG; DUNCAN, 2014; WISLOFF *et al.*, 2004), e parte dessas distâncias (1-11%) são percorridas mediante corridas de alta intensidade (velocidade $\geq 20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e/ou acelerações $\geq 2,5 \text{ m/s}^2$) (DALEN *et al.*, 2016, 2019; HARPER; CARLING; KIELY, 2019; WEHBE; HARTWIG; DUNCAN, 2014). Essas corridas de alta intensidade (RAMÍREZ-CAMPILLO *et al.*, 2016; STOLEN; CHAMARI; WISLOFF, 2005), possuem curta duração (2-4 segundos) e abrangem curtas distâncias (MENZEL *et al.*, 2013; WEHBE; HARTWIG; DUNCAN, 2014; WISLOFF *et al.*, 2004), sendo aproximadamente 50% dessas ações realizadas em até 10 metros (WEHBE; HARTWIG; DUNCAN, 2014; WISLOFF *et al.*, 2004).

Além das corridas anteriormente descritas, outras ações de alta intensidade e curta duração são repetidamente realizadas no futebol, *e.g.*, frenagens, mudanças de direção repentinas, giros, chutes e saltos (RAMÍREZ-CAMPILLO *et al.*, 2016; STOLEN; CHAMARI; WISLOFF, 2005). Essas ações demandam a produção de níveis elevados de força muscular para as inerentes acelerações e desacelerações envolvidas (DALEN *et al.*, 2016; MENZEL *et al.*, 2013; RAMÍREZ-CAMPILLO *et al.*, 2016). Compreende-se que a capacidade de realizar essas ações ao longo do jogo, e/ou ainda, a distância total percorrida, podem variar em função de aspectos genéticos (COELHO *et al.*, 2018; PIMENTA *et al.*, 2013), da função tática executada (DJAOUI *et al.*, 2014; PENEDO-JAMARDO

et al., 2017), dos tempos de jogo (1^o vs. 2^o) (AKENHEAD *et al.*, 2013; DALEN *et al.*, 2019) e, especialmente de períodos competitivos (Alta densidade vs. Baixa densidade) (CARLING *et al.*, 2015; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017).

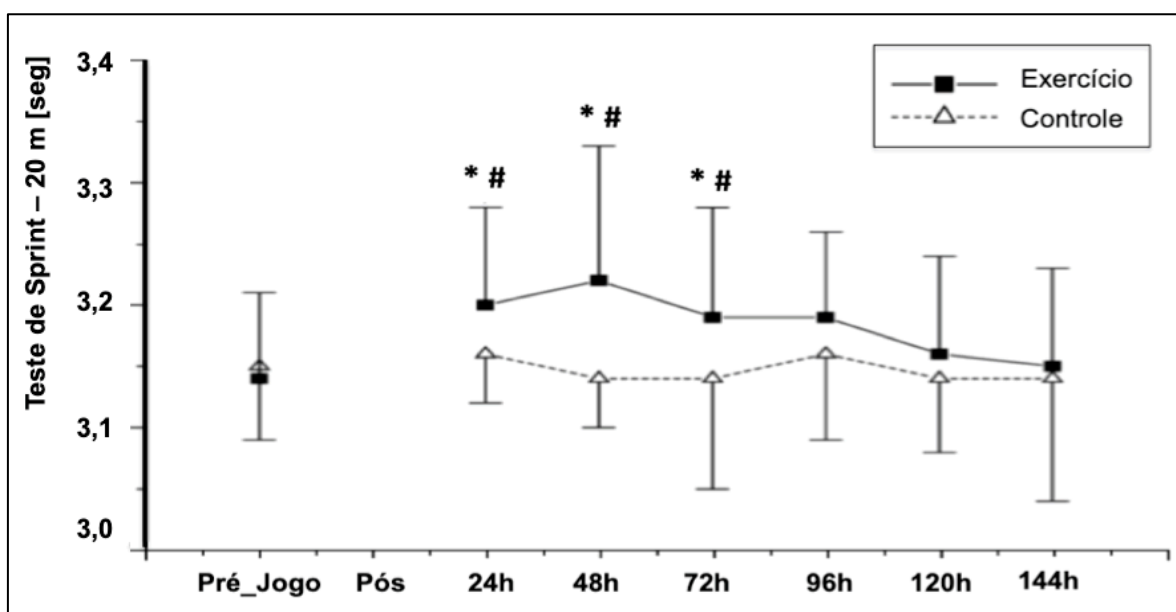
Os períodos competitivos podem impactar o desempenho físico (PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017), além de determinar uma maior incidência de lesões musculoesqueléticas (BENGTSSON; EKSTRAND; HAGGLUND, 2013; CARLING *et al.*, 2015). Isso se deve a densidade competitiva desses períodos (alta densidade e baixa densidade). Baseado nos estudos de Carling *et al.*, 2015; Penedo-Jamardo *et al.*, 2017, compreende-se que PAD são caracterizados pela participação dos atletas em 2-3 jogos, com intervalos curtos entre esses jogos (≤ 4 dias). Por outro lado, PBD envolvem um tempo maior de intervalo entre os jogos (≥ 5 dias) (CARLING *et al.*, 2015; DJAOUI *et al.*, 2014; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017). Uma constante variação de densidade dos períodos competitivos ocorre devido a participações simultâneas em diferentes competições e ao elevado número de jogos na temporada (50-80 jogos) (DJAOUI *et al.*, 2014; OWEN *et al.*, 2019; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017).

A densidade de períodos competitivos, especialmente PAD, desperta grande atenção para as análises relacionadas a processos de recuperação relacionados ao tecido muscular (FERNANDES *et al.*, 2017a; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; MOHR *et al.*, 2016; SOUGLIS *et al.*, 2018). As grandes distâncias percorridas e as ações intensas com elevado componente excêntrico geram um comprometimento estrutural do tecido muscular (ALVES *et al.*, 2015; MOHR *et al.*, 2016a; OWEN *et al.*, 2019; SOUGLIS *et al.*, 2018), e aliado ao curto intervalo entre jogos de PAD, esse tecido pode não restabelecer a sua estrutura adequadamente (FERNANDES *et al.*, 2017a; MOHR *et al.*, 2016; OWEN *et al.*, 2019). Tal condição pode comprometer a função, gerar respostas fisiológicas exacerbadas e aumentar os riscos de lesões musculoesqueléticas (BENGTSSON; EKSTRAND; HAGGLUND, 2013; FERNANDES *et al.*, 2017a; MOHR *et al.*, 2016; OWEN *et al.*, 2019; SOUGLIS *et al.*, 2018). Desta forma, avaliações dos níveis de desgaste físico-fisiológico e recuperação após os jogos são amplamente incorporadas na rotina do futebol de alto rendimento (DJAOUI *et al.*, 2017; FERNANDES *et al.*, 2017a; MOHR *et al.*, 2016), sendo a recuperação compreendida como o retorno a

homeostase de sistemas fisiológicos diante de alterações metabólicas, inflamatórias e de dano muscular induzidos pelo exercício físico (DUPUY *et al.* 2018).

Em análises de um jogo de futebol, Ispirlidis *et al.* (2008) monitoraram os comportamentos de biomarcadores de dano muscular e inflamação, e variáveis de desempenho, respectivamente por meio da Creatina Quinase (CK), da Proteína C-reativa (PCR) e de testes de sprint. As avaliações foram realizadas 24 horas antes de um jogo (*Baseline*) e a cada 24 horas após esse jogo, com o total de 6 momentos de avaliações da recuperação (pós-jogo). Os atletas foram avaliados em dois grupos: a) exercício - atletas que participaram do jogo; b) controle - atletas que não participaram do jogo. Os atletas que participaram do jogo apresentaram respostas acentuadas para a CK (pico: 48 horas) e PCR (pico: 24 horas). Além disso, o desempenho em testes de *sprint* foi significativamente inferior em até 72 horas após o jogo, comparado ao *Baseline* e ao grupo controle (Figura 1). Esses autores ressaltam a importância de monitorar biomarcadores e variáveis de desempenho, a fim de contribuir para o entendimento de níveis de desgaste e estado de recuperação dos atletas após jogo.

Figura 1 – Alterações no desempenho em testes de corrida após um jogo de futebol



* diferença significativa para o momento Pre; # diferença significativa entre os grupos; $P \leq 0,05$.

Fonte: adaptado de Ispirlidis *et al.* (2008)

A elevada demanda física-fisiológica inerente de um jogo de futebol (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; SOUGLIS *et al.*, 2018) torna necessário um intervalo adequado para atingir uma recuperação completa antes do próximo jogo (FERNANDES *et al.*, 2017a; MOHR *et al.*, 2016; ZATSIORSKY; KRAEMER, 2006). Para recuperação completa, esse intervalo entre os jogos pode superar a 72 horas (FERNANDES *et al.*, 2017a; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008). Assim, altas cargas e frequência de jogos, que são realizados sequencialmente com curtos intervalos, como em PAD, podem alterar o comportamento de variáveis relacionadas ao processo de recuperação (MOHR *et al.*, 2016; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017). Mohr *et al.* (2016) avaliaram as respostas de biomarcadores de dano muscular (CK) e inflamação (PCR) em atletas que participaram 3 jogos consecutivos. Do primeiro para o segundo jogo houve um intervalo de 3 dias, e do segundo para o terceiro jogo, um intervalo de 4 dias. Foram verificados valores pico de CK e PCR significativamente maiores após o segundo jogo, quando comparados ao primeiro jogo, o que indica um estado incompleto de recuperação causado pelo curto intervalo entre o primeiro e o segundo jogo. Penedo-Jamardo *et al.* (2017) compararam PAD e PBD por meio do desempenho físico de atletas de futebol em uma temporada competitiva (início vs. meio vs. final). A distância total percorrida foi significativamente menor em PAD em toda a temporada competitiva. Ademais, a distância total e as corridas em alta velocidade foram significativamente menores no meio da temporada competitiva. Esses autores compreendem que tais resultados poderiam ser explicados em função de estados incompletos de recuperação entre os jogos.

Processos incompletos de recuperação entre jogos também representam um fator relevante para as lesões no futebol (BENGTSSON; EKSTRAND; HAGGLUND, 2013; CARLING *et al.*, 2015; DELLAL *et al.*, 2015). Carling *et al.* (2015) analisaram a incidência de lesões (lesões por 1000 horas de exposição) em PAD (2-3 jogos) e em PBD (apenas um jogo). Esses autores verificaram uma maior incidência de lesões nos últimos minutos dos jogos de PAD com três jogos, em comparação com PBD, o que indica a importância de monitorar atentamente atletas com maior participação nos jogos de PAD. Especialmente, em análises de lesões sem contato, que representam 59% das lesões nos MMII do futebol de alto rendimento (NOYA *et al.*, 2014), as taxas de lesões

musculoesqueléticas em campeonatos nacionais do calendário europeu são significativamente maiores nos PAD, em comparação com PBD (BENGTSSON; EKSTRAND; HAGGLUND (2013). Diante disso, é possível que PAD aliados a uma maior participação no tempo total dos jogos estejam associados ao aumento da probabilidade de lesões musculoesqueléticas.

Análises de períodos competitivos possibilitam a compreensão do comportamento de variáveis fisiológicas e de desempenho, as quais estão relacionadas a recuperação do tecido muscular. Ademais, o entendimento da demanda de períodos competitivos é relevante para o controle de carga adequado, para a compreensão de processos de recuperação de jogos e para melhor tomada de decisões em programas de prevenção de lesões.

2.2 Danos musculares, processos inflamatórios e reparo/remodelagem do tecido musculoesquelético

Os danos musculares estão relacionados as ações excêntricas em alta intensidade (HYLDAHL; HUBAL, 2014). Esses danos caracterizam-se por alterações estruturais do tecido musculoesquelético, e.g. desintegração das linhas Z, desorganizações de miofilamentos e rupturas de miofibrilas (HYLDAHL; HUBAL, 2014; LIEBER; WOODBURN; FRIDEN, 1991). Em teoria, essas alterações reduzem a capacidade de produção de força devido a entrada desregulada de Cálcio em canais ativados do citosol, que estimula enzimas de calpaína a degradar proteínas contráteis e de acoplamento de excitação-contração (HYLDAHL; HUBAL, 2014; PEAKE *et al.*, 2017).

Os danos musculares decorrentes de contrações excêntricas também podem estar relacionados a decréscimos na amplitude de movimento (ADM), e com a Dor Muscular de Início Tardio (DMIT) (HYLDAHL; HUBAL, 2014; PEAKE *et al.*, 2017). Em tese, a DMIT decorre da grande estimulação de nociceptores por meio de mediadores químicos, como as Prostaglandinas E2 (PTG-E2) e Bradicininas (BDK), que são liberados pelas células intersticiais da matrix-extracelular (MEC), a partir de uma tensão gerada no tecido musculoesquelético (HYLDAHL; HUBAL, 2014). Embora os mecanismos que determinam a DMIT não estejam completamente elucidados, é possível que a mesma esteja mais associada

a inflamação na MEC do que propriamente aos danos e inflamação das miofibrilas (PEAKE *et al.*, 2017), já que Hayashi *et al.* (2016) verificaram uma hiperalgesia após exercícios excêntricos (1-3 dias), mesmo sem alterações microscópicas na estrutura do tecido musculoesquelético.

A DMIT e outros sinais-sintomas podem estar relacionados a processos inflamatórios. Esses processos inflamatórios são desencadeados com o propósito de restabelecer a homeostase ao contribuir com o reparo/remodelagem dos tecidos lesados (LI *et al.*, 2018; PEAKE *et al.*, 2017). Historicamente os processos inflamatórios eram considerados indesejáveis e prejudiciais, no qual foram caracterizados pelos seguintes sinais cardinais: calor, edema, rubor, dor e perda de função (PUNCHARD; WHELAN; ADCOCK, 2004). Embora esses sinais cardinais sejam de grande relevância, recentemente, os processos inflamatórios têm sido compreendidos como uma série de eventos que decorrem da lesão de tecidos e a microcirculação relacionada (recrutamento e ativação de fatores pró/anti-inflamatórios), com um curso essencialmente uniforme (MUKUND; SUBRAMANIAM, 2020; PUNCHARD; WHELAN; ADCOCK, 2004; SPECTOR; WILLOUGHBY, 1963). Apesar dos processos inflamatórios apresentarem um curso uniforme, as diferenças nos danos causados levam a uma variação na magnitude e duração das fases desses processos (PUNCHARD; WHELAN; ADCOCK, 2004).

Os processos inflamatórios têm sido descritos a partir de interações e sinalizações celulares, que podem ser apresentadas nas seguintes fases sobrepostas: I) Endotoxinas e Prostaglandinas E1 (PTG-E1) e PTG-E2 estimulam células pró-inflamatórias (LI *et al.*, 2018; PEAKE *et al.*, 2017), como neutrófilos e macrófagos Ly6C⁺ (conhecidos como macrófagos M1) (COLLARES; PAULINO, 2006; JUBAN; CHAZAUD, 2017). Essas células são recrutadas ao local acometido para a fagocitose de tecidos necrosados (LI *et al.*, 2018; PEAKE *et al.*, 2017); II) Células imunes anti-inflamatórias, como os macrófagos Ly6C⁻ (conhecidos como macrófagos M2) atuam de maneira anti-inflamatória (JUBAN; CHAZAUD, 2017), além de participarem diretamente do estímulo a angiogênese, ativação de miofibroblastos e a proliferação de células progenitoras dos tecidos (LI *et al.*, 2018; MUKUND; SUBRAMANIAM, 2020); III) Células imunes deixam o local acometido ou são eliminadas por apoptose com as funções e sinalizações executadas, com a

regeneração do tecido estabelecida (LI *et al.*, 2018; MUKUND; SUBRAMANIAM, 2020; PUNCHARD; WHELAN; ADCOCK, 2004).

Li *et al.* (2018) destacam que inerentes as fases dos processos inflamatórios para reparo/remodelagem do tecido, o sistema imunológico adaptativo é importantíssimo, especialmente por meio das atividades das Células T regulatórias (Treg). Essas células são mobilizadas a partir de sinalização oriunda da Interleucina 33 (IL-33), com o propósito de regular os processos de reparo/remodelagem do tecido e impedir inflamações excessivas. Assim, as Treg controlam as atividades de macrófagos pró-inflamatórios Ly6c⁺ e a síntese de IL-6, além de estimular a secreção de moléculas anti-inflamatórias, e.g. a Interleucina 10 (IL-10) e o Fator Transformador de Crescimento beta (TGF- β). Ainda, as Treg estão envolvidas na proliferação das células satélites (CS), e na supressão da diferenciação de mioblastos e proteínas da MEC que induzem a fibrose (PEAKE *et al.*, 2017).

A participação e as atividades das CS durante reparo/remodelagem do tecido acometido é um processo altamente organizado (MUKUND; SUBRAMANIAM, 2020; SHORTREED; JOHNSTON; HAWKE, 2010). As CS normalmente permanecem em um estado quiescente (dormência) (MUKUND; SUBRAMANIAM, 2020; SHORTREED; JOHNSTON; HAWKE, 2010), e a partir dos danos musculares essa condição se altera para a primeira etapa, que é a ativação, caracterizada por alterações na morfologia celular, e.g. aumento do citoplasma e organelas, e alterações nas características de adesão (SHORTREED; JOHNSTON; HAWKE, 2010). De acordo com o modelo proposto a partir de experimentos laboratoriais, essa mudança (estado quiescente para a ativação) ocorre devido a rápida liberação de óxido nítrico decorrente dos danos musculares, que é um mediador da síntese do Fator de Crescimento Hepatocitário (HGF) pela MEC e fibras musculares próximas (SHORTREED; JOHNSTON; HAWKE, 2010). O HGF é considerado um regulador essencial na regeneração muscular, especialmente por promover a migração de CS para o tecido acometido, após o desprendimento dessas células da lamina basal (SHORTREED; JOHNSTON; HAWKE, 2010).

As CS também passam pela fase de proliferação. Nessa fase, ocorre a síntese e divisão de conteúdos celulares para formação de muitas células

(SHORTREED; JOHNSTON; HAWKE, 2010). A expressão de fatores de transcrição miogênica, e.g. Miogenina (Myog), Fator Miogênico 1 (MyoD1) e Fator Miogênico 5 (Myf5) em células progenitoras embrionárias (PAX7⁺), regulam e mantêm a proliferação de CS ativadas (MUKUND; SUBRAMANIAM, 2020; SHORTREED; JOHNSTON; HAWKE, 2010; SOUZA *et al.*, 2015). A partir dessa proliferação, a população de CS cresce muito, ao ponto de fornecer células necessárias (por divisão mitótica) para a diferenciação e para repor a reserva de CS quiescentes, em possíveis demandas futuras de reparo/remodelagem tecidual (JÄRVINEN *et al.*, 2005; MUKUND; SUBRAMANIAM, 2020; SHORTREED; JOHNSTON; HAWKE, 2010; TEN BROEK *et al.*, 2010). Na fase de diferenciação, as CS tornam-se mioblastos, que se fundem com outros mioblastos ou com as miofibrilas existentes para formar um novo tecido muscular esquelético, com os fatores de transcrição Myog e Fator Miogênico 4 (MRf4) associados com essa fase (MUKUND; SUBRAMANIAM, 2020; SHORTREED; JOHNSTON; HAWKE, 2010; SOUZA *et al.*, 2015). Apesar de envolvidos, a ativação desses fatores ocorram em momentos diferentes (MUKUND; SUBRAMANIAM, 2020; SHORTREED; JOHNSTON; HAWKE, 2010; SOUZA *et al.*, 2015).

Em síntese, as fases das interações intercelulares nos processos inflamatórios são sobrepostas e determinam a efetividade e o tempo necessário para recuperação de danos musculares (PEAKE *et al.*, 2017). Embora os processos inflamatórios sejam considerados respostas biológicas essenciais (LI *et al.*, 2018; MUKUND; SUBRAMANIAM, 2020; PEAKE *et al.*, 2017; SPECTOR; WILLOUGHBY, 1963), caso eles se tornem exacerbados e prolongados, poderão causar danos excessivos e fibrose patológica que debilita a função do tecido musculoesquelético (LI *et al.*, 2018; MUKUND; SUBRAMANIAM, 2020; PEAKE *et al.*, 2017).

2.3 Proteína C-reativa e futebol de alto rendimento

Conforme apresentado na seção anterior, as contrações musculares excêntricas em ações de alta intensidade estão relacionadas a danos musculares (HYLDAHL; HUBAL, 2014). A resposta inicial para esses danos é conhecida como fase aguda de processos inflamatórios (SPROSTON; ASHWORTH, 2018). Nessa fase, células imunes, e.g., neutrófilos e macrófagos, rapidamente iniciam suas

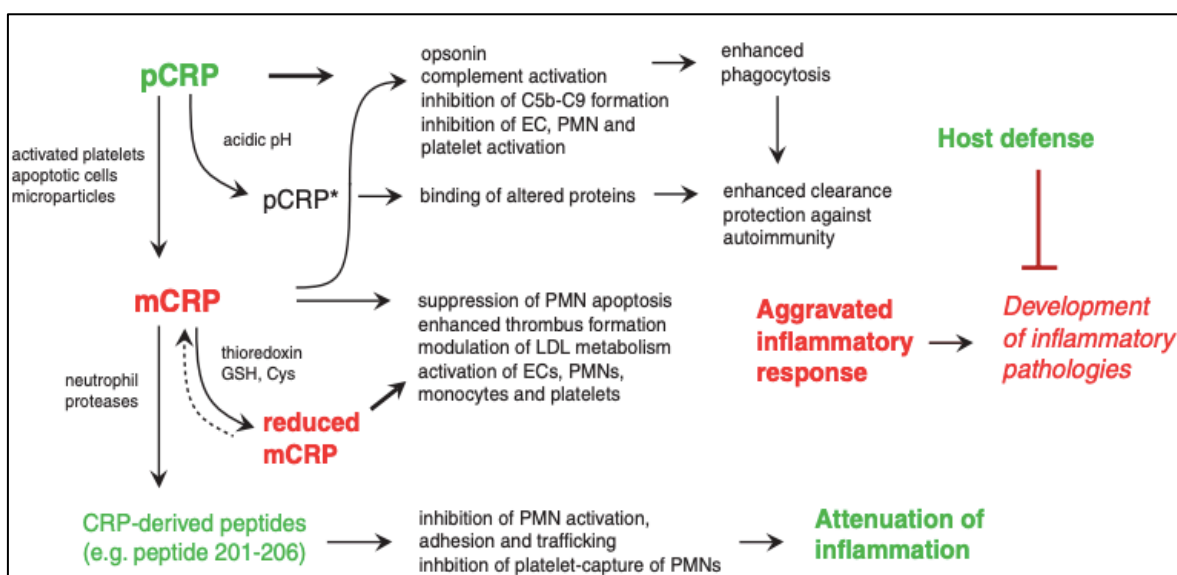
atividades (MOHR *et al.*, 2016; NÉDÉLEC *et al.*, 2012; PEAKE *et al.*, 2017). Essas células liberam citocinas pró-inflamatórias (IL-1 β , IL-6 e TNF- α) (LI *et al.*, 2018; PEAKE *et al.*, 2017), e por sua vez, essas citocinas, principalmente a IL-6, agem como mediadores para a ativação transcricional de proteínas de fase aguda, em especial a Proteína C-Reativa (PCR) (CLYNE; OLSHAKER, 1999; KOSTRZEWA-NOWAK *et al.*, 2015; MAYER *et al.*, 2010).

A PCR foi descoberta em 1930, por Tillet e Francis que investigavam os soros de pacientes acometidos de infecção por *Pneumococcus*, e foi nomeada assim pela afinidade na ligação de cálcio com a porção fosfocolina do polissacarídeo capsular (C) de *Streptococcus pneumoniae* (CLYNE; OLSHAKER, 1999; SHRIVE *et al.*, 1996; SPROSTON; ASHWORTH, 2018). A PCR é um polímero (homopentamérica) com peso molecular total de aproximadamente 118 daltons (CLYNE; OLSHAKER, 1999) e tempo de meia-vida de 19 horas (MAYER *et al.*, 2010; TEIXEIRA, 2009), sendo formada por cinco subunidades idênticas (monômeros) de 206 aminoácidos cada, e ligadas não covalentemente (CLYNE; OLSHAKER, 1999; MAYER *et al.*, 2010; SHRIVE *et al.*, 1996; THOMPSON; PEPYS; WOOD, 1999). Além disso, a PCR pertence a família das pentraxinas, sendo que os genes que a codificam, estão presentes na região 1q23 do cromossomo humano 1 (WALSH; DIVANE; WHITEHEAD, 1996).

A síntese da PCR ocorre principalmente nos hepatócitos, além de outros tipos de células musculares lisas, células endoteliais, macrófagos e linfócitos (CLYNE; OLSHAKER, 1999; MAYER *et al.*, 2010; SPROSTON; ASHWORTH, 2018). Além disso, a PCR é considerada a molécula mais prevalente em respostas a infecção ou inflamação tecidual de fase aguda (sistêmica) (BEZERRA *et al.*, 2008; CLYNE; OLSHAKER, 1999; KOSTRZEWA-NOWAK *et al.*, 2015), com participação na resposta imune inata, na ativação do complemento, modulação da ativação plaquetária e na remoção de restos celulares (KOSTRZEWA-NOWAK *et al.*, 2015; MAYER *et al.*, 2010). Compreende-se que a PCR é um marcador de processos inflamatórios, e ainda, um mediador desses processos (SPROSTON; ASHWORTH, 2018; WU *et al.*, 2015). Wu *et al.* (2015) apresentaram um modelo teórico que caracteriza as atividades da PCR como um dos mediadores de processos inflamatórios (Figura 2). Esses autores destacam que a PCR pode mediar as atividades pró-inflamatórias e as atividades anti-inflamatórias. A cascata

de eventos dessas atividades depende primariamente da estrutura ao qual a PCR apresenta (pentamérica e monomérica), ou seja, as atividades pró-inflamatórias passam pela ativação do sistema complemento, participação de opsoninas, atuação de neutrófilos, formação de trombos e outros eventos que resultam no agravamento/desenvolvimento de respostas inflamatórias. Enquanto que as atividades anti-inflamatórias levariam a respostas como a inibição da ativação de neutrófilos, resultando na atenuação da inflamação (SPROSTON; ASHWORTH, 2018; WU *et al.*, 2015).

Figura 2 – Modelo proposto para regulação da inflamação por mudanças sequenciais na PCR



EC – células endoteliais; **GSH** – glutatona; **LDL** – lipoproteína de baixa densidade; **mCRP** – PCR monomérica; **pCRP** – PCR pentamérica; **pCRP*** – pPCR modificada de acordo com o pH ácido; **PMN** – Neutrófilos polimorfonucleares.

Fonte: Wu *et al.* (2015)

Como proteína de fase aguda, são esperados aumentos superiores a 25% nas concentrações séricas de PCR durante processos inflamatórios e infecções, sendo possível atingir aumentos exorbitantes de até 1000 vezes (SPROSTON; ASHWORTH, 2018). Devido à boa sensibilidade, reprodutibilidade e precisão da PCR (MAYER *et al.*, 2010; TEIXEIRA, 2009), esse biomarcador têm apoiado amplamente o diagnóstico de diversas patologias, *e.g.*, pneumonia, artrite reumatóide, doenças cardiovasculares, infecções do trato urinário, apêndice e diabetes mellitus (CLYNE; OLSHAKER, 1999; MAYER *et al.*, 2010; SPROSTON; ASHWORTH, 2018). A dosagem da PCR é usada na prática clínica como um marcador de fase aguda, identificando atividades de processos inflamatórios e/ou

necróticos (COLLARES; PAULINO, 2006). Uma dosagem única de PCR pode auxiliar no diagnóstico, mas não deve ser usada isoladamente, uma vez que sua elevação ocorre em diversas situações clínicas (COLLARES; PAULINO, 2006; SPROSTON; ASHWORTH, 2018). Tem sido recomendada a dosagem seriada da PCR em intervalos de tempo variáveis, dependendo da doença em questão, pois seus níveis séricos refletem a resposta ao tratamento ou a evolução clínica em várias doenças (COLLARES; PAULINO, 2006; SPROSTON; ASHWORTH, 2018). Assim, a elevação dos níveis séricos de PCR representa falha terapêutica ou progressão do quadro, mas a sua diminuição indica boa resposta ou remissão do processo (COLLARES; PAULINO, 2006).

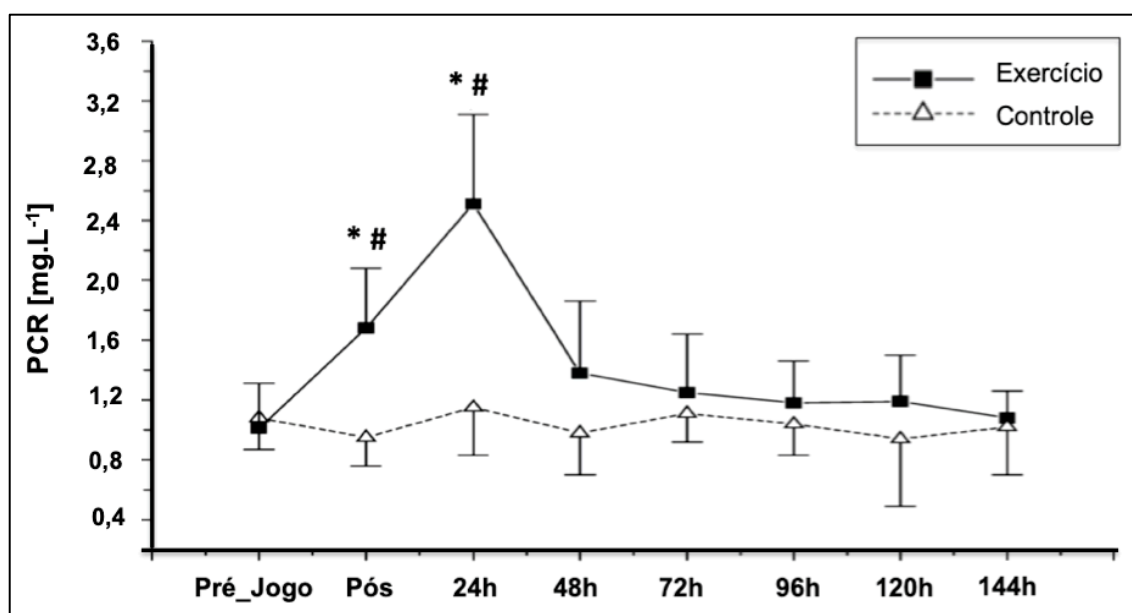
No contexto esportivo, o monitoramento da PCR tem sido realizado com a perspectiva de compreender a magnitude de processos inflamatórios que estariam relacionados à cascata de danos musculares (BEZERRA *et al.*, 2016; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; KOSTRZEWA-NOWAK *et al.*, 2015; MOHR *et al.*, 2016) A compreensão das concentrações de PCR durante o repouso e as alterações nas respostas pró e anti-inflamatórias causadas pelo exercício podem evidenciar o envolvimento da PCR na regulação dessas respostas (KOSTRZEWA-NOWAK *et al.*, 2015). Essa compreensão pode favorecer ao corpo técnico e departamento médico na condução da recuperação de atletas entre jogos e/ou competições, e consequentemente favorecer programas de prevenção de lesões.

Especialmente em análises relacionadas a um jogo de futebol, a PCR apresenta níveis significativamente maiores após o jogo, comparados aos níveis basais (antes do jogo) (BEZERRA *et al.*, 2016; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; SOUGLIS; TRAVLOS, 2015), sendo verificados principalmente, após 24 horas (BEZERRA *et al.*, 2016; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008). No estudo de Souglis; Travlos (2015) foram comparadas as concentrações séricas da PCR, antes e 24 horas após um jogo de futebol, em um grupo de atletas e em um grupo controle. As concentrações séricas da PCR no grupo de atletas foram significativamente maiores (efeito principal de grupo). Os autores concluíram que a carga vigorosa oriunda do futebol pode gerar alterações significativas em biomarcadores, como verificado por meio da PCR.

Para a análise da recuperação dos atletas diante de um jogo de futebol, Ispirlidis *et al.* (2008) monitoraram alguns marcadores antes (*Baseline*) e a cada 24

horas após esse jogo, com avaliações em até 144 horas após esse jogo. Além disso, os atletas foram avaliados em dois grupos: a) exercício – atletas que participaram do jogo; b) controle – atletas que não participaram do jogo. Os autores verificaram um aumento significativo nos níveis da PCR em 24 horas após o jogo para o grupo exercício, sendo que nas avaliações de 48 horas em diante, os níveis da PCR não diferiram dos níveis basais (Figura 5). Apesar disso, variáveis relacionadas a danos musculares como a CK e o desempenho em testes físicos foram diferentes, com o retorno a níveis similares ao Pré_Jogo somente no momento 72 horas pós jogo.

Figura 3 – Alterações nos níveis de PCR após um jogo de futebol



* – diferença significativa para o momento Pre; # – diferença significativa entre os grupos; $P \leq 0,05$.

Fonte: adaptado de Ispiridis *et al.* (2008)

Em análises semelhantes, Bezerra *et al.* (2016) verificaram concentrações séricas de PCR, antes de um jogo de futebol e após esse jogo em até 72 horas. As concentrações séricas da PCR permaneceram maiores as concentrações basais (Pré_Jogo) em até 48 horas após o jogo. Além disso, a CK apresentou um comportamento semelhante, no qual os níveis após o jogo em até 48 horas foram significativamente maiores ao Pré_Jogo. Isso indica que a demanda física-fisiológica elevada de jogos de futebol resultam em respostas inflamatórias decorrentes de danos musculares, sendo que análises das

concentrações séricas de PCR podem contribuir no entendimento do nível de recuperação após jogos de futebol.

Embora tenha sido apresentado o comportamento da PCR diante de um jogo de futebol, Mohr *et al.* (2016) ampliaram essa investigação para análises da resposta da PCR diante de uma sequência de 3 jogos consecutivos. As concentrações séricas da PCR foram significativamente maiores no primeiro dia após o segundo jogo, quando o intervalo entre os jogos foi o menor (3 dias). No estudo de Jatene; Santos; Portella (2019) foram verificados os efeitos de um PAD, composto de 3 jogos, com intervalos de 48 horas entre esses jogos. As avaliações foram realizadas antes dessa sequência de jogos (*Baseline*) e 2 horas após o encerramento de cada jogo (Pós_Jogo1; Pós_Jogo2; Pós_Jogo3). As concentrações séricas da PCR foram significativamente maiores a cada avaliação realizada (*Baseline* < Pós_Jogo1 < Pós_Jogo2 < Pós_Jogo3). Além disso, foram verificadas correlações positivas e moderada-alta com o número de *sprints* realizados nos 3 jogos ($r = 0.51; 0.71; 0.79$). Esses resultados indicam recuperações incompletas entre os jogos com curtos intervalos (< 3 dias), além de que as correlações apresentadas demonstram a importância de considerar variáveis fisiológicas e físicas no processo de monitoramento de cargas para maior robustez das análises.

Apesar de ser comum verificar aumentos nas concentrações séricas da PCR em função da realização de exercício físico de longa duração, como em jogos de futebol, Kostrzewa-Nowak *et al.* (2015) discutiram sobre a possibilidade de um estado inverso da relação estímulo-resposta. Nesse sentido, o treinamento físico regular de atletas de alto rendimento poderia levar a uma supressão do sistema imunológico e em proteínas de fase aguda, como a PCR (KOSTRZEWA-NOWAK *et al.*, 2015). Esses autores avaliaram as concentrações séricas da PCR em atletas de futebol (homens e mulheres) ao final de uma temporada competitiva. As coletas foram realizadas antes e imediatamente após um teste de corrida (60 minutos de duração). Apenas no grupo das mulheres foi verificado um aumento significativo nos níveis de PCR, sendo que no grupo dos homens não foram observados aumentos significativos. Assim, os autores destacam que é possível que os níveis inalterados de PCR após exercício físico vigoroso também sejam um marcador de adaptação às cargas de treinamento, ou ainda, um alerta para supressão da

imunidade desse atletas, o que seria uma condição comum em atletas de alto rendimento, e possivelmente resultariam em infecções.

Em síntese, a PCR é um marcador e mediador de processos inflamatórios. No contexto esportivo, especialmente no futebol, a PCR tem sido avaliada com a perspectiva de contribuir para a compressão das magnitudes de processos inflamatórios relacionadas a cascata de danos musculares. A PCR tem apresentado concentrações pico em 24 horas após jogo, podendo ter concentrações maiores ao *baseline* em até 48 horas. Em PAD, é possível que as concentrações da PCR sejam ainda mais expressivas nas avaliações após o segundo jogo. Por outro lado, diante de períodos longos de treinamento, como vivenciado por atletas de alto rendimento, é possível que o sistema imunológico seja suprimido (maiores riscos de infecções), tendo as concentrações de PCR inalteradas mesmo após exercício físico vigoroso.

2.4 Termografia Infravermelha e futebol de alto rendimento

A temperatura corporal é compreendida como um indicador relevante para o estado de saúde do ser humano, o que desperta interesse das áreas médicas, industriais e militares (RACINAIS; COCKING; PÉRIARD, 2017; SAWKA *et al.*, 2011). A temperatura corporal é apresentada por meio da temperatura interna e da temperatura superficial (SAWKA *et al.*, 2011). A temperatura interna representa a temperatura mais próxima dos tecidos profundos, nas regiões do abdômen, tórax e cérebro. Já a temperatura superficial é atribuída à T_p (RACINAIS; COCKING; PÉRIARD, 2017). Em particular, a T_p tem sido avaliada por meio da TIV, devido à reprodutibilidade dessa técnica (MOREIRA *et al.*, 2017) e pela possibilidade de contribuir em avaliações de estados inflamatórios-infecciosos (CALKOSINSKI *et al.*, 2015; HILDEBRANDT *et al.*, 2012) e em apoio ao tratamento de patologias, como reumatologia (RING; AMMER, 2012) e tumores (KONTOS; WILSON; FENTIMAN, 2011).

Historicamente, o desenvolvimento da TIV é oriundo dos estudos de Hipócrates (400 a.C.), Sir William Herschel (1800) e John Herschel (1840). Hipócrates demonstrou que o calor emanado para a superfície corporal pode ocorrer diferentemente no corpo. Para isso, seus pacientes eram cobertos de lama

úmida a fim de observar o tempo necessário para que essa lama secasse nos membros e regiões, reconhecendo uma temperatura mais elevada nos locais onde a lama secava rapidamente (RING, 2006). Nos experimentos de Sir William Reirschel, ao incidir a luz solar em um prisma, verificou-se por meio de termômetros, que a luz visível após o prisma era dividida em cores (arco-íris), sendo que essas cores apresentaram diferenças de temperatura, com um aumento no sentido da cor violeta para a cor vermelha. Após a cor vermelha, mesmo sem luz visível, foi verificada uma maior temperatura, sendo essa região reconhecida como o espectro da radiação infravermelha. A partir disso, finalmente, John Reirchel realizou experimentos que resultaram na obtenção da primeira imagem térmica. Isso foi possível com a focalização de radiação solar sobre uma lente em suspensão de partículas de carbono no álcool (RING, 2006). Assim, os experimentos de Hipócrates, Sir William Herschel e John Herschel são considerados relevantes no processo histórico para o entendimento e desenvolvimento de imagens térmicas geradas com a TIV.

A TIV caracteriza-se como um exame inócuo, não ionizante e não invasivo, com sensibilidade ao espectro da radiação infravermelha (FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.*, 2017; HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010). Esse espectro da radiação infravermelha apresenta equivalentes com a temperatura absoluta, de acordo com comprimento das ondas eletromagnéticas, conforme demonstrado por meio da Lei de Planck (FELDENS, 2010). Essencialmente, a câmera termográfica (termovisor) capta a irradiação infravermelha da superfície corporal ou objeto (temperatura > 0 absoluto [K]), e converte essa energia emitida em dados de temperatura (FLIR, 2012), permitindo diferenciar áreas frias e quentes (MOREIRA *et al.*, 2017). A emissividade de um corpo ou objeto é dada a partir da referência de um corpo negro perfeito em uma mesma temperatura (0-1) (FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.*, 2017). Por meio da TIV é possível apresentar a T_p em tempo real nas imagens térmicas geradas (MARINS *et al.*, 2014), sendo essas imagens denominadas Termogramas (RING, 2006). A partir dos Termogramas são realizadas análises qualitativas e quantitativas, com a possibilidade de identificar anatomicamente alterações térmicas ao comparar termogramas de momentos distintos e por meio de comparações entre membros contralaterais (FERNANDES *et al.*, 2017; MARINS *et al.*, 2014).

Embora a TIV apresente muitas vantagens, com a confiabilidade e validade testadas (FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.*, 2015; JAMES *et al.*, 2014), é necessário atenção e rigor para fatores relevantes no processo de coletas de dados, como por exemplo, o controle ambiental (temperatura e umidade relativa) (FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.* 2015). Marins *et al.* (2015) também destacam a importância de expor o voluntário ao ambiente de coletas antes do registro dos termogramas a fim de atingir um equilíbrio térmico, sendo necessário um tempo de 10-15 minutos. Ainda com a finalidade de padronizar a aquisição de termogramas, Moreira *et al.* (2017) convidaram 24 pesquisadores experientes em TIV para opinar sobre procedimentos e critérios a serem considerados na utilização dessa técnica. Esses autores apresentaram um *check-list*, composto por fatores intrínsecos e extrínsecos a serem considerados no processo de coleta de dados, e.g. consumo de álcool, uso de cosméticos, presença de objetos eletrônicos na sala de coletas, dentre outros (MOREIRA *et al.*, 2017).

Controlar bem o processo de coletas é determinante, além disso, os métodos para aquisição dos dados também possuem grande relevância, sendo verificadas diferentes propostas em estudos envolvendo atletas de futebol (BANDEIRA *et al.*, 2012; BARCELOS *et al.*, 2014; FERNANDES, 2017; MARINS *et al.*, 2014; RODRIGUES JUNIOR, 2018). Bandeira *et al.* (2012) analisaram a Tp por meio da TIV ao destacar três pontos no membro inferior direito, no qual estariam localizados em músculos anteriores da coxa (adutor longo, reto femoral e vasto medial). Já Marins *et al.* (2014) extraíram dados de Tp (máxima, mínima e média) em análises realizadas por meio das Regiões de Interesse (ROI's). As ROI's consistem em demarcações de áreas dos membros avaliados, realizadas manualmente em softwares específicos.

Fernandes (2017), Fernandes *et al.* (2017a) e Fernandes *et al.* (2017b) estudaram a cinética de temperatura avaliada por meio da TIV em atletas de futebol, e os resultados apontam para variações distintas entre momentos após partidas oficiais, com pico em 24 horas após os jogos. Uma explicação para esse comportamento está nos eventos relacionados aos processos inflamatórios de reparo tecidual, em especial quanto as atividades de macrófagos e processos de fagocitose (COLLARES; PAULINO, 2006; JUBAN; CHAZAUD, 2017). Esses processos inflamatórios podem ser desencadeados de 24 horas a 7 dias após

exercícios envolvendo ações musculares excêntricas, bem como em resposta a aumentos repentinos de carga e fadiga muscular (ARMSTRONG, 1984). A intensidade e duração do exercício (ARMSTRONG, 1984; WIEWELHOVE *et al.*, 2016), tipo de contração (concêntrica ou excêntrica) (HODY *et al.*, 2019) e o tipo de exercício (MALM, 2001) determinam o impacto da resposta, a funcionalidade do tecido e desempenho neuromuscular (PEARCEY *et al.*, 2015). Por esse motivo, um planejamento com base nas características e demandas da sessão de treinamento pode ajudar a melhorar o processo de recuperação (BARNETT, 2006).

A inflamação aguda acompanhada pela DMIT pode se manifestar com variações de temperatura da pele em regiões com danos musculares (RING; AMMER, 2012). Pennes (1948) desenvolveu um modelo baseado na difusão de calor, que passou a ser chamado de Equação da Biotransferência de Calor (Bioheat Transfer Equation – BHTE). Segundo Pennes (1948), a transferência de calor nos organismos vivos é caracterizada por dois mecanismos importantes: metabolismo e fluxo sanguíneo. Devido simplicidade e aos bons resultados obtidos, esta equação é contemplada nos principais modelos computacionais de transferência de calor entre tecidos internos até a pele (BENBOW *et al.*, 1994; BHARGAVA *et al.*, 2014). A modelagem computacional permite a análise de processos biofísicos que contribuem para a compreensão dos mecanismos da biotransferência de calor. Esses modelos permitem que o investigador avalie a influência de variáveis específicas de distribuições de temperatura medidas com a TIV. Compreende-se que os modelos computacionais para transferência de calor em lesão de tecido profundo podem facilitar a interpretação de imagens termográficas e portanto, ajudar a melhorar sua capacidade de diagnóstico, diminuindo a confiança na interpretação subjetiva (ÇETINGUI; HERMAN; 2010).

Bhargava *et al.* (2014) apresentaram modelos matemáticos e computacionais que validam o uso da TIV como uma maneira não invasiva de inferir respostas térmicas do corpo a processos inflamatórios e fornecer informações sobre como a carga foi assimilada pelo atleta dentro de uma linha temporal de prescrição de treinos. Esses autores demonstraram por meio de seus resultados uma variação de cinética de temperatura, devido ao tamanho de lesões modeladas de forma computacional, corroborando com o aumento de calor nas primeiras fases inflamatórias. Branderburg (2004) foi o primeiro a investigar o

comportamento do calor usando Microcalorimetria para compreender a interação entre lipopolissacarídeos (LPS) de bactérias Gram-negativas e macrófagos humanos. As medições MI mostram que a interação de LPS com macrófagos está conectada por uma forte reação exotérmica, provavelmente devido ao aumento da entropia e conseqüentemente eleva a produção de calor em resposta a população aumentada e cinética de Macrófagos locais (LOIKE *et al.*, 1981; AL-HALLAK *et al.*, 2010).

Barcelos *et al.* (2014) apresentaram um método para a análise progressiva de sequências de termogramas para monitorar e prevenir padrões térmicos relacionados a lesões em atletas de alto desempenho. Esse método combina segmentação de imagem em pixels, processamento e técnicas de registro para produzir informações qualitativas e quantitativas sobre as variações espaço-temporais de imagens térmicas e suas isotérmicas. As etapas de segmentação e registro são fundamentais para melhorar a precisão das medições das imagens térmicas. Sem essa abordagem, analisar as mudanças de temperatura ao longo do tempo podem ser inadequados. Os experimentos indicaram a capacidade do método em extrair de forma robusta regiões precisas de interesse, com dados radiométricos por pixels em sequência.

Fernandes (2017) aplicou o modelo de segmentação em seus estudos com atletas brasileiros de futebol da primeira divisão durante duas temporadas competitivas. A segmentação de dados permitiu entender o comportamento da cinética do calor dentro de histogramas divididos em pixels por temperatura, em momentos distintos do calendário congestionados de jogos. A aplicação desta nova metodologia amplia o conhecimento a respeito das respostas fisiológicas apresentadas por atletas de futebol profissional após a realização de partidas oficiais, e apresenta a estratificação do número de pixels separadas por faixas de temperatura e zonas de referências, como uma nova variável que pode ser quantificada com objetivo de auxiliar no controle da carga de treinamento dos atletas. Além disso, esse método apresenta características diferentes dos métodos atuais, que por sua vez, pode proporcionar maior agilidade, contemplação de todas as áreas anatômicas dos músculos, análise localizada e global do número de pixels em cada faixa de temperatura ou zonas de referência. Por fim, esse método possibilita a vantagem de não necessitar desenhar marcadores nas imagens, o que

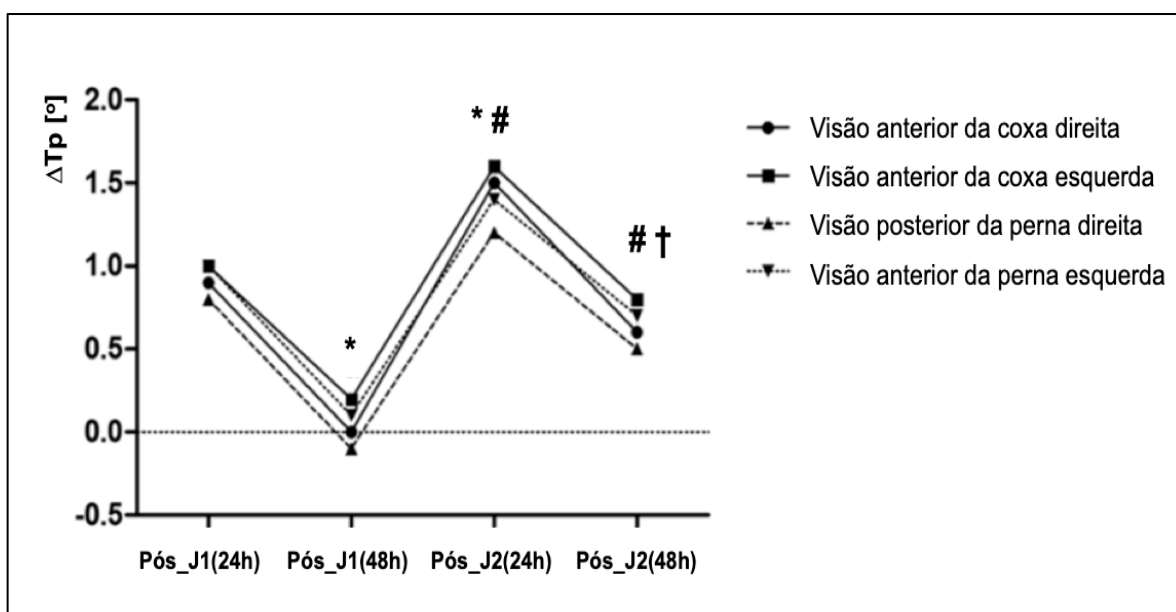
deixa o processo mais ágil e reduz possíveis erros nas demarcações, permitindo ao avaliador acompanhar as variações em cada zona de referência de temperatura de interesse.

A padronização de fatores para coletas e o aprimoramento de métodos de aquisição dos dados contribuíram para o emprego da TIV em estudos no futebol. Nesse contexto, a TIV tem sido adotada especialmente em análises de processos de recuperação jogos (FERNANDES *et al.*, 2017a, 2017b), bem como em programas de prevenção de lesões (CÔRTE *et al.*, 2019; GÓMEZ-CARMONA *et al.*, 2020; MENEZES *et al.*, 2018). As estratégias e condutas adotadas para recuperação de jogos e em programas de prevenção de lesões são baseadas na teoria de que a estrutura muscular apresenta equilíbrio térmico em um estado saudável (SILLERO-QUINTANA; GOMEZ-CARMONA; FERNÁNDEZ-CUEVAZ, 2017). Entretanto, em jogos de futebol são realizadas muitas ações de alta intensidade com elevado componente excêntrico que geram danos musculares e processos inflamatórios (PEAKE *et al.*, 2017; SILLERO-QUINTANA; GOMEZ-CARMONA; FERNÁNDEZ-CUEVAS, 2017). Processos inflamatórios resultam em aumento de metabolismo e fluxo sanguíneo, aumentando a produção de calor, no qual é transferido para a superfície corporal (CALCOSINSKI *et al.*, 2015; GÓMEZ-CARMONA *et al.*, 2020). Logo, são identificados aumentos significativos de T_p nos MMII de atletas de futebol diante de jogos e competições (FERNANDES *et al.*, 2017a, 2017b; RODRIGUES JUNIOR, 2018).

Para a compreensão dos efeitos de jogos de futebol no comportamento da T_p dos MMII, Fernandes *et al.* (2017b) avaliaram termogramas de um atleta profissional de futebol em três momentos: a) antes do jogo; b) 24 horas após o jogo; c) 48 horas após o jogo. Em análises qualitativas, esses autores observaram uma elevação da T_p dos MMII em 24 horas após o jogo. Já no estudo de Fernandes *et al.* (2017a), diante de um PAD (2 jogos), foram avaliados termogramas de atletas de uma equipe de futebol (SUB-20) em 5 momentos: a) antes dos jogos; b) 24 horas após o jogo 1; c) 48 horas após o jogo 1; d) 24 horas após o jogo 2; e) 48 horas após o jogo 3. Os autores analisaram a variação da T_p (ΔT_p = valores de T_p antes dos jogos para 24 e 48 horas após cada jogo). Em ambas as visões (anterior e posterior), o ΔT_p de 24 horas após o jogo 2 foi significativamente maior a todos os outros momentos, inclusive ao momento 24

horas após o jogo 1. Além disso, O ΔT_p de 48 horas após o jogo 2 foi significativamente maior ao ΔT_p de 48 horas após o jogo 1 (Figura 4). Assim, em avaliações realizadas 24 horas após os jogos são verificadas elevações expressivas da T_p dos MMII de atletas de futebol. Ademais, em jogos de PAD é possível que a T_p dos MMII apresente respostas acentuadas nos jogos consecutivos.

Figura 4 – ΔT_p nas coxas e pernas direita e esquerda na visão anterior



* - Diferença significativa para Pós_J1(24h); # - Diferença significativa para Pós_J1(48h); † - Diferença significativa para Pós_J2(24h); ΔT_p – Variação da Temperatura da pele do momento antes dos jogos para os momentos 24 e 48 horas após cada jogo; **Pós_J1(24h)** - 24 horas após o jogo 1; **Pós_J1(48h)** - 48 horas após o jogo 1; **Pós_J2(24h)** - 24 horas após o jogo 2; **Pós_J2(48h)** - 48 horas após o jogo 2

Fonte: Adaptado de Fernandes *et al.* (2017a)

Análises dos efeitos de jogos de futebol permitem a compreensão do comportamento da T_p dos MMII dos atletas, e isso pode contribuir para as condutas e estratégias adotadas em programas de prevenção de lesões (CÔRTE *et al.*, 2019; GÓMEZ-CARMONA *et al.*, 2020; MENEZES *et al.*, 2018). No estudo de Côrte *et al.* (2019) foram analisados o número de lesões em 2 temporadas competitivas de uma equipe. A TIV foi adotada como ferramenta complementar no programa de prevenção de lesões dessa equipe na segunda temporada avaliada. Esses autores verificaram uma redução significativa no número de lesões da primeira para a segunda temporada. Em análises semelhantes, Gómez-Carmona *et al.* (2020) avaliaram o número de lesões de dois períodos de Pré-temporada, assim como os locais e os tipos das lesões. A TIV foi adotada como ferramenta

complementar no programa de prevenção de lesões dessa equipe no segundo período de Pré-temporada. Esses autores verificaram uma redução significativa no número total de lesões para o período que a TIV foi adotada. Além disso, as lesões musculoesqueléticas e as lesões na região posterior da coxa foram significativamente inferiores. Portanto, programas de prevenção de lesões que adotaram a TIV como uma ferramenta complementar nas análises foram efetivos na redução de lesões.

Em suma, a TIV é uma técnica não invasiva e não ionizante que permite apresentar a T_p em tempo real, ao qual tem sido amplamente adotada em avaliações de estados inflamatórios. A TIV foi desenvolvida a partir de experimentos históricos que envolvem a radiação infravermelha e a padronização das coletas, bem como os métodos de aquisição dos dados são relevantes para as análises de termogramas. No futebol, o emprego da TIV como ferramenta complementar tem sido atribuído especialmente para análises dos efeitos de jogos e da efetividade de programas de prevenção de lesões. Isso decorre do entendimento de que a alta demanda física-fisiológica do futebol de alto rendimento gera um desequilíbrio térmico nos MMII dos atletas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Cuidados éticos

O estudo respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional em Saúde, envolvendo pesquisas com seres humanos (Resolução 466, de 12 de dezembro de 2012). Os procedimentos experimentais foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (CEP – UFMG), sob o parecer de nº 3.990.061 (CAEE: 21466819.9.0000.5149) (ANEXO).

Os voluntários foram orientados sobre todos os aspectos relevantes para as avaliações que seriam realizadas e sobre os critérios de inclusão e exclusão do estudo. Além disso, os voluntários souberam do direito de não participação e/ou de desistência em qualquer fase do estudo. Foi assegurada integralmente a confidencialidade dos dados e a garantia ao anonimato dos participantes. Os procedimentos de coletas foram realizados por profissionais qualificados e experientes da área de saúde, a fim de garantir o maior rigor possível quanto aos aspectos técnicos e relacionados à biossegurança. Todas as orientações relevantes e os procedimentos realizados no estudo constam no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE), o qual foi entregue aos voluntários para leitura e assinatura.

3.2 Amostra

Os atletas recrutados como voluntários possuíam vínculo com um clube da primeira divisão do campeonato brasileiro (masculino) de futebol. Para seleção amostral os seguintes critérios de inclusão foram adotados: a) não ter histórico de doenças renais; b) não fazer tratamentos com pomadas, cremes e óleos que possam interferir na emissividade da superfície corporal; c) não utilizar qualquer diurético e antipirético, ou ainda, algum suplemento alimentar que possa causar alteração na homeostase hídrica e térmica do corpo, como os suplementos termogênicos; d) não ter apresentado febre até 7 dias antes do início das avaliações.

Os seguintes critérios de exclusão foram adotados: a) não atingir uma participação mínima de 75% do tempo total de cada jogo avaliado; b) ter diagnóstico de lesão musculoesquelética nos MMII, na pelve e/ou na coluna lombar; c) apresentar estado febril ou infeccioso durante o período de coletas de dados; d) deixar de ter vínculo com o clube durante o período de coleta de dados.

Os critérios de inclusão e exclusão foram respeitados e confirmados a partir de auto-relato dos atletas, de informações do corpo técnico e de diagnósticos do departamento médico da equipe. Por fim, ao final do período de coletas, a amostra total selecionada por conveniência e que atendeu os critérios de inclusão e exclusão foi igual a 12 atletas.

3.3 Delineamento experimental

Foram realizadas reuniões com a direção de uma equipe de futebol profissional da primeira divisão do campeonato brasileiro. Nessas reuniões, foi solicitada à direção do clube autorização para o estudo ser conduzido com seus atletas e para viabilizar uma logística adequada para as coletas de dados. A partir da autorização do clube, iniciaram-se os contatos e conversas com os atletas, no qual os mesmos foram convidados a participar do estudo como voluntários. Durante esse convite, os atletas foram orientados quanto aos critérios de inclusão e exclusão. Ademais, foram enfatizados os direitos de não participação e/ou de desistência em qualquer fase do estudo, e ainda, foi dada a garantia de anonimato e confidencialidade dos dados. O aceite do atleta para sua participação como voluntário foi documentado a partir da leitura e assinatura do TCLE.

Na sequência, para caracterização da amostra, sempre no período da manhã (8-9h), foram realizadas as medidas antropométricas (massa corporal e estatura) e de composição corporal (%Gordura). Posteriormente, para estimativa do consumo máximo de oxigênio (VO_2^{max}), foi aplicado um teste progressivo de corrida, que consiste em percorrer em linha reta uma distância de 20 metros de ida e de volta, sendo que os voluntários eram orientados na execução do teste por meio de estímulos sonoros, com a velocidade inicial do teste controlada em 13 km.h^{-1} (*YoYo Intermittent Recovery Test Level 2*) (BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP, 2008).

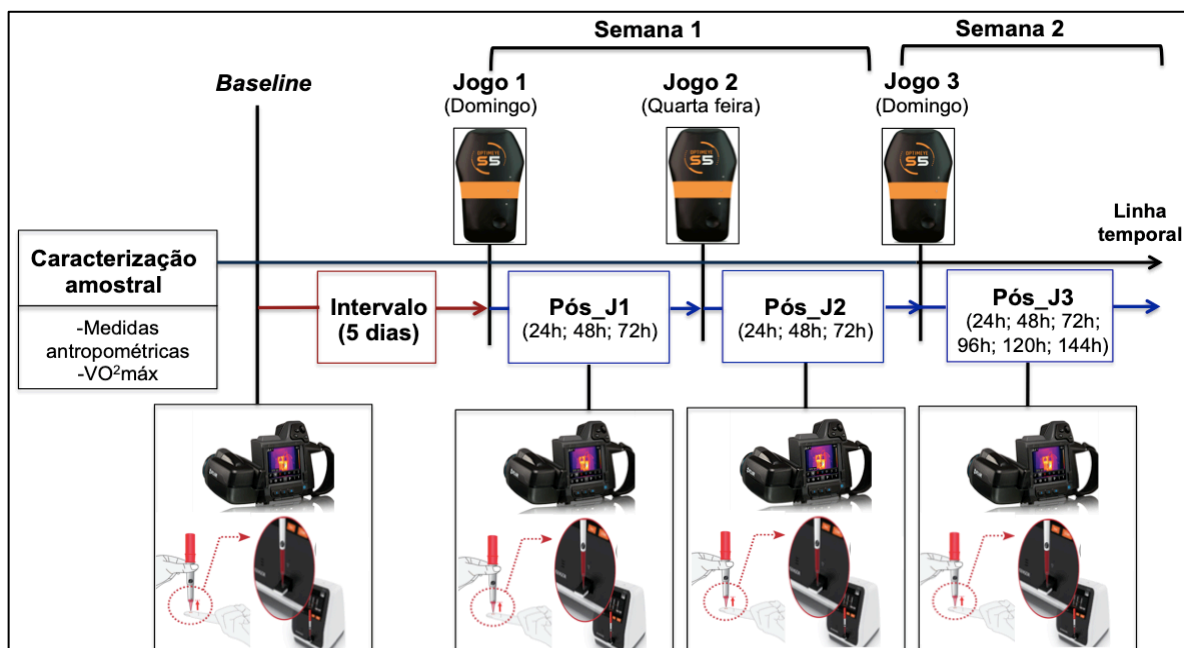
A avaliação de 2 semanas do início do calendário competitivo que abrangeram uma sequência de 3 jogos consecutivos (intervalos <4 dias) foi realizada por meio de coletas sanguíneas para análises de PCR e de aquisições de Termogramas dos MMII para análises de Tp dos MMII. Realizou-se a coleta *Baseline* (5 dias antes dos atletas disputarem os jogos consecutivos avaliados) precedidos de inatividade de treinos físicos e jogos superior a 4 dias. Além das coletas de *Baseline*, foram realizadas coletas com intervalos regulares de 24 horas após os jogos, ou seja, foram realizadas coletas em 24, 48 e 72 horas após os jogos 1 e 2 (semana 1), enquanto que após o jogo 3 as coletas foram de 24 até 144 horas (semana 2), contemplando assim 13 momentos de coletas durante o decurso temporal das 2 semanas. Ademais, foi realizado o monitoramento das Distâncias totais percorridas nos jogos.

As medidas de Tp dos MMII dos voluntários foram realizadas por meio da TIV, seguindo os procedimentos de estudos prévios (FERNANDES *et al.*, 2017a, 2014; MARINS *et al.*, 2014). Após as aquisições dos termogramas, foram realizadas coletas sanguíneas para análises das concentrações séricas da PCR. O monitoramento das distâncias totais percorridas nos jogos foi realizado por meio do Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning Systems* - GPS).

Todos os procedimentos referentes as coletas sanguíneas foram realizados por profissionais capacitados e experientes. As coletas dos termogramas foram realizadas pelo mesmo profissional, que é capacitado e experiente na aquisição das imagens térmicas, assim como as coletas das distâncias totais percorridas nos jogos. Nenhum protocolo de intervenção foi proposto pelos pesquisadores, sendo a rotina da equipe gerenciada exclusivamente pelo corpo técnico do clube.

A linha temporal do delineamento experimental do estudo está apresentada na figura 5.

Figura 5 – Linha temporal do delineamento experimental do estudo



$VO_2^{\text{máx}}$ – Consumo máximo de oxigênio; **Pós_J1 (24h; 48h; 72h)** – Momentos de coletas em 24, 48 e 72 horas pós jogo 1; **Pós_J2 (24h; 48h; 72h)** – Momentos de coletas em 24, 48 e 72 horas pós jogo 2; **Pós_J3 (24h; 48h; 72h; 96h; 120h; 144h)** – Momentos de coletas em 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas pós jogo 3

3.4 Caracterização amostral

A massa corporal (kg) foi mensurada utilizando-se a balança digital Filizola® (Filizola®, São Paulo, Brasil), previamente calibrada, com precisão de 0,02 kg. A estatura (cm) foi medida utilizando-se um estadiômetro acoplado à balança digital Filizola®, com precisão de 0,5 cm. A massa corporal e estatura foram medidas com o voluntário descalço, utilizando uma sunga como vestimenta. Para estimar o %Gordura foram medidas as seguintes dobras cutâneas: subescapular, tricipital, peitoral, axilar-média, suprailíaca, abdominal e da coxa (JACKSON; POLLOCK, 1978). Essas dobras cutâneas (subescapular, tricipital, peitoral, axilar-média, suprailíaca, abdominal e da coxa) foram obtidas utilizando-se o plicômetro Lange® (Beta Technology Inc, Maryland, EUA), que é graduado em milímetros. Os valores de cada dobra foram utilizados no somatório das dobras (Σ dobras) para os cálculos da densidade corporal (JACKSON; POLLOCK, 1978) e do percentual de gordura (SIRI, 1961).

O $VO_2^{\text{máx}}$ foi indiretamente mensurado a partir do desempenho no *YoYo Intermittent Recovery Test Level 2* (BANGSBO, 1994, BANGSBO; IAIA;

KRUSTRUP, 2008), com Temperatura ambiente de $24,86 \pm 2,31$ °C e Umidade Relativa do Ar (URA) de $48,56 \pm 13,88$ % mensuradas pelo termômetro WiBGeT®, RSS-214. Este teste é específico para atletas de futebol de alto rendimento e outros esportes com demanda intermitente, e o $VO^2_{\text{máx}}$ é estimado a partir do desempenho no teste, considerado pela distância total percorrida em metros (m), conforme a Equação 1 (BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP, 2008).

$$VO^2_{\text{máx}} [\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}] = \text{distância (m)} \times 0,0136 + 45,3 \quad (\text{Equação 1})$$

As características da amostra estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Características da amostra em Média e DP (\pm)

Características da amostra (N= 12)	
Idade [anos]	26,31 (4,45)
Estatura [cm]	177,22 (5,98)
Massa Corporal [kg]	71,02 (6,13)
Gordura [%]	9,52 (2,34)
$VO^2_{\text{máx}}$ [$\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$]	58,77 (3,01)

$VO^2_{\text{máx}}$ – Consumo máximo de oxigênio

3.5 Termogramas

A aquisição das imagens termográficas foi realizada por meio do termovisor FLIR®, T1020 (FLIR®, Estocolmo, Suécia), com amplitude de medição de -20 a $+120$ °C, sensibilidade ≤ 0.02 °C, banda espectral dos infravermelhos de $7.5 \mu\text{m}$ a $13.5 \mu\text{m}$, taxa de atualização de 60 Hz, com foco automático e resolução FULL HD. As coletas ocorreram em uma sala específica, com a temperatura ambiente controlada em $20-22$ °C e URA em $55-60\%$, enquanto que o índice de emissividade foi ajustado em $0,98$ (BAIN; JAY, 2001). Foi utilizado um fundo negro após o voluntário.

O voluntário utilizou uma sunga como vestimenta e permaneceu por pelo menos 5 minutos dentro da sala de coletas, antes da aquisição dos termogramas, a fim de atingir um equilíbrio térmico (MARINS *et al.*, 2014). O termovisor foi mantido a $1,5$ metros de distância (PRIEGO-QUESADA; KUNZLER; CARPES, 2017), sendo que o voluntário permanecia de pé e em posição estática para as aquisições dos

termogramas dos MMII (FERNANDES *et al.*, 2014; MARINS *et al.*, 2014). As imagens foram selecionadas e visualizadas no software APOLLO[®], v. 1.0 (APOLLO[®], Belo Horizonte, Brasil) para análise por meio do método de Termopixelgrafia (TPG). A TPG foi desenvolvida com os conceitos apresentados por Barcelos *et al.* (2018; 2014) e Fernandes (2017), e consiste em uma análise do número de pixels e percentuais desses pixels estratificados em faixas de temperatura. Essas faixas de temperatura são classificadas em zonas de referência da seguinte maneira: a) Zona Fria (28-29 °C + 29-30 °C + 30-31 °C); b) Zona Neutra (31-32 °C + 32-33 °C); c) Zona Quente (33-34 °C + 34-35 °C + 35-36 °C) (FERNANDES, 2017). A tabela 2 apresenta as faixas de temperatura (°C) correspondentes as zonas de referência.

Tabela 2 – Faixas de temperatura em °C e suas respectivas zonas de referência

Zonas de referência	Faixas de temperature °C
Zona fria	28-30,9
Zona neutra	31-32,9
Zona quente	33-36

Fonte: adaptado de Fernandes (2017)

As análises de T_p serão apresentadas a partir dos percentuais de pixels referente a zona quente (T_p_{ZnQ}), por representar os maiores valores de T_p e consequentemente, as respostas fisiológicas mais acentuadas em relação a temperatura.

3.6 Proteína C-reativa (PCR)

As concentrações séricas de PCR foram avaliadas por kits de Imunoensaio de fluorescência (ECO[®], F200), com amostra sanguínea (5 µl) e equipamento compatível para leitura (ECO[®] FLIN, F200 Reader, Nova Lima, Brasil). O teste usa um método de imunodeteção misto, de modo que o anticorpo detector de PCR no tampão de extração se liga a complexos antígeno-anticorpo, que são detectados por outro anticorpo de PCR fixado na tira do teste. Quanto mais antígeno de PCR na amostra, mais complexos antígeno-anticorpo se acumulam na tira, e consequentemente, aumenta a intensidade do sinal de fluorescência no anticorpo detector.

3.7 Distâncias totais

Para aquisição dos dados de distâncias totais percorridas nos jogos foram utilizados dispositivos de GPS MinimaxX S5 units, Catapult (Catapult, Melbourne, Austrália), com frequência de amostragem de 10Hz. Cada atleta utilizou o mesmo dispositivo em todo o período de coletas, sendo esse dispositivo fixado na cavidade de um colete específico, posicionado nas costas do atleta. Os dispositivos de GPS foram acionados com pelo menos 20 minutos de antecedência para reconhecimento prévio de sinais (MALONE *et al.*, 2017). Os dados foram registrados e analisados por meio de *software OpenField*, v. 1.8 (Catapult, Melbourne, Austrália).

3.8 Análise estatística

As análises descritivas foram apresentadas em média e desvio padrão (DP). Os pressupostos foram verificados por meio do teste de *Shapiro-Wilk* para a normalidade, do teste de *Levene* para a homocedasticidade das variâncias e do teste de *Mauchly* para a esfericidade (CALLEGARI-JACQUES, 2009; FIELD, 2013).

Os dados de PCR e de Tp_ZnQ foram analisados para caracterizar as respostas dessas variáveis em função do *Baseline*. A análise de variância (ANOVA) de um fator com medidas repetidas foi adotada para cada semana. O teste Post Hoc de Bonferroni foi utilizado (FRITZ; MORRIS; RICHLER, 2012). Os mesmos testes foram adotados para análises das Distâncias percorridas nos jogos.

Para comparações dos jogos foram realizadas análises relativizadas por respostas individuais, especificamente de acordo com o maior valor verificado para cada atleta, ou seja, para verificar os dados relativizados de cada momento, realizou-se a razão de cada momento após os jogos sobre o maior valor verificado individualmente, vezes 100 (Equação 2).

$$\%PCR \text{ e } \%Tp_ZnQ = \frac{\text{valor de cada momento}}{\text{maior valor}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Neste sentido, uma ANOVA de dois fatores (Momentos x Jogos) com medidas repetidas foi adotada. O Post Hoc de Bonferroni foi utilizado, e o D'Cohen (*d*) apresentado para representar o Tamanho de Efeito (TE), sendo consideradas

as seguintes classificações: a) 0,2 a 0,49 – TE pequeno; b) 0,5 a 0,79 – TE médio; c) $\geq 0,8$ – TE grande (COHEN, 1988; FRITZ; MORRIS; RICHLER, 2012).

A análise de Confiabilidade dos dados extraídos de termogramas foi realizada a partir do Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) (VET et al. 2006). Para os resultados encontrados, consideraram-se as seguintes classificações: a) $< 0,4$ – pobre; b) 0,4 a 0,59 – razoável; c) 0,6 a 0,75 – bom; d) 0,75 a 1,0 – excelente (CICCHETTI, 1994).

Para todas as análises, o nível de significância adotado foi de $P \leq 0,05$. Os procedimentos estatísticos foram realizados no *Statistical Package of the Social Sciences*, v. 21.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois).

4 RESULTADOS

Análises descritivas das concentrações de PCR, dos percentuais de pixels da Tp_ZnQ e das Distâncias totais percorridas estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 – Análises descritivas das concentrações séricas da PCR, dos percentuais de pixels da Tp_ZnQ e das Distâncias totais percorridas são apresentadas em Média e DP (\pm)

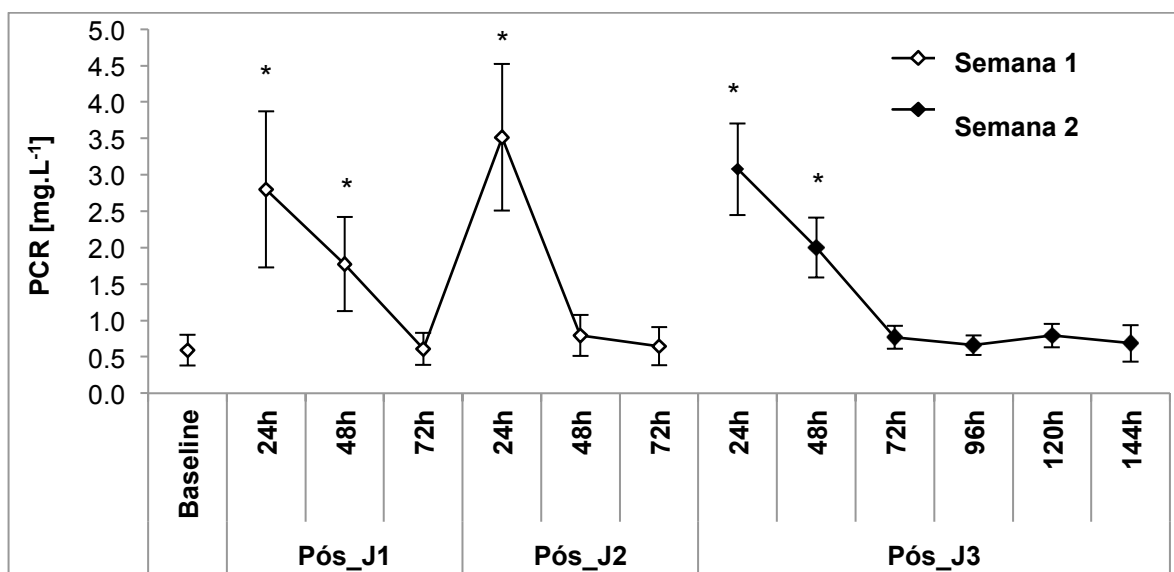
	PCR[mg.L ⁻¹]	Tp_ZnQ[%]	Distância total[km]
BASELINE	0,59 (0,21)	10,41 (2,17)	-
JOGO 1	-	-	8,40 (3,28)
Pós_Jogo1 (24h)	2,79 (1,05)	54,48 (8,41)	-
Pós_Jogo1 (48h)	1,77 (0,64)	11,22 (2,25)	-
Pós_Jogo1 (72h)	0,61 (0,22)	14,42 (2,99)	-
JOGO 2	-	-	9,75 (2,29)
Pós_Jogo2 (24h)	3,51 (1,00)	67,71 (12,52)	-
Pós_Jogo2 (48h)	0,78 (0,28)	14,85 (2,84)	-
Pós_Jogo2 (72h)	0,64 (0,26)	10,99 (2,30)	-
JOGO 3	-	-	7,76 (2,43)
Pós_Jogo3 (24h)	3,07 (0,63)	54,31 (8,70)	-
Pós_Jogo3 (48h)	2,00 (0,41)	30,41 (4,87)	-
Pós_Jogo3 (72h)	0,76 (0,16)	9,66 (2,03)	-
Pós_Jogo3 (96h)	0,66 (0,13)	9,80 (2,00)	-
Pós_Jogo3 (120h)	0,79 (0,16)	15,58 (3,10)	-
Pós_Jogo3 (144h)	0,69 (0,25)	14,72 (2,82)	-

PCR – Proteína C-reativa; Tp_ZnQ – Temperatura da pele Zona Quente

Os dados de PCR atenderam os pressupostos de normalidade em todos os momentos ($P > 0,05$), exceto para o momento 24 horas após o jogo 2 ($P = 0,021$). Tendo em vista que quase todos os momentos atenderam os pressupostos de normalidade, ou seja, como apenas um momento não atendeu o referido pressuposto, optou-se por realizar análises de variância (ANOVA) de um fator com medidas repetidas para cada semana, sendo apontadas significâncias estatísticas tanto na semana 1 ($F_{[1,44; 15,85]} = 99,77$; $P < 0,001$), quanto na semana 2 ($F_{[1,32;$

$_{14,57}] = 239,53; P < 0,001$). O pressuposto de esfericidade foi violado ($P < 0,001; P < 0,001$), por isso foi utilizada a correção de *Greenhouse-Geisser* (FIELD, 2013). Os momentos 24 horas após todos os jogos e os momentos 48 horas após os jogos 1 e 3 foram significativamente maiores que os níveis de *Baseline* ($P < 0,05$) (Figura 6).

Figura 6 – Comportamento da PCR[mg.L^{-1}] nas semanas e jogos avaliados



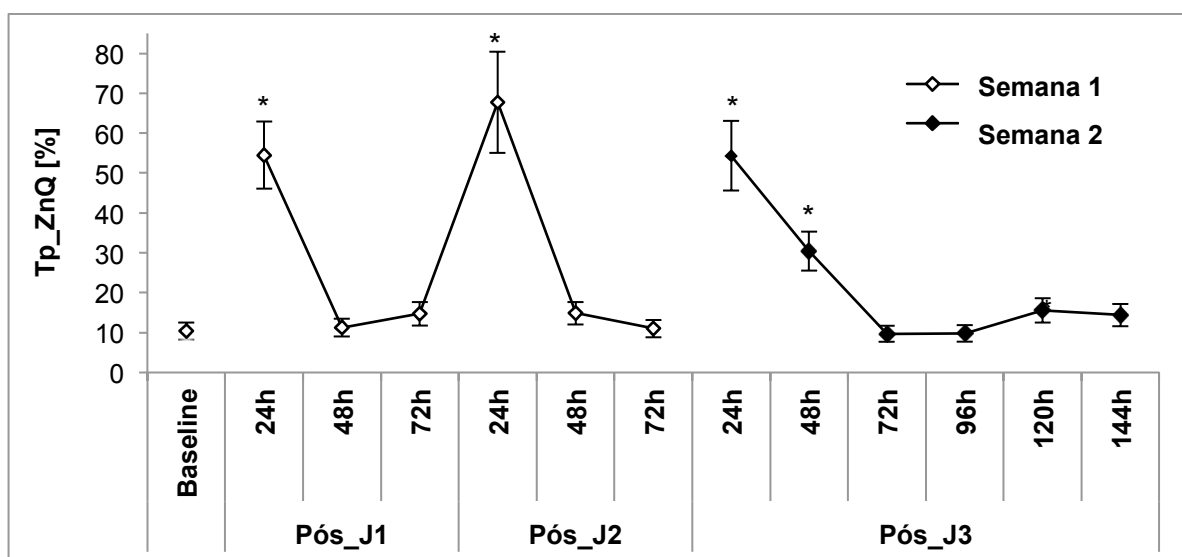
* – Diferença significativa para o momento *Baseline* ($P \leq 0,05$)

Pós_J1 – Momento de avaliação após o jogo 1

Pós_J2 – Momento de avaliação após o jogo 2

Pós_J3 – Momento de avaliação após o jogo 3

Os dados de Tp_ZnQ atenderam os pressupostos de normalidade em todos os momentos ($P > 0,05$), exceto para o momento 24 horas após o jogo 2 ($P = 0,003$). Tendo em vista que quase todos os momentos atenderam os pressupostos de normalidade, ou seja, como apenas um momento não atendeu o referido pressuposto, optou-se por realizar análises de variância (ANOVA) de um fator com medidas repetidas para cada semana, sendo apontadas significâncias estatísticas tanto na semana 1 ($F_{[1,77; 19,47]} = 301,24; P < 0,001$), quanto na semana 2 ($F_{[1,08; 11,86]} = 370,99; P < 0,001$). O pressuposto de esfericidade foi violado ($P < 0,001; P < 0,001$), sendo utilizada a correção de *Greenhouse-Geisser* (FIELD, 2013). Os momentos 24 horas após todos os jogos e o momento 48 após o jogo 3 foram significativamente maiores do que os níveis de *Baseline* ($P < 0,05$) (Figura 7).

Figura 7 – Comportamento da Tp_ZnQ[%] nas semanas e jogos avaliados

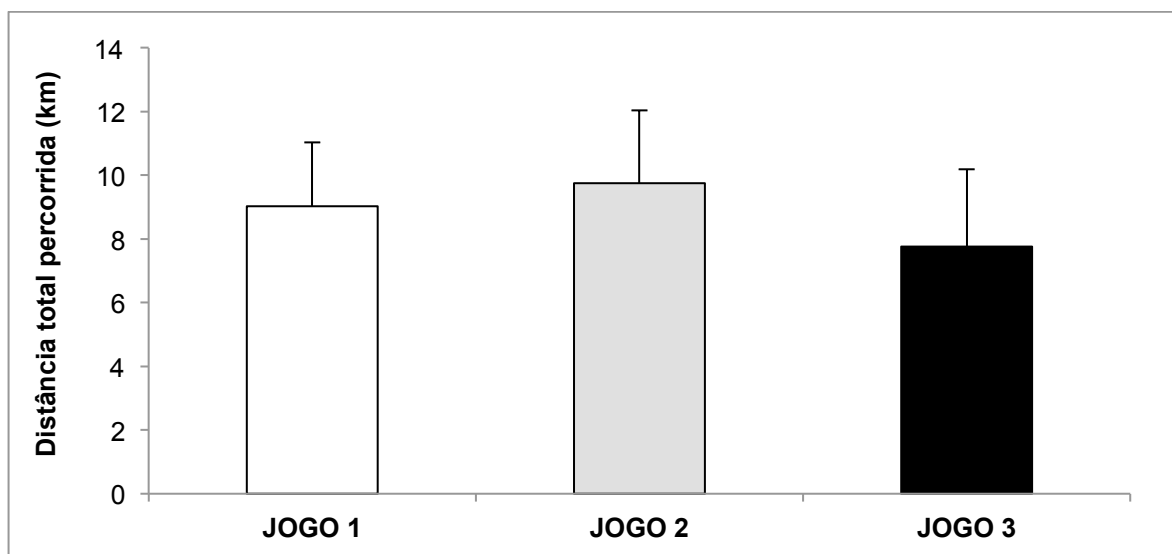
* – Diferença significativa para o momento *Baseline* ($P \leq 0,05$)

Pós_J1 – Momento de avaliação após o jogo 1

Pós_J2 – Momento de avaliação após o jogo 2

Pós_J3 – Momento de avaliação após o jogo 3

Os pressupostos de normalidade foram atendidos para os dados de Distâncias totais percorridas em cada jogo ($P > 0,05$), exceto para o jogo 2 ($P = 0,03$). O pressuposto de homocedasticidade foi atendido ($P = 0,6$). A ANOVA de um fator não identificou diferença significativa para a variável Distância total percorrida dos jogos ($F_{[2,00; 33,00]} = 1,68$; $P = 0,20$) (Figura 8).

Figura 8 – Distâncias totais percorridas nos jogos (km)

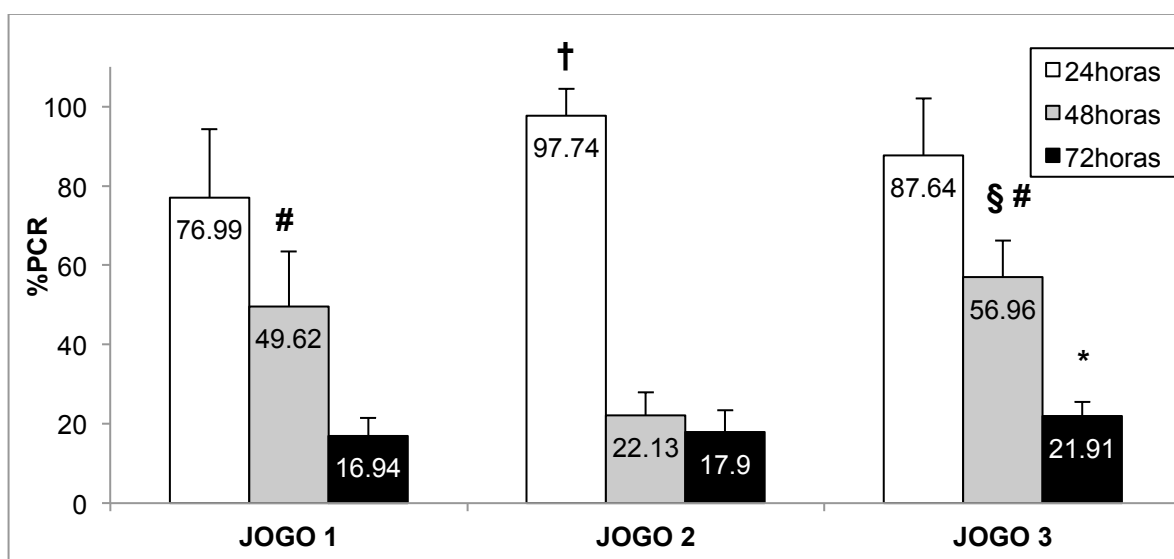
Para as análises dos dados relativizados da PCR (%PCR) e da Tp_ZnQ (%Tp_ZnQ) foram adotados os momentos 24, 48 e 72 horas após os jogos, pois

esses momentos são semelhantes em todos os jogos avaliados, e são comumente apontados na literatura como o período (aproximadamente 72 horas) de maior alteração de marcadores relacionados ao processo de recuperação de jogos (BEZERRA *et al.*, 2016; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008).

Os pressupostos de normalidade foram atendidos para os dados de %PCR ($P > 0,05$), exceto para o momento 24 horas após o jogo 2 ($P = 0,001$). Optou-se pela ANOVA, pois a robustez desse teste fornece resultados confiáveis mesmo com desvios de normalidade (CALLEGARI-JACQUES, 2003; FIELD, 2013). O pressuposto de esfericidade foi violado ($P < 0,001$), assim, utilizou-se a correção de *Greenhouse-Geisser* (FIELD, 2013).

Verificou-se efeito de interação da %PCR (Momentos x Jogos) ($F_{[3,2; 53,05]} = 74,01$; $P < 0,001$; $\eta^2_p = 0,80$). As seguintes diferenças significativas entre os momentos foram verificadas ($P \leq 0,05$): a) 24 horas após o jogo 1 foi inferior a 24 horas pós jogo 2 ($d = 0,90$; TE grande); b) 48 horas após jogo 1 foi maior do que 48 horas pós jogo 2 ($d > 2,0$ – TE grande), e inferior a 48 horas pós jogo 3 ($d > 0,62$ – TE médio); c) 48 horas após o jogo 2 foi inferior a 48 horas pós jogo 3 ($d > 2,0$ – TE grande) d) 72 horas após o jogo 1 foi inferior a 72 horas pós jogo 3 ($d = 1,20$ – TE grande) (Figura 9).

Figura 9 – Comparações da %PCR (Momentos x Jogos)



%PCR – Proteína C-reativa relativizada pelo maior valor verificado

† – diferença significativa para o momento 24 horas após o jogo 1 ($P \leq 0,05$)

§ – Diferença significativa para o momento 48 horas após o jogo 1 ($P \leq 0,05$)

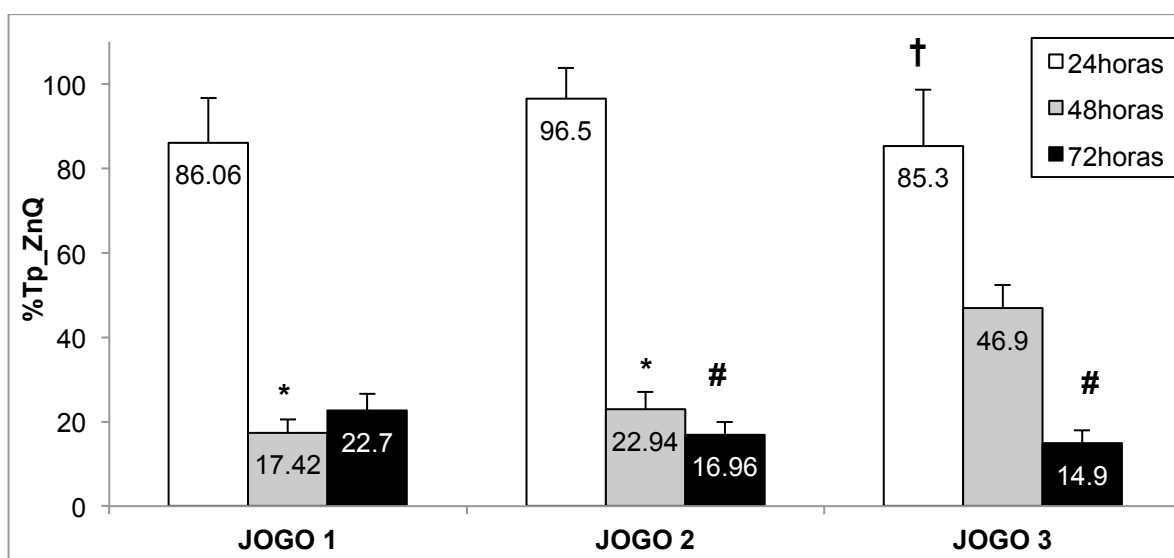
– Diferença significativa para o momento 48 horas após o jogo 2 ($P \leq 0,05$)

* – diferença significativa para o momento 72 horas após o jogo 1 ($P \leq 0,05$)

Os pressupostos de normalidade foram atendidos para os dados de %Tp_ZnQ ($P > 0,05$), exceto para o momento 24 horas após o jogo 2 ($P = 0,001$). Optou-se pela ANOVA, pois a robustez desse teste fornece resultados confiáveis mesmo com desvios de normalidade (CALLEGARI-JACQUES, 2003; FIELD, 2013). Os pressupostos de esfericidade foram violados ($P < 0,001$), assim, utilizou-se a correção de *Greenhouse-Geisser* (FIELD, 2013).

Verificou-se interação significativa da %Tp_ZnQ (Momentos x Jogos) ($F_{[2,39; 39,49]} = 39,04$; $P < 0,001$; $\eta^2_p = 0,75$). As seguintes diferenças significativas entre os momentos foram verificadas ($P \leq 0,05$): a) 24 horas após o jogo 2 foi maior do que 24 horas pós jogo 3 ($d = 1,0$; TE grande); b) 48 horas após os jogos 1 e 2 foram menores do que 48 horas pós jogo 3, respectivamente ($d > 2,0$; $d > 2,0$; TE grande); c) 72 horas após o jogo 1 foi maior que 72 horas pós jogos 1 e 3 ($d > 1,0$; $d > 1,0$; TE grande) (Figura 10).

Figura 10 – Comparações da %Tp_ZnQ (Momentos x Jogos)



%Tp_ZnQ – Temperatura da pele Zona Quente relativizada pelo maior valor verificado

† – diferença significativa para o momento 24 horas após o jogo 2 ($P \leq 0,05$)

* – diferença significativa para o momento 48 horas após o jogo 1 ($P \leq 0,05$)

– Diferença significativa para o momento 72 horas após o jogo 1 ($P \leq 0,05$)

Nas análises de confiabilidade dos dados extraídos de termogramas foram considerados os níveis de *Baseline* e do momento 96 horas após o jogo 3, já que ambos os momentos superam um intervalo de 72 horas sem a participação dos atletas em jogos, que é um período previamente reportado como necessário para recuperação completa de um jogo de futebol (BEZERRA *et al.*, 2016;

ISPIRLIDIS *et al.*, 2008). O CCI verificado nessa análise foi igual a 0,96 (Excelente) (CICCHETTI, 1994; VET *et al.* 2006), o que indica uma elevada consistência/concordância dos dados avaliados, que foram coletados por um mesmo avaliador capacitado e experiente na aquisição de imagens térmicas.

5 DISCUSSÃO

As hipóteses do presente estudo foram parcialmente confirmadas, sendo que as concentrações séricas de PCR em 24 e 48 horas após os jogos 1 e 3 foram significativamente maiores do que as concentrações de *Baseline* ($P \leq 0,05$), enquanto que após o jogo 2 apenas o momento 24 horas apresentou diferença significativa para o *Baseline*. Esses resultados demonstram a importância do monitoramento de carga no futebol de alto rendimento, indicando um estresse fisiológico causado pelo jogo, sendo reportado o mesmo entendimento em estudos anteriores (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; BEZERRA *et al.*, 2016; SOUGLIS *et al.*, 2015, 2018). Neste sentido, outra observação pertinente está relacionada a diferença de comportamento da PCR em função do número de jogos nas semanas avaliadas, pois foi verificado que em todos os momentos 24 horas após os jogos foram verificados picos das concentrações da PCR, ao analisar jogo a jogo. Isso reforça o efeito do número de jogos na demanda que os atletas foram submetidos, já que na semana 1 são analisados 2 jogos e verificados picos em 24 horas duas vezes (após os jogos 1 e 2), enquanto que na semana 2 o mesmo ocorre apenas uma vez (24 horas após o jogo 3). Esses resultados verificados em 24 horas pós jogo corroboram com os achados de Ispirlidis *et al.* (2008), Bezerra *et al.* (2016) e Souglis; Travlos (2015).

O momento 48 horas pós jogo parece representar uma informação valiosa e pode contribuir com a compreensão do desenvolvimento e estado diferenciado de processos inflamatórios, em função da magnitude e duração desses processos, especialmente quanto as atividades pró-inflamatórias. Esse raciocínio é reforçado pela análise das concentrações séricas de PCR verificadas nesse momento (48h), que ainda podem ou não ser significativamente maiores do que as concentrações de *Baseline* (BEZERRA *et al.*, 2016; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; MOHR *et al.*, 2016; SOUGLIS *et al.*, 2018). Esses resultados discutidos confirmam parcialmente as hipóteses previamente sugeridas em relação aos comportamentos da PCR, que eram esperados níveis significativamente maiores dessa variável no momento 48 horas após o jogo 2, conforme verificado em estudos prévios (JATENE; DOS SANTOS; PORTELLA, 2019; MOHR *et al.*, 2016). Além disso, a hipótese de uma maior duração de processos inflamatórios, representada por

níveis aumentados da PCR em momentos posteriores a 48 horas do jogo 3 não foi confirmada.

Nos resultados referentes à Tp_{ZnQ} foram verificados percentuais de pixels significativamente maiores em 24 horas após todos os jogos, comparados com os percentuais de pixels de *Baseline* ($P \leq 0,05$). De maneira semelhante, Fernandes *et al.* (2017b) observaram em um estudo de caso o comportamento da Tp dos MMII de um atleta profissional de futebol, e esses autores observaram qualitativamente uma elevação da Tp dos MMII em 24 horas após o jogo. Além disso, em análises prévias da cinética da Tp dos MMII após jogos competitivos, foram verificadas variações distintas entre momentos pós jogos, com picos em 24 horas após os jogos (FERNANDES, 2017). Quanto ao momento 48 horas pós jogo, o presente estudo verificou percentuais de pixels significativamente maiores ao *Baseline* apenas no jogo 3 ($P \leq 0,05$), indicando uma relevância de monitorar diariamente os atletas após os jogos, já que esse comportamento foi diferente dos 2 primeiros jogos. Assim como compreendido para a PCR, tal resultado pode refletir o desenvolvimento e estado diferenciado de processos inflamatórios, em função da magnitude e duração desses processos, especialmente quanto as atividades pró-inflamatórias. Esses resultados confirmam parcialmente as hipóteses previamente sugeridas em relação aos comportamentos da Tp_{ZnQ} nas semanas avaliadas, que eram esperados níveis significativamente maiores dessa variável no momento 48 horas após o jogo 2, por se tratar de um dos jogos consecutivos. Além disso, a hipótese de uma maior duração de processos inflamatórios, representada por níveis aumentados da Tp_{ZnQ} em momentos posteriores a 48 horas do jogo 3 não foi confirmada

Nas respostas relativizadas da PCR (%PCR), o momento 24 horas após o jogo 2 atingiu a maior média percentual, sendo inclusive significativamente maior do que o momento 24 horas após o jogo 1 ($P \leq 0,05$; $d = 0,90$). Respostas significativamente maiores em 24 horas após o segundo jogo também foram verificadas por Mohr *et al.* (2016). Esses autores também avaliaram a PCR em uma sequência de 3 jogos consecutivos e explicaram seus resultados em função do curto intervalo entre o primeiro e o segundo jogo (3 dias), que teria sido insuficiente para recuperação completa dos atletas e teria um efeito de sobrecarga gerado pelos 2 primeiros jogos. Entretanto, no presente estudo, as %PCR do momento 48

horas após o jogo 2 foi significativamente inferior aos mesmos momentos dos jogos 1 e 3 ($P \leq 0,05$; $d > 2,0$), o que difere de estudos prévios com análises similares entre os jogos 1 e 2 (JATENE; DOS SANTOS; PORTELLA, 2019; MOHR *et al.*, 2016). Nos estudos de Jatene; Dos Santos; Portella (2019) e Mohr *et al.* (2016) são verificadas respostas da PCR significativamente maiores no jogo 2, em comparação com avaliações de momentos similares do jogo 1. As maiores respostas relativizadas de PCR em 24 horas após o jogo 2 pode ter ocorrido em função das características dessa proteína de fase aguda (tempo de meia vida e regulação inflamatória), diante de curtos intervalos entre os jogos (CLYNE; OLSHAKER, 1999; JUBAN; CHAZAUD, 2017; MAYER *et al.*, 2010; SPROSTON; ASHWORTH, 2018). É possível que tal resultado da PCR em 24 horas após o jogo 2 tenha ocorrido devido a um aumento da ativação de Macrófagos Ly6C⁺ para uma rápida fagocitose dos tecidos necróticos. Assim, uma maior magnitude pró-inflamatória poderia conduzir tais respostas da PCR para uma fase de transição, de respostas elevadas para uma redução dessa respostas, ou seja, após essa maior magnitude atingida, seria possível uma antecipação de sobreposições das fases inflamatórias 2 e 3. Nessas fases inflamatórias, agentes sinalizadores (IL-10, IL-33) e células imunes anti-inflamatórias, como os macrófagos Ly6C⁻ atuam na regulação inflamatória (JUBAN; CHAZAUD, 2017; LI *et al.*, 2018; PEAKE *et al.*, 2017; PUNCHARD; WHELAN; ADCOCK, 2004). Logo, as respostas pró-inflamatórias poderiam já estar atenuadas, o que determinaria as respostas relativizadas do momento seguinte (48 horas após jogo 2), que foi significativamente inferior aos mesmos momentos dos jogos 1 e 3 ($P \leq 0,05$; $d > 2,0$).

Outro resultado relevante quanto para a %PCR remete ao momento 48 horas após o jogo 3, que foi significativamente maior do que os mesmos momentos dos jogos 1 e 2 ($P \leq 0,05$), respectivamente ($d > 0,62$ – TE médio; $d > 2,0$ – TE grande). A relação de magnitude e duração de atividades pró-inflamatórias podem estar associadas a esses resultados, ou seja, nas análises do jogo 3 é possível que a maior magnitude da %PCR tenha ocorrido após o momento 24 horas, o que determinariam respostas semelhantes para o mesmo momento do jogo 1, porém com respostas maiores no momento seguinte (48 horas após o jogo 3), refletindo uma maior magnitude de %PCR, comparada aos outros jogos. Esses resultados corroboram com Jatene; Dos Santos; Portella (2019) que verificaram respostas

maiores no terceiro jogo, comparadas aos 2 primeiros jogos, indicando um efeito acumulativo da carga dos jogos. No presente estudo, essa hipótese de um efeito acumulativo da carga de jogos é reforçada pelas análises realizadas para a variável mecânica monitorada (Distância total), que não apresentaram diferenças significativas nas análises dos jogos, ou seja, como não foi verificada uma maior distância percorrida no jogo 3, uma explicação para a %PCR de 48 horas após o jogo 3 podem ser decorrentes de um efeito acumulativo da carga dos jogos. Tal resultado corrobora com Mohr *et al.* (2016), que também não verificaram diferenças significativas em análises de 3 jogos consecutivos para a variável Distância Total percorrida. Embora o jogo 3 seja parte da semana 2, esse jogo veio imediatamente após dois jogos da semana anterior, com intervalos curtos (<4 dias), assim, seria recomendado um período maior de inatividade ou cargas de treino reduzidas após o terceiro jogo, principalmente em cerca de 48 horas. Essa recomendação é baseada na teoria de que processos inflamatórios com maiores magnitudes e durações decorrentes de danos musculares (HYLDAHL; HUBAL, 2014; LIEBER; WOODBURN; FRIDEN, 1991; PEAKE *et al.*, 2017) podem comprometer a função do tecido muscular (ASSENÇÃO *et al.*, 2008; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; MOHR *et al.*, 2016; RODRIGUES JUNIOR, 2018) e/ou ainda, aumentar as probabilidades de lesões musculoesqueléticas, em associação com cargas elevadas. Tal raciocínio ainda é reforçado pelo curto intervalo entre os jogos, que representam um fator de risco para lesões, como analisado anteriormente em PAD (BENGTSSON; EKSTRAND; HAGGLUND, 2013; CARLING *et al.*, 2015).

De forma semelhante a PCR, as respostas relativizadas da Tp_ZnQ (%Tp_ZnQ) após 48 horas do jogo 3 foram significativamente maiores em comparação com os mesmos momentos dos jogos 1 e 2, respectivamente ($P \leq 0,05$; $d > 2,0$; $d > 2,0$). A partir desses achados, é possível que uma predominante sobreposição da primeira fase inflamatória tenha ocorrido, resultando em um prolongamento das atividades de células imunes pró-inflamatórias, como os Macrófagos Ly6C⁺ (JUBAN; CHAZAUD, 2017; LI *et al.*, 2018; PEAKE *et al.*, 2017), além de elevarem a síntese e participação de outros agentes sinalizadores (citocinas) e imunológicos (monócitos) (JUBAN; CHAZAUD, 2017; LI *et al.*, 2018; PEAKY *et al.*, 2017) e ainda, da própria PCR (SPROSTON; ASHWORTH, 2018; WU *et al.*, 2015). A partir do entendimento de que a PCR tem participação

reguladora nos processos inflamatórios (SPROSTON; ASHWORTH, 2018; WU *et al.*, 2015), respostas significativamente estendidas no tempo, como verificado no jogo 3, podem ser decorrentes de mecanismo em que a PCR se liga a cromatina das células lesadas, estimulando a ativação do sistema complemento e a fagocitose dessas células por macrófagos-monócitos (COLLARES; PAULINO, 2006; JUBAN; CHAZAUD, 2017). Essas interações celulares determinariam a magnitude e duração de processos inflamatórios, caracterizadas pela dinâmica de sobreposições das fases inflamatórias (LI *et al.*, 2018; SPROSTON; ASHWORTH, 2018; WU *et al.*, 2015). Um provável aumento de atividade imunológica gerado pelos processos inflamatórios, conduziria a um aumento de energia e entropia (LOIKE *et al.*, 1981; AL-HALLAK *et al.*, 2010), e conseqüentemente ao aumento da transferência de calor de regiões mais profundas para a superfície corporal (BENBOW *et al.*, 1994; BHARGAVA *et al.*, 2014; SILLERO-QUINTANA; GOMEZ-CARMONA; FERNÁNDEZ-CUEVAZ, 2017). Esse raciocínio poderia conduzir ao entendimento das respostas relativizadas da Tp_ZnQ, que foram significativamente maiores em 48 horas após o jogo 3, comparadas aos mesmos momentos dos jogos 1 e 2. Tal resultado corrobora parcialmente com Fernandes *et al.* (2017a), que também encontraram variações de Tp dos MMII significativamente maiores no momento 48 horas de jogos consecutivos.

Ainda quanto as análises da %Tp_ZnQ, foram verificadas as maiores médias percentuais em 24 horas após o jogo 2, mas o momento 48 horas após esse jogo foi significativamente inferior ao mesmo momento do jogo 3, de forma similar as análises de %PCR. Se as análises findassem no jogo 2, outra perspectiva a ser vislumbrada é de que tais resultados poderiam refletir a condição discutida por Kostrzewa-Nowak *et al.* (2015), em que atletas de elite possivelmente estão submetidos a uma relação inversa de estímulo-resposta, caracterizada por uma supressão do sistema imunológico e da síntese de proteínas de fase aguda, mesmo diante de competições. Entretanto, devido as respostas relativizadas do momento 24 horas após o jogo 3, e das respostas do momento 48 horas após o jogo 3 que é significativamente maior ao mesmo momento dos jogos 1 e 2, outra hipótese deve ser explorada. Diante disso, parece que a explicação mais adequada seja de que houve um efeito acumulativo da carga dos jogos, em função de um possível prolongamento da primeira fase inflamatória, refletida nas respostas de 48

horas após o jogo 3. Esse raciocínio estaria ancorado nos comportamentos da PCR e Tp_ZnQ, das respostas relativizadas do momento 48 horas após o jogo 3 (%PCR e %Tp_ZnQ), além do resultado discutido para a variável Distância total.

A partir dos comportamentos da PCR e da Tp_ZnQ nas semanas avaliadas e das respostas relativizadas (%PCR e %Tp_ZnQ) após os jogos, sugere-se que o monitoramento de carga pode ser ampliado com análises dessas variáveis. Isso contribuiria para a compreensão de processos de recuperação entre jogos consecutivos, especialmente em função do desenvolvimento de processos inflamatórios. E essa compreensão contribuiria para um controle de carga mais adequado e para maior robustez de programas de prevenção de lesões. Logo, é possível que o corpo técnico e o departamento médico das equipes de futebol de alto rendimento apresentem decisões mais embasadas com a finalidade de reduzir o risco de lesões musculoesqueléticas diante da sequência de jogos consecutivos.

No presente estudo, o resultado verificado para a análise de confiabilidade (CCI = 0,96 – Excelente) permite compreender como promissor o emprego da TIV com o método de Termopixelgrafia. Isso indica a possibilidade dessa ferramenta e método contribuírem especialmente no cotidiano de clubes de futebol para um monitoramento-controle de carga adequado e para programas de prevenção de lesões bem sucedidos. Tal resultado indica uma elevada consistência/concordância dos dados avaliados, que foram coletados por um mesmo avaliador capacitado e experiente (CICCHETTI, 1994). Apesar disso, estudos futuros deveriam realizar outras análises de confiabilidade com coletas realizadas entre avaliadores distintos. Outras recomendações para estudos futuros seriam monitorar PAD de outros momentos do calendário competitivo (Meio e Fim), além de incluir análises de variáveis psicométricas e/ou ainda, outras variáveis mecânicas de jogos ou testes físicos.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo contribuiu para a melhor compreensão da demanda de jogos consecutivos, sendo verificados aumentos significativos das concentrações séricas de PCR e dos percentuais de pixels da Tp_ZnQ em 24 horas após os jogos, o que indica o estresse fisiológico gerado pelo jogo de futebol de alto rendimento. As hipóteses do presente estudo foram parcialmente confirmadas, já que apenas no momento 48 horas após jogo 3 são verificados aumentos significativos das concentrações séricas de PCR e dos percentuais de pixels da Tp_ZnQ, porém, um resultado semelhante era esperado também para 48 horas após o jogo 2. Nas respostas relativizadas, apenas o momento 48 horas após jogo 3 de ambas as variáveis (%PCR e %Tp_ZnQ) foi significativamente superior aos jogos 1 e 2. Esses resultados aliado a ausência de diferenças significativas para a variável mecânica monitorada (Distância Total) sugerem um provável efeito acumulativo da carga de jogos, refletida principalmente em 48 horas após o jogo 3, que foi significativamente maior do que os mesmos momentos dos jogos 1 e 2. A hipótese de um possível efeito acumulativo da carga de jogos, reforçada pelos resultados apresentados, pode ter ocorrido em função de uma sobreposição estendida da primeira fase inflamatória. Por fim, análises de respostas individualizadas sobre o estado inflamatório dos atletas são importantes para o corpo técnico e departamento médico na tentativa de adequar a estrutura (intervalos de tempo para recuperação) e os conteúdos das sessões de treinamento, a fim de gerenciar com eficiência a carga de treino e os processos de recuperação entre jogos consecutivos.

REFERÊNCIAS

- AKENHEAD, R. *et al.* Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 16, n. 6, p. 556–561, 2013.
- ALVES, A. L. *et al.* Individual analysis of creatine kinase concentration in Brazilian elite soccer players. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 21, n. 2, p. 112–116, 2015.
- ARMSTRONG, R. B. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: A brief review. **Medicine Science Sports Exercise**, v.16, n. 6, p. 529–538, 1984.
- ARMSTRONG, R. B.; OGLIVIE R. W.; SCHWANE, J. A. Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, v.54, n. 1, p. 80–93, 1983.
- ARRUDA A. F. S. *et al.* Effects of a very congested match schedule on body load impacts, accelerations, and running measures in youth soccer players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 10, n. 2, p. 248–252, 2014.
- BANDEIRA, F. *et al.* Can thermography aid in the diagnosis of muscle injuries in soccer athletes? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 4, p. 246–251, 2012.
- BANDEIRA, F. *et al.* A termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 1, p. 59–64, 2014.
- BANGSBO, J. The physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 151, n. 619, p. 1–155, 1994.
- BANGSBO, J.; LAIA, 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.
- BARCELOS, E. Z. *et al.* A combined method for segmentation and registration for an advanced and progressive evaluation of thermal images. **Sensors (Switzerland)**, v. 14, n. 11, p. 21950–21967, 2014.
- BARCELOS, E. Z. *et al.* Registration of thermal images using global and non-parametric models for analyses in medical thermography. **XIV CONGRESS OF THE EUROPEAN ASSOCIATION OF THERMOLOGY** at the National Physical Laboratory, Teddington, UK, 2018.
- BARNETT, A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: Does it help? **Sports Medicine**, v. 36, n. 9, p. 781–796, 2006.

BARROS *et al.* Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 6, n. 2, p. 233-242, 2007.

BENBOW, S.J. *et al.* The prediction of diabetic neuropathic plantar foot ulceration by liquidcrystal contact thermography. **Diabetes Care**, v. 17, n. 8, p. 835–839, 1994.

BENGTSSON, H.; EKSTRAND, J.; HAGGLUND, M. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: An 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. **British Journal of Sports Medicine**, v. 47, n. 12, p. 743–747, 2013.

BEZERRA, J. DE A. *et al.* Respostas de indicadores fisiológicos a um jogo de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, n. 3, p. 200–205, 2016.

CALKOSINSKI, I. *et al.* The Use of Infrared Thermography as a Rapid, Quantitative, and Noninvasive Method for Evaluation of Inflammation Response in Different Anatomical Regions of Rats. **Biomedical Research International**, v. 2015, p. 1-9, 2015.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2009.

CARLING, C.; LE GALL, F.; DUPONT, G. Are physical performance and injury risk in a professional soccer team in match play affected over a prolonged period of fixture congestion? **International Journal Sports Medicine**, v. 32, p. 1–7, 2011.

CARLING, C. *et al.* The impact of short periods of match congestion on injury risk and patterns in an elite football club. **British Journal of Sports Medicine**, v. 0, p. 1–6, 2015.

CASTAGNA, C. *et al.* Aerobic fitness and yo-yo continuous as intermittent tests performances in soccer players: a correlation study. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 2, p. 320-25, 2006.

CETINGUI M.P.; HERMAN C. A heat transfer model of skin tissue for the detection of lesions: sensitivity analysis. **Physics in Medicine and Biology**, v. 55, n. 19, p. 5933–5951, 2010.

CICCHETTI, D. V. Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. **Psychological Assessment**, v. 6, n. 4, p. 284-290, 1994.

CLYNE, B.; OLSHAKER, J. S. The C-REACTIVE PROTEIN. **The Journal of Emergency Medicine**, v. 17, n. 6, p. 1019–1025, 1999.

COELHO, D. B. *et al.* Análise da demanda fisiológica crônica de uma temporada anual de futebol. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 17, n. 4, p. 400-408, 2015.

COELHO, D. B. *et al.* Alpha-actinin-3 R577X Polymorphism influences muscle damage and hormonal responses after a soccer game. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 0, n. 0, p. 1–10, 2018.

CÔRTE, A. C. *et al.* Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: Pilot study. **BMJ Open Sport and Exercise Medicine**, v. 5, n. 1, p. 1–5, 2019.

CÔRTE, A. C.; HERNANDEZ, A. J. Termografia médica infravermelha aplicada medicina do esporte. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, n. 4, p. 315–319, 2016.

DALEN, T. *et al.* Player load, acceleration, and desaceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 2, p. 351–359, 2016.

DALEN, T. *et al.* Accelerations—a new approach to quantify physical performance decline in male elite soccer? **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 8, p. 1015–1023, 2019.

DELLAL, A. *et al.* The effects of a congested fixture period on physical performance, technical activity and injury rate during matches in a professional soccer team. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 6, p. 390–394, 2015.

DENARDI, C. A. S.; CASELLA, A. F.; CHAGAS, A. C. P. A Proteína C-reativa na atualidade. **Revista da SOCERJ**, v. 21, n. 5, p. 329–334, 2008.

DJAOUI, L. *et al.* Physical activity during a prolonged congested period in a top-class European football team. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 1, p. 47–53, 2014.

DJAOUI, L. *et al.* Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. **Physiology and Behavior**, v. 181, p. 86–94, 2017.

DUPONT, G. *et al.* Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. **American Journal Sports Medicine**, v. 38, n. 9, p. 1752–1758, 2010.

DUPUY, O. *et al.* An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, soreness, fatigue, and inflammation: a systematic review with meta-analysis. **Frontiers in physiology**, v. 9, n. 403, p. 1–15, 2018.

FATOUROS, I. G. *et al.* Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a football game. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 12, p. 3278–3286, 2010.

FEHRENBACH, E.; SCHNEIDER, M. E. Trauma-induced systemic inflammatory response versus exercise-induced immunomodulatory effects. **Sports Medicine**, v. 36, n. 5, p. 373–384, 2006.

FERNANDES, A. A. *et al.* Skin temperature changes of under-20 soccer players after two consecutive matches. **Sport Sciences for Health**, v. 13, n. 3, p. 635–643, 2017a.

FERNANDES, A. A. *et al.* 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, 2017b.

FERNANDES, A. A. *et al.* Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. **Physiological Measurement**, v. 35, n. 2, p. 189–203, 2014.

FERNANDES, A. A. **Cinética da temperatura da pele de membros inferiores em atletas de futebol**. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.

FERNÁNDEZ-CUEVAS, I. *et al.* Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. **Infrared Physics and Technology**, v. 71, p. 28–55, 2015.

FERNÁNDEZ-CUEVAS, I. *et al.* Validity, Reliability, and Reproducibility of Skin Temperature in Healthy Subjects Using Infrared Thermography. In: **Springer International Publishing Switzerland 2017 P. Humbert et al. (eds.), Agache's Measuring the Skin**, p. 1311–1318, 2017.

FIELD, A. *Discovering Statistics Using SPSS*. **SAGE Publications Ltd**, 4. ed., 2013.

FRITZ, C. O.; MORRIS, P. E.; RICHLER, J. J. Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 141, n. 1, p. 2–18, 2012.

GAUDINO, P. *et al.* Monitoring training in elite soccer players: Systematic bias between running speed and metabolic power data. **International Journal of Sports Medicine**, v. 34, n. 11, p. 963–968, 2013.

GÓMEZ-CARMONA, P. *et al.* Infrared Thermography Protocol on Reducing the Incidence of Soccer Injuries. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 29, n. 8 p. 1222–1227, 2020.

HARPER, D. J.; CARLING, C.; KIELY, J. High-Intensity Acceleration and Deceleration Demands in Elite Team Sports Competitive Match Play: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. **Sports Medicine**, v. 49, n. 12, p. 1923–1947, 2019.

HAYASHI, K. *et al.* Muscular mechanical hyperalgesia after lengthening contractions in rats depends on stretch velocity and range of motion. **European Journal of Pain (United Kingdom)**, v. 21, n. 1, p. 125–139, 2016.

HILDEBRANDT, C. *et al.* The Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine. In: **An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury**. Dr. Kenneth R. Zaslav (Ed.). p. 257–274, 2012.

HILDEBRANDT, C.; RASCHNER, C.; AMMER, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors**, v. 10, n. 5, p. 4700–4715, 2010.

HYLDAHL, R. D.; HUBAL, M. J. Lengthening our perspective: Morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. **Muscle & Nerve**, v. 49, n. 2, p. 155–170, 2014.

HODY, S. *et al.* Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. 536, 2019.

IMPELLIZZERI, F. M. *et al.* Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 1, p. 42–46, 2008.

ISPIRLIDIS, I. *et al.* Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. **Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine**, v. 18, n. 5, p. 423–431, 2008.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497–504, 1978.

JAMES, C. A. *et al.* Reliability and validity of skin temperature measurement by telemetry thermistors and a thermal camera during exercise in the heat. **Journal of Thermal Biology**, v. 45, p. 141–149, 2014.

JATENE, P.; DOS SANTOS, G. S.; PORTELLA, D. L. C-Reactive Protein Serum Levels as an Internal Load Indicator of Sprints in Competitive Football Matches. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 12, p. 762–767, 2019.

JUBAN, G.; CHAZAUD, B. Metabolic regulation of macrophages during tissue repair: insights from skeletal muscle regeneration. **FEBS Letters**, v. 591, n. 19, p. 3007–3021, 2017.

KAMAL, M. H. D. *et al.* Microcalorimetric Method to Assess Phagocytosis: Macrophage Nanoparticle Interactions. **The AAPS Journal**, v. 13, n. 1, 2011.

KASAPIS, C.; THOMPSON, P. D. The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers: a systematic. Review. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 17, n. 45, p. 1563–1569, 2005.

KOSTRZEWA-NOWAK, D. *et al.* Post-effort changes in C-Reactive Protein level among soccer players at the end of the training season. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 5, p. 1399–1405, 2015.

LAGO-PENAS, C. *et al.* The influence of a congested calendar on physical performance in elite soccer. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 8, p. 2111–2117, 2011.

LAKKA *et al.* Effect of exercise training on plasma levels of C-reactive protein in healthy adults: the heritage family study. **European Heart Journal**, v. 26, n. 9, p. 2018–2025, 2005.

LI, J. *et al.* Regulatory T-cells: Potential regulator of tissue repair and regeneration. **Frontiers in Immunology**, v. 9, n. 585, 2018.

MALM, C. Exercise-induced muscle damage and inflammation: Fact or fiction? **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 171, n. 3, p. 233–239, 2001.

MARINS, J. C. . B. *et al.* Applications of infrared thermography in sports. A review. **Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte**, v. 15, n. 60, p. 805–824, 2015.

MARINS, J. C. B. *et al.* Thermographic profile of soccer player's lower limbs. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 7, n. 1, p. 1–6, 2014.

MENEZES, P. *et al.* Effects of Strength Training Program and Infrared Thermography in Soccer Athletes Injuries. **Sports**, v. 6, n. 4, p. 148–258, 2018.

MENZEL, H. *et al.* Analysis of Lower Limb Asymmetries by Isokinetic and Vertical Jump Tests in Soccer Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 5, p. 1370–1377, 2013.

MOHR, M. *et al.* 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, n. 1, p. 179–193, 2016.

MOREIRA, D. G. *et al.* 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. 69, p. 155–162, 2017.

MUKUND, K.; SUBRAMANIAM, S. Skeletal muscle: A review of molecular structure and function, in health and disease. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine**, v. 12, n. 1, p. 1462–1508, 2020.

NEDELEC, M. *et al.* The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 6 p.1517–1523, 2014.

NEDELEC, M. *et al.* Recovery in Soccer - Part I – Post-Match Fatigue and Time Course of Recovery. **Sports Medicine**, v. 42, n. 12, p. 997–1015, 2012.

OWEN, A. L. *et al.* Biochemical Response Comparisons of a Competitive Microcycle Vs . Congested Fixture Periods in Elite Level European Champions League Soccer Players. **Journal of Complementary Medicine & Alternative Healthcare**, v. 10, n. 1, 2019.

PEAKE, J. M. *et al.* Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 3, p. 559–570, 2017.

PEAKE, J.; NOSAKA, K.; SUZUKI, K. Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. **Exercise Immunology Review**, v. 11, p. 64–85, 2005.

PEARCEY, G. E. *et al.* Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. **Journal of Athletic Training**, v. 50, n. 1, p. 5–13, 2015.

PEDERSEN, B. K. IL-6 signaling in exercise and disease. **Biochememical Society Transactions**, v. 35, n. 5, p. 1295–1307, 2007.

PENEDO-JAMARDO, E. *et al.* The impact of different recovery times between matches on physical and technical performance according to playing positions. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 17, n. 3, p. 271–282, 2017.

PIMENTA, E. M. *et al.* Effect of ACTN3 gene on strength and endurance in soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 12, p. 3286–3292, 2013.

PIMENTA, E.M. *et al.* The ACTN3 genotype in soccer players in response to acute eccentric training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 4, p. 1495–1503, 2012.

PRIEGO-QUESADA, J. I. *et al.* Relationship between Skin Temperature, Electrical Manifestations of Muscle Fatigue, and Exercise-Induced Delayed Onset Muscle Soreness for Dynamic Contractions: A Preliminary Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 18, p. 6817–6829, 2020.

PUNCHARD, N. A.; WHELAN, C. J.; ADCOCK, I. The Journal of Inflammation. **Journal of Inflammation**, v. 1, n. 1, p. 1–4, 2004.

RACINAIS, S.; COCKING, S.; PÉRIARD, J. D. Sports and environmental temperature: From warming-up to heating-up. **Temperature**, v. 4, n. 3, p. 227–257, 2017.

RAMÍREZ-CAMPILLO, R. *et al.* Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 8, p. 687–693, 2016.

RAMPININI, E *et al.*. Variation in top level soccer match performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 12, p. 1018–1024, 2007.

RING, E. F. J. The historical development of thermometry and thermal imaging in medicine. **Journal of Medical Engineering and Technology**, v. 30, n. 4, p. 192–198, 2006.

RING, E. F.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. **Physiological Measurement**, 33, n. 3, p. 33-46, 2012.

RODRIGUES JUNIOR, J. L. **Relação entre a assimetria esportiva e a assimetria de temperatura da pele dos membros inferiores de atletas profissionais de futebol**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.

ROMAGNOLI, M. *et al.* Changes in muscle damage, inflammation, and fatigue-related parameters in young elite soccer players after a match. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 56, n. 10, p. 1198–1205, 2015.

SAWKA, M. N. *et al.* Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. **Comprehensive physiology**, v. 1, n. 4, p. 1883-1928, 2011.

SHRIVE, A. K. *et al.* Three dimensional structure of human C-reactive protein. **Nature Structural Biology**, v. 3, n. 4, p. 346–354, 1996.

SILLERO-QUINTANA, M.; GOMEZ-CARMONA, P. M.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I. **Infrared Thermography as a Means of Monitoring and Preventing Sports Injuries (Chapter 8)**, In: Innovative Research in Thermal Imaging for Biology and Medicine, p. 165-198, 2017.

SILVA J. R. *et al.* Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. **European Journal Applied Physiology**, v. 113, n. 9, p. 2193–2201, 2013.

SIRI, W. E. **Body composition from fluids spaces and density: analyses of methods**. In: Techniques for measuring body composition, 1961

SOUGLIS, A. *et al.* Time course of oxidative stress, inflammation and muscle damage markers for five days after a soccer match: effects of sex and playing position. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 32, n. 7, p. 2045–2054, 2018.

SOUGLIS, A.; TRAVLOS, A. K. The influence of competitive activity on selected biochemical and haematological parameters of amateur soccer athletes. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 15, n. 1, p. 24–31, 2015.

SOUGLIS, A. *et al.* Comparison of inflammatory responses and muscle damage indices following a soccer, basketball, volleyball and handball game at an elite competitive level. **Research in Sports Medicine**, v. 23, n. 1, p. 59–72, 2015.

SOUZA, D. K. *et al.* Regulação e Ativação das Células Satélites Durante a Regeneração Muscular. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 23, n. 3, p. 170–180, 2015.

SPECTOR, W. G.; WILLOUGHBY, D. A. The inflammatory response. **Bacteriological reviews**, v. 27, n. 2, p. 117–154, 1963.

SPROSTON, N. R.; ASHWORTH, J. J. Role of C-reactive protein at sites of inflammation and infection. **Frontiers in Immunology**, v. 9, n. 754, 2018.

STOLEN, T.; CHAMARI, C.; WISLOFF, U. Physiology of Soccer An update. **Sports Medicine**, v. 35, n. 6, p. 501–536, 2005.

TEIXEIRA, D. A. *et al.* Proteína C-reativa: associação entre inflamação e complicações pós-infarto agudo do miocárdio em idosos. **Revista da Sociedade Brasileira de Clínica Médica**, v. 7, n. 1, p. 24–26, 2009.

THOMPSON, D.; PEPYS, M. B.; WOOD, S. P. The physiological structure of human C-reactive protein and its complex with phosphocholine. **Structure**, v. 7, n. 2, p. 169–177, 1999.

THORPE, R.; SUNDERLAND, C. Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match. **Journal of strength and conditioning research**, v. 26, n. 10, p. 2783–2790, 2012.

VET, H. C. W. *et al.* When to use agreement versus reability measures. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 59, n. 10, p. 1033-1039, 2006.

XU, F. *et al.* Mathematical modelling of skin bioheat transfer. **Applied Mechanics Reviews**, v. 62, n. 5, 2009.

WALSH, M. T.; DIVANE, A.; WHITEHEAD, A. S. Fine mapping of the human pentraxin gene region on chromosome 1q23. **Immunogenetics**, v. 44, n. 1, p. 62–69, 1996.

WEHBE, G. M.; HARTWIG, T. B.; DUNCAN, C. S. Movement analysis of australian national league soccer players using Global Positioning System technology. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 3, p. 834–842, 2014.

WIEWELHOVE, T. *et al.* Acute responses and muscle damage in different high-intensity interval running protocols. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 56, n. 5, p. 606–615, 2016.

WISLOFF, U. *et al.* Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 3, p. 285–288, 2004.

WU, Y. *et al.* C-reactive protein and inflammation: Conformational changes affect function. **Biological Chemistry**, v. 396, n. 11, p. 1181–1197, 2015.

APÊNDICE

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Convidamos o Senhor para participar como voluntário do projeto de pesquisa “COMPARAÇÕES DE PARÂMETROS DE RECUPERAÇÃO AVALIADOS EM MICROCICLOS DE BAIXA E ALTA DENSIDADE DE JOGOS DE UM PERÍODO COMPETITIVO DE FUTEBOL”, sob a coordenação e responsabilidade do Professor Doutor Eduardo Mendonça Pimenta.

OBJETIVO DA PESQUISA

A capacidade de realizar e repetir ações em alta intensidade é determinante para o sucesso no futebol, o que aumentam 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. Avaliar parâmetros de recuperação em análises comparativas de diferentes intervalos de jogos pode contribuir na elaboração de estratégias para a prevenção de lesões musculoesqueléticas. O presente estudo tem o seguinte objetivo: [1] comparar as respostas de parâmetros de recuperação em atletas com elevada participação nos jogos, avaliados em microciclos de baixa e alta densidade de jogos de um período competitivo de futebol.

PROCEDIMENTOS

Informamos à 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 destes procedimentos.

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.
- [3] mensuração do biomarcador Proteína C-Reativa, por meio de coleta de amostras sanguíneas.
- [4] Medidas de variáveis cinemáticas (distâncias percorridas, velocidades e acelerações atingidas) por meio da utilização de GPS nos jogos da equipe.

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 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 realizada 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. [c] Serão realizadas coletas sanguíneas para medidas de biomarcador Proteína C-Reativa. [d] A quantificação de variáveis cinemáticas (distâncias percorridas, velocidades e acelerações atingidas) ocorrerá por meio da utilização de GPS nos jogos da equipe. Sendo que o dispositivo de GPS será posicionado em colete próprio do fabricante.

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 ao senhor que baseado nas diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, dispostos 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 a saúde do senhor. Para maior tranquilidade, a aquisição dos termogramas será realizada com a presença de um membro da comissão técnica do clube.

Quanto às coletas sanguíneas, os procedimentos serão realizados por profissionais qualificados em coletas sanguíneas e formados e licenciados na área da saúde, sendo que todos os procedimentos serão realizados pelos mesmos profissionais especializados neste tipo de coleta. 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. Os materiais serão novos e descartáveis, a fim de evitar qualquer tipo de contaminação. Ainda de maneira preventiva, haverá no mínimo dois socorristas a disposição para os voluntários que venham a necessitar de atendimento. 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 a sua atividade profissional, tendo em vista que essas variáveis serão verificadas nos jogos da equipe. Ainda de maneira preventiva, haverá no mínimo dois socorristas e equipe médica a disposição para os voluntários que venham a necessitar de atendimento. Se necessário será acionado o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), via telefone 192, para o encaminhamento do voluntário ao hospital.

Quanto às coletas sanguíneas, os procedimentos serão realizados por profissionais qualificados em coletas sanguíneas e formados e licenciados na área da saúde, sendo que todos os procedimentos serão realizados pelos mesmos profissionais especializados neste tipo de coleta. 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. Os materiais serão novos e descartáveis, a fim de evitar qualquer tipo de contaminação. Ainda de maneira preventiva, haverá no mínimo dois socorristas a disposição para os voluntários que venham a necessitar de atendimento. 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 a sua atividade profissional, tendo em vista que essas variáveis serão verificadas nos jogos da equipe. Ainda de maneira preventiva, haverá no mínimo dois socorristas e equipe médica a disposição para os voluntários que venham a necessitar de atendimento. Se necessário será acionado o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), via telefone 192, para o encaminhamento do voluntário ao hospital.

Os benefícios da pesquisa estão relacionados as 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 um melhor entendimento da carga que os atletas estão submetidos, quanto a diferença no intervalo entre os jogos de um período competitivo. O senhor e o clube terão acesso as 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, sendo que sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso a estas informações que serão utilizadas para fins de pesquisa. Os resultados ficarão arquivados na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

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 do telefone do Laboratório de Psicologia do Esporte (LAPES) telefone: 3409-2331 e 3409-2348. Caso tenha dúvidas em relação aos aspectos éticos da pesquisa, o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG poderá ser consultado - Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) tel: 3409-4592. A legalidade dos procedimentos e a legalidade dos procedimentos envolvendo pesquisa com seres humanos tem como base a resolução N° 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 recusar-se a participar em 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, sendo que 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.

CONSENTIMENTO

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

Belo Horizonte, _____ de _____ de 20____.

Assinatura: _____

Eu, Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta, declaro que expliquei os objetivos do estudo para o voluntário, nos limites dos meus conhecimentos científicos.

Pesquisador (Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta)

CONTATOS

Pesquisador: Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais (EEFFTO/UFMG).

Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG
CEP 31270-901.

Tel: (31)3409-2325 / (31) 3409-7443

Email: des@eeffto.ufmg.br / empimenta@uol.com.br

COEP – Comitê de Ética em Pesquisa

Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II – 2º andar/Sala 2005
Campus Pampulha – Belo Horizonte, MG - CEP: 31270.901

Email: coep@prpq.ufmg.br

Telefax: (31) 3409-4592

ANEXO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: COMPARAÇÕES DE PARÂMETROS DE RECUPERAÇÃO AVALIADOS EM MICROCICLOS DE BAIXA E ALTA DENSIDADE DE JOGOS DE UM PERÍODO COMPETITIVO DE FUTEBOL

Pesquisador: Eduardo Mendonça Pimenta

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 21466819.9.0000.5149

Instituição Proponente: Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.990.061

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de pesquisa observacional, no qual serão investigados os efeitos de microciclos de baixa e alta densidade de jogos de um período competitivo, em parâmetros de recuperação adotados. Segundo o TCLE, TCLE_adequacoes_CEP.pdf: "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. [3] mensuração do biomarcador Proteína C-Reativa, por meio de coleta de amostras sanguíneas. [4] Medidas de variáveis cinemáticas (distâncias percorridas, velocidades e acelerações atingidas) por meio da utilização de GPS nos jogos da equipe. 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 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."

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad S/C 2005

Bairro: Unidade Administrativa II

CEP: 31.270-901

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 3.990.061

Hipótese: Os parâmetros de recuperação avaliados (Proteína C-Reativa, a Temperatura da pele dos membros inferiores e a demanda física) apresentarão respostas significativamente mais impactadas no microciclo de alta densidade de jogos, em comparação com o microciclo de baixa densidade.

Objetivo da Pesquisa:

Conforme apresentado em PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1407018.pdf:

Objetivo Primário: Comparar as respostas de parâmetros de recuperação (Proteína C-Reativa, a Temperatura da pele dos membros inferiores e a demanda física) em atletas de futebol com elevada participação nos jogos, avaliados em um microciclo de baixa densidade de jogos e em outro microciclo de alta densidade de jogos de um período competitivo de futebol.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

No TCLE_adequacoes_CEP.pdf descreve:

"Informamos ao senhor que baseado nas diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, dispostos na Resolução N° 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 nãoinvasivo e não-ionizante, assim, a aquisição dos termogramas oferece baixo risco a saúde do senhor. Para maior tranquilidade, a aquisição dos termogramas será realizada com a presença de um membro da comissão técnica do clube. Quanto às coletas sanguíneas, os procedimentos serão realizados por profissionais qualificados em coletas sanguíneas e formados e licenciados na área da saúde, sendo que todos os procedimentos serão realizados pelos mesmos profissionais especializados neste tipo de coleta. 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. Os materiais serão novos e descartáveis, a fim de evitar qualquer tipo de contaminação. Ainda de maneira preventiva, haverá no mínimo dois socorristas a disposição para os voluntários que venham a necessitar de atendimento. Se necessário será

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad S/C 2005
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 3.990.061

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 a sua atividade profissional, tendo em vista que essas variáveis serão verificadas nos jogos da equipe. Ainda de maneira preventiva, haverá no mínimo dois socorristas e equipe médica a disposição para os voluntários que venham a necessitar de atendimento. Se necessário será acionado o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), via telefone 192, para o encaminhamento do voluntário ao hospital.

Os benefícios da pesquisa estão relacionados as 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 um melhor entendimento da carga que os atletas estão submetidos, quanto a diferença no intervalo entre os jogos de um período competitivo. O senhor e o clube terão acesso as avaliações realizadas. Posteriormente, as análises realizadas pelos pesquisadores poderão contribuir com o 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, sendo que sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso a estas informações que serão utilizadas para fins de pesquisa."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O pesquisador atendeu as solicitações deste Comitê, Número do Parecer: 3.691.397, PB_PARECER_CONSUBSTANCIADO_CEP_3691397.pdf.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

CARTA_RESPOSTA.pdf: "Por meio de reuniões presenciais, o projeto de pesquisa será apresentado para a direção de um clube de futebol, que possua vínculos com atletas de idade igual ou superior a 18 anos. Após a autorização da direção do clube, o projeto de pesquisa será apresentado aos atletas, e os mesmos serão convidados a participarem desse estudo como voluntários. Nesta oportunidade, serão esclarecidos os critérios de inclusão e exclusão, além de outras dúvidas que os atletas possam apresentar. Será entregue aos atletas o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para leitura e assinatura. O TCLE será ajustado, especificamente no penúltimo parágrafo, a fim de que fique claro ao voluntário a informação do seu direito de recusa e de desistência de participação desse projeto a qualquer momento...Os

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad Sl 2005
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 3.990.061

participantes terão acesso aos seus resultados mediante solicitações de reuniões presenciais com os pesquisadores, no qual também será possível que o voluntário esclareça possíveis dúvidas que o mesmo venha a ter."

Carta_anuencia.pdf: modelo de carta de anuência.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Considerando que o participante será resguardado, e os dados coletados serão anonimizados, agregados e não rastreáveis, aprova-se o projeto.

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o CEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1407018.pdf	07/11/2019 22:11:39		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_adequacoes_CEP.pdf	07/11/2019 22:10:54	Warley Henrique Duarte de Oliveira	Aceito
Outros	Carta_anuencia.pdf	07/11/2019 21:57:09	Warley Henrique Duarte de Oliveira	Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA.pdf	07/11/2019 21:53:53	Warley Henrique Duarte de Oliveira	Aceito
Outros	Parecer_consubiado.pdf	19/09/2019 19:12:08	Warley Henrique Duarte de Oliveira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_atual.pdf	19/09/2019 19:01:51	Warley Henrique Duarte de Oliveira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	CEP.pdf	20/08/2019 20:11:57	Warley Henrique Duarte de Oliveira	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto.pdf	19/08/2019 06:35:29	Warley Henrique Duarte de Oliveira	Aceito

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad S/C 2005
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coop@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 3.990.061

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 24 de Abril de 2020

Assinado por:

**Críssia Carem Paiva Fontainha
(Coordenador(a))**