

Adriano Lima Alves

**ANÁLISE DA RELAÇÃO DO ÍNDICE DE EFICIÊNCIA FÍSICA COM A CARGA DE
TREINAMENTO, FADIGA, RECUPERAÇÃO E LESÃO EM PARTIDAS OFICIAIS
DE FUTEBOL**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2021

Adriano Lima Alves

**ANÁLISE DA RELAÇÃO DO ÍNDICE DE EFICIÊNCIA FÍSICA COM A CARGA DE
TREINAMENTO, FADIGA, RECUPERAÇÃO E LESÃO EM PARTIDAS OFICIAIS
DE FUTEBOL**

Tese de doutorado 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 à obtenção do título de Doutor em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2021

A474a Alves, Adriano Lima

2021 Análise da relação do índice de eficiência física com a carga de treinamento, fadiga, recuperação e lesão avaliada em partidas oficiais de futebol. [manuscrito] / Adriano Lima Alves – 2021.

87 f. : il.

Orientador: Eduardo Mendonça Pimenta

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

Bibliografia: f. 71-85

1. Futebol – Teses. 2. Jogadores de futebol – Teses. 3. Exercícios físicos – aspectos fisiológicos – Teses. 4. Desempenho – 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.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA RELAÇÃO DO ÍNDICE DE EFICIÊNCIA FÍSICA COM A CARGA DE TREINAMENTO, FADIGA, RECUPERAÇÃO E LESÃO AVALIADA EM PARTIDAS OFICIAIS DE FUTEBOL

ADRIANO LIMA ALVES

84ª tese submetida à comissão examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte, como requisito para obtenção do grau de Doutor em CIÊNCIAS DO ESPORTE, área de concentração TREINAMENTO ESPORTIVO.

Aprovada, em 18 de agosto de 2021, pela comissão constituída pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta (orientador) – UFMG

Prof. Dr. Luciano Sales Prado – UFMG

Prof. Dr. Maicon Rodrigues de Albuquerque – UFMG

Prof. Dr. Christiano Eduardo Veneroso – UFMA

Prof. Dr. Guilherme de Azambuja Pussieldi – UFV

Belo Horizonte, 18 de agosto de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme de Azambuja Pussieldi, Usuário Externo**, em 20/09/2021, às 15:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Christiano Eduardo Veneroso, Usuário Externo**, em 21/09/2021, às 10:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maicon Rodrigues Albuquerque, Membro**, em 21/09/2021, às 15:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luciano Sales Prado, Membro de comissão**, em 08/10/2021, às 10:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Mendonca Pimenta, Servidor(a)**, em 24/11/2021, às 13:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0894827** e o código CRC **F78CF1D5**.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família e esposa, que me deram todo o suporte para concretizá-lo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me abençoado durante minha trajetória.

Aos brasileiros, por terem custeado meu curso.

Aos meus pais, por incentivarem a minha progressão nos estudos.

À minha esposa, Poliana Santos Souza, que me ajudou em vários momentos; desde antes do ingresso no doutorado, ela nunca permitiu que eu me deixasse abater com os momentos difíceis.

Ao professor Dr. Eduardo Pimenta, que acreditou na minha capacidade e contribuiu muito com o meu crescimento profissional e como pessoa. Desde quando eu era estagiário no Cruzeiro, em 2007, tive a oportunidade de conviver com ele, e nestes primeiros momentos, vi o quão brilhante era sua pessoa. Isto me instigou a me dedicar aos estudos e a desenvolver meu senso crítico para ser um profissional cada vez melhor.

Ao professor Dr. Daniel Boullosa, que, por meio de várias conversas, contribuiu muito com a minha formação acadêmica. Ele foi mais do que um parceiro nas publicações científicas.

Ao professor Dr. Bruno Pena, que foi um segundo orientador para mim. Tivemos excelentes conversas sobre o tema do trabalho.

Ao amigo Dr. João Gustavo, que me auxiliou em vários momentos deste trabalho e também não mediu esforços para a produção da revisão sistemática do tema.

Aos meus companheiros de trabalho e aos jogadores do América Futebol Clube, obrigado por ajudarem na coleta de dados.

EPÍGRAFE

“Se queres paz, te prepara para a guerra; se não queres nada, descansa em paz.”

Humberto Gessinger

RESUMO

Objetivo: avaliar a associação entre o índice de eficiência física (IEF) e a carga de treinamento, estado de treinamento, estado de recuperação e variação de desempenho mecânico durante semanas de jogos congestionados, e descrever sua relação com a incidência de lesão de jogadores de futebol pertencentes à elite do Brasil ao longo de duas temporadas competitivas. **Métodos:** participaram do presente estudo 26 jogadores de futebol, com idade 29 ± 4 anos, que disputavam a primeira divisão do campeonato brasileiro e um campeonato estadual. Para critério de inclusão no estudo, o atleta deveria ter participado de pelo menos um jogo completo. A carga de treinamento e o IEF foram avaliados durante duas temporadas competitivas de futebol por meio de um *Global Position System* (GPS) acoplado a um monitor de frequência cardíaca. Os parâmetros de carga de treinamento utilizados foram a percepção subjetiva do esforço \times min (sPSE), impulso de treinamento (TRIMP), distância total (DT), distância percorrida em alta intensidade (DAI), acelerações (ACE) e desacelerações (DES). A carga de treino foi descrita como carga aguda e crônica *couple* (A:C) e variação semanal em percentual. O IEF foi avaliado utilizando-se diferentes formas de cálculo, sendo descartados da análise final os métodos que mais se assemelhavam. A normalidade dos dados foi verificada, e os dados foram descritos por meio da estatística descritiva. Testaram-se os valores do IEF a cada 15 minutos durante a partida por meio da ANOVA *one way*, com medidas repetidas, comparando-se o 1º e 2º tempo por meio do teste t de *student*. Posteriormente, a correlação de *Pearson* foi realizada para se testar a associação entre o IEF e os testes de *Yo-Yo intermittent recovery level 1* (YYIRTL1), *Yo-Yo endurance level 2* (YYETL2), carga A:C, variação semanal e desempenho mecânico em sequência de jogos congestionados. Outra análise foi a descrição da incidência de lesão por 1000h dos grupos de alta e baixa eficiência, de acordo com a mediana do grupo. **Resultados:** O IEF calculado por meio de metros/min dividido pelo percentual da frequência cardíaca máxima (IEF_{fcmax}) no jogo apresentou valor médio de $1,19 \pm 0,14$. Observou-se queda do IEF no 2º tempo da partida ($p < 0,05$). Correlações do IEF encontradas: a) IEF com o desempenho aeróbio ($r=0,77$); b) não houve correlação entre IEF e carga A:C; c) IEF e variação semanal da carga (correlação entre variação semanal da ACE e IEF; d) IEF com a variação do desempenho mecânico em semanas de jogos congestionados (correlação entre variação da DAI em jogos congestionados e IEF, $r=0,26$; e) IEF e recuperação (percepção do estado físico e IEF, $r=-0,25$). Houve maior incidência de lesão nos atletas com maior IEF. **Conclusão:** O IEF demonstrou sensibilidade ao condicionamento físico, ao estado de recuperação e à alteração de desempenho mecânico em jogos congestionados, confirmando seu potencial como uma ferramenta robusta no controle da carga de treinamento. No entanto, mais pesquisas deveriam avaliar o impacto da carga de treinamento sobre o IEF, bem como sua relação com a lesão.

Palavras-chave: Razão das cargas externa e interna. Índice de eficiência física. Futebol. Condição física. Estado de treinamento.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the association of the index of efficiency physical (IEF) with the training load, training status, recovery state, variation of mechanical performance during weeks of congested games, and describe its relationship with the incidence of injury of soccer players belonging to the elite of Brazil to the over two competitive seasons. **Methods:** Twenty-six, aged 29 ± 4 years, soccer players who competed in the first division of the Brazilian championship and the state championship participated in the present study. The athlete included in the study would have participated at least one complete game. Training load and IEF were assessed during two competitive soccer seasons, using a Global Position System (GPS) coupled to a heart rate monitor. The training load parameters used were the subjective perception of effort during a session of training \times min (sPSE), training impulse (TRIMP), total distance (DT), distance covered at high intensity (DAI), accelerations (ACE), and decelerations (DES). The training load was described as acute and chronic workload couple (A:C) and weekly variation in percentage. The IEF was evaluated using different forms of calculation, discarding the most similar methods from the final analysis. Data normality were verified, and data were described by descriptive statistics. The IEF values were tested every 15 min during the match utilizing ANOVA one way with repeated measures and compared the first with the second time utilizing the Student's t-test. Subsequently, Pearson's correlation was performed to test the association between the IEF and the Yo-Yo intermittent recovery level 1 (YYIRTL1), Yo-Yo endurance level 2 (YYETL2) tests, A:C workload, weekly variation, mechanical performance in sequence of congested games. Another analysis was the description of the incidence of injury per 1000h in the high and low efficiency groups according to the group median. **Results:** The IEF calculated through meters/min divided by the percentage of maximal heart rate ($IEF_{f_{cmax}}$) in the game presented a mean value of 1.19 ± 0.14 . A drop in the IEF was observed in the 2nd half of the match ($p < 0.05$). IEF correlations found: a) IEF with aerobic performance ($r = 0,77$); b) there was no correlation between IEF and A:C workload; c) IEF and weekly load variation; d) IEF with variation in mechanical performance in weeks of congested games (correlation between variation of high intensity distance in congested calendar and IEF, $r = 0,26$); e) IEF and recovery (state physical $r = -0,25$). There was a higher incidence of injury in athletes with higher IEF. **Conclusion:** The IEF demonstrated sensitivity to physical conditioning, recovery status, and change in mechanical performance in congested games, confirming its potential as robust tool to be used to control the training load. However, further research should assess the impact of training load on the IEF, as well as its relationship with injury.

Keywords: Ratio of external and internal load. Physical efficiency index. Physical condition. Fitness status.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Prisma, critérios de inclusão de artigos na revisão sistemática	33
Figura 2- a) Escalas subjetivas de avaliação do estado físico, percepção subjetiva do esforço e b) percepção de dor muscular	46
Figura 3 – Procedimento para análise da ck	47
Figura 4 - Avaliação do IEF _{fcmax} durante o jogo a cada 15 e 45 min, *significa > 75-90, 60-75, 30-45, 15-30 e 45-60; # significa > 75-90, 60-75, 30-45 e 15-30; & significa > 75-90 e 60-75; a significa 1º tempo maior do que 2º tempo; p adotado <0,01.....	51
Figura 5- Avaliação do IEF _{fcres} durante o jogo a cada 15 e 45 min, *significa > 75-90, 60-75, 30-45, 15-30 e 45-60; # significa > 75-90, 60-75, 30-45 e 15-30; a significa 1º tempo maior do que 2º tempo; p adotado <0,01.	52
Figura 6- Correlação do IEF com os testes físicos de campo. Nível de significância p<0,05.....	53
Figura 7- Correlação entre delta do % dt de 2 jogos consecutivos e IEF _{fcres.1t} (p<0,05)	55
Figura 8- Correlações da DAI (distância percorrida em alta intensidade) e os IEF _{FCRES.1T} E IEF _{fcmax.1T.19,8} significativas p<0,05	55
Figura 9- Correlação do IEF com ef (estado físico) e pdm (percepção de dor muscular) (p<0,05).....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Descrição da distância percorrida de acordo com as posições táticas - adaptado de rampinini <i>et al.</i> (2007b).	23
Tabela 2- Classificação das variáveis de monitoramento da carga de treinamento adaptada de bourdon <i>et al.</i> (2017), s=sim, n=não, b=baixo, m=médio, a=alto. ...	26
Tabela 3- Dados antropométricos e idade.	39
Tabela 4- Descrição das cargas externa e interna durante as partidas na temporada. Distância total (DT), distância percorrida em alta intensidade (DAI), aceleração (ACE), desaceleração (DES), % da frequência cardíaca máxima (%fc _{max}) e % da frequência cardíaca de reserva (%fc _{res}).....	50
Tabela 5- Carga de treino a:c um dia antes do jogo, descrita como média, desvio padrão e amplitude de variação.....	50
Tabela 6- Descrição da variação semanal da carga um dia antes do jogo.....	50
Tabela 7- Descrição do ief nos jogos como média, desvio padrão e coeficiente de variação.	51
Tabela 8- Correlação do YYETL2 e YYIRTL1 com o IEF.	53
Tabela 9- Correlação entre a carga A:C e IEF.....	54
Tabela 10- Efeito da variação semanal da carga sob o IEF.	54
Tabela 11- Correlação do ief com o %CK _{max} e CK U/L.....	56

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Delta entre jogos congestionados= 2° jogo DAI m – 1°jogo DAI m2° jogo DAI m x 100	41
Equação 2- $FCres = FCex - FCrepFCmax - FCrep$ 100	43
Equação 3- Carga A: C couple = Últimos 7 dias MÉdia das semanas 1°, 2° 3° e 4° ...	44
Equação 4 – Carga A: C Uncouple = Últimos 7 dias MÉdia das semanas 2°, 3° e 4° .	44
Equação 5- ScoreZ = Carga Individual em 28 dias – Carga média do grupo em 28 diasDesvio Padrão da carga do grupo	44
Equação 6- Variação semanal da carga 25 km percorridos na semana 1 – 30 km percorridos na semana 225 km percorridos na semana 1 x 100 = 20 %	44
Equação 7- $IEFfcmax = metros \times min - 1\%FCmax$	45
Equação 8- $IEFfcres = metros \times min - 1\%FCres$	45
Equação 9- Incidência de lesão= n° lesões x 1000n°jogos x n° jogadores x 1,5h	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A:C	Carga de treinamento aguda/crônica
ACE	Número de acelerações ($>2,8\text{m/s}^2$)
CK	Creatina quinase
DT	Distância total
DAI	Distância percorrida em alta intensidade ($>19,8\text{ km/h}$)
DES	Número de desacelerações ($> -2\text{m/s}^2$)
FC	Frequência cardíaca
FC_{ex}	Frequência cardíaca do exercício
FC_{max}	Frequência cardíaca máxima
$\%FC_{\text{max}}$	Percentual médio da frequência cardíaca máxima
FC_{rep}	Frequência cardíaca de repouso
FC_{res}	Frequência cardíaca de reserva
$\%FC_{\text{res}}$	Percentual médio da frequência cardíaca de reserva
GPS	Global Position System
IEF	Índice de eficiência física
IEF_{fcmx}	Índice de eficiência física calculado a partir da DT e FC_{max} no jogo completo
IEF_{fcres}	Índice de eficiência física calculado a partir da DT e FC_{res} no jogo completo
$IEF_{\text{fcres.1t}}$	Índice de eficiência física calculado a partir da DT e FC_{res} no primeiro tempo
$IEF_{\text{fcres.2t}}$	Índice de eficiência física calculado a partir da DT e FC_{res} no segundo tempo
$IEF_{\text{fcmx.1t.7,2}}$	Índice de eficiência física calculado a partir da FC_{max} e distância percorrida $>7,2\text{km/h}$ no primeiro tempo
$IEF_{\text{fcmx.1t.14,4}}$	Índice de eficiência física calculado a partir da FC_{max} e distância percorrida $>14,4\text{km/h}$ no primeiro tempo
$IEF_{\text{fcmx.1t.19,8}}$	Índice de eficiência física calculado a partir da FC_{max} e distância percorrida $>19,8\text{km/h}$ no primeiro tempo
$IEF_{\text{fcmx.2t}}$	Índice de eficiência física calculado a partir da DT e FC_{max} no segundo tempo

Kg	Quilograma
Km	Quilômetro
M	Metro
Min	Minuto
O ₂	Gás oxigênio
PDM	Percepção de dor muscular
PSE	Percepção subjetiva do esforço
sPSE	Percepção subjetiva da sessão de treino
sPSE _{xmin}	Percepção subjetiva da sessão de treino multiplicada pela duração em min.
TRIMP	Impulso de treinamento
UA	Unidades arbitrárias
VO _{2max}	Consumo máximo de oxigênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.2 Objetivo geral	19
1.2.1 Objetivos específicos	20
2. REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Caracterização do futebol	21
2.2.1 Fatores contextuais inerentes à partida de futebol	22
2.2.2 Fadiga no futebol (calendário congestionado)	23
2.3 Monitoramento e controle do treinamento	25
2.3.1 Análise da razão das cargas aguda e crônica	27
2.3.2 Monitoramento da frequência cardíaca	29
2.4 Avaliação da eficiência física	31
2.4.1 Estado da arte do IEF em esportes coletivos	32
2.5 Variáveis subjetivas.....	35
2.6 Creatina quinase	36
3. MÉTODOS	38
3.1 Cuidados éticos.....	38
3.2 Sujeitos	38
3.3 Design.....	39
3.4 Procedimentos	41
3.4.1 Yoyo Intermittent Recovery 1.....	41
3.4.2 Yoyo Endurance level 2	42
3.4.3 Avaliação da frequência cardíaca	42
3.4.4 Variáveis mecânicas	43
3.4.5 Avaliação da carga A:C e score Z da carga indivíduo-grupo	43
3.4.6 Variação da carga semanal	44
3.4.7 Índice de eficiência física	44
3.4.8 Escalas subjetivas	45
3.4.9 Análise da concentração sanguínea da creatina quinase	46
3.5 Análise da incidência de lesão associada ao IEF	47
3.6 Análise estatística	47
4. RESULTADOS	49

4.1 Resultados do delineamento 1 - Dados descritivos	49
4.2 Resultados do delineamento 2- Correlação entre testes físicos e eficiência ...	52
4.3 Resultados delineamento 3 - Efeito da carga relativa no IEF	53
4.4 Relação do IEF com a variação do desempenho em semanas de jogos congestionados	54
4.5 Resultados delineamento 4 - Associação entre o IEF e as variáveis de recuperação	56
4.6 Índice de eficiência física e lesão.....	57
5. DISCUSSÃO	58
5.1 Resultados descritivos	58
5.2 Teste físico e IEF	60
5.3 Carga de treinamento e IEF	63
5.4 Calendário congestionado	64
5.5 IEF e recuperação.....	66
5.6 IEF e Incidência de lesões	68
5.7 Considerações gerais	69
6. CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS.....	71
APÊNDICES	86

1 INTRODUÇÃO

O futebol é um esporte em que o desempenho depende de fatores físicos, técnicos, táticos e psicológicos (STOLEN *et al.*, 2005), sendo caracterizado por esforços intermitentes e de alta intensidade (BANGSBO, 1994). As ações de alta intensidade são compostas por *sprints*, acelerações e desacelerações, chegando a representar 25% da distância percorrida em uma partida (CHMURA *et al.*, 2017). Tal exigência física pode provocar dano ao músculo esquelético, que induz à queda do desempenho neuromuscular e ao extravasamento de proteínas celulares para a corrente sanguínea. Como consequência, é necessário um tempo maior do que três dias para recuperação do sistema musculoesquelético, do dolorimento muscular (PDM) e do desempenho (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; ALVES *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2018). Mesmo assim, os jogadores competem em um calendário congestionado de jogos (CARLING *et al.*, 2015; PINO-ORTEGA *et al.*, 2019), sendo o intervalo insuficiente para plena recuperação entre partidas, podendo resultar tanto em fadiga aguda quanto crônica (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; MOHR *et al.*, 2016; OWEN *et al.*, 2019). Diante desse cenário, a coleta e a análise de dados para fins de monitoramento da carga têm se tornado uma prática comum para avaliar a fadiga e as adaptações subsequentes, examinar o desempenho e minimizar o risco de lesões (THORNTON *et al.*, 2019).

O controle da carga de treino pode reduzir a possibilidade de adaptação negativa ao treinamento, por exemplo, a fadiga excessiva e a lesão (BOURDON *et al.*, 2017; BURGESS, 2017). Nos esportes coletivos de elite, como o futebol, os treinadores e o departamento de *performance* têm utilizado as cargas externa e interna para desenvolver diferentes estratégias para controlar a carga de treinamento (KEMPTON; SIROTIC; COUTTS, 2015; SUAREZ-ARRONES *et al.*, 2015). De acordo com JASPERS *et al.* (2017), um aumento da capacidade de execução das ações mecânicas, concomitantemente a uma redução do estresse fisiológico, pode indicar um melhor estado de treinamento. Nesse sentido, atualmente, é comum nos esportes coletivos o uso do *global positioning system* (GPS) e do monitor de frequência cardíaca (FC) (ANTONACCI *et al.*, 2007; DUPONT *et al.*, 2010; SCRIBBANS *et al.*, 2015; SUAREZ-ARRONES *et al.*, 2015; WILKE, C. F. *et al.*, 2016), facilitando, assim, a avaliação das cargas interna e externa durante a competição.

Com o intuito de avaliar os atletas durante suas próprias atividades (competitivas ou não) e obter mais informações sobre sua condição física de forma periódica, recentemente, tem sido apresentada a utilização da razão entre as cargas externa e interna, chamada de índice de eficiência física (IEF), como ferramenta para avaliar a condição física ou estado de treinamento, fadiga e prontidão para o treino ou competição (SUAREZ-ARRONES *et al.*, 2013; SUAREZ-ARRONES *et al.*, 2015; TORRENO *et al.*, 2016). Outro fato é a possibilidade de se usar o IEF como uma avaliação mais específica durante a própria competição, bem como sua resposta a um calendário congestionado.

Nos últimos anos, alguns testes de desempenho em corrida de vai e vem têm sido sugeridos para avaliar a potência aeróbia no futebol, entre eles, o *Yo-Yo Endurance test level 2* (YYETL2) (CASTAGNA *et al.*, 2006) e *Yo-Yo intermittent recovery test level 1* (YYIRTL1) (BANGSBO; IAIA; KRISTRUP, 2008). Estes testes são considerados pela literatura adequados para avaliar jogadores de futebol; contudo, apenas podem prever o desempenho físico na partida. Já com a avaliação do IEF, seria possível avaliar o desempenho físico durante a própria competição. Além disso, diferentemente dos esportes individuais, em que o desempenho esportivo medido pela carga externa está altamente associado ao estado de treinamento, no contexto dos esportes coletivos e de alguns esportes individuais que exigem confronto contra um adversário, tanto a carga externa quanto a interna podem sofrer, separadamente, influência de fatores contextuais (BOULLOSA *et al.*, 2020), tais como nível do adversário e função tática (RAMPININI *et al.*, 2007b; BRITO; HERTZOG; NASSIS, 2016). Esta interferência pode ter um peso maior no comportamento das cargas interna e externa do que a própria condição física (LACOME *et al.*, 2018). Com a utilização do IEF, é possível reduzir o impacto dos fatores contextuais sob a avaliação da condição física durante um treino (DELANEY *et al.*, 2018) ou competição (TORRENO *et al.*, 2016).

O IEF tem sido composto por métricas de carga externa (dividendo), sendo que a distância total, o número de acelerações e a distância percorrida em alta intensidade (DAI) têm sido utilizados em seu cálculo (TORRENO *et al.*, 2016; GRÜNBICHLER; FEDEROLF, 2020). Já para a carga interna (divisor), as variáveis têm se restringido à percepção subjetiva da sessão (sPSE) e às variáveis derivadas da FC (GALLO *et al.*, 2016; TORRENO *et al.*, 2016; AKUBAT; BARRETT, 2018), como impulso de

treinamento (TRIMP) e $\%FC_{max}$. Alguns estudos identificaram redução do IEF durante jogos oficiais de futebol (TORRENO *et al.*, 2016), correlação significativa do IEF com o limiar anaeróbio (AKUBAT; BARRETT; ABT, 2014; AKUBAT; BARRETT, 2018), associação entre a percepção individual de fadiga e o IEF (GALLO *et al.*, 2016) e impacto negativo da carga de treino prévia sobre o IEF (GRÜNBICHLER; FEDEROLF, 2020). Estas características do IEF, apresentadas pela literatura, demonstram que ele pode ser uma ferramenta promissora para a avaliação da condição física de atletas de futebol durante o período de competição. Contudo, devido à heterogeneidade de formas existentes para se calcular o IEF, amostra, tipo de esporte e nível competitivo, há outras possibilidades de investigação do IEF no ambiente aplicado que não foram testadas ainda (serão descritas nos próximos parágrafos). Por isso, esta variável ainda não pode ser considerada uma ferramenta robusta para ser integrada em um sistema de controle da carga de treinamento no esporte de alto nível.

Não é incomum a apresentação das características ideais de uma variável no intuito de interpretar o quão longe ou perto ela possa estar do seu objetivo ideal, por exemplo, de um marcador de dano muscular (MARTÍNEZ-AMAT *et al.*, 2005). Nesse sentido, com base na leitura prévia de alguns artigos sobre monitoramento e controle de carga (BOURDON *et al.*, 2017; BURGESS, 2017; JASPERS *et al.*, 2017), este trabalho propõe analisar as principais características que uma variável de controle de carga deve ter para ser utilizada em um ambiente aplicado. Acredita-se que, para controlar a carga de treinamento, uma variável ideal deveria ter: a) associação com o condicionamento físico; b) sensibilidade à fadiga; c) associação com a recuperação física; e d) associação com a lesão.

As características ideais serão alcançadas relacionando-se às informações disponíveis na literatura sobre o IEF: a) associação com o condicionamento físico - os estudos que avaliaram a associação entre o IEF e o condicionamento físico e os que avaliaram atletas amadores de futebol (AKUBAT; BARRETT; ABT, 2014; AKUBAT; BARRETT, 2018), rúgbi (TAYLOR *et al.*, 2020) e *hurling* (MALONE, SHANE *et al.*, 2016); e aqueles que relacionaram o IEF com testes de laboratório submáximos (limiar anaeróbio) e máximos (VO_{2max}). Este fato seria um indício de que o IEF pode diferenciar atletas de elite com alta e baixa capacidade. Considerando-se que o desempenho aeróbio é dependente do limiar anaeróbio, consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e economia de corrida (MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007), outras

formas de se determinar o desempenho aeróbio de forma específica para a modalidade, por exemplo, testes específicos de campo (*Yo-Yo test*) e utilização de uma amostra de elite, podem aumentar a robustez do IEF nesse quesito; b) alteração do condicionamento físico - os resultados de (GALLO *et al.*, 2016) com jogadores de rúgbi demonstraram que o IEF ($\text{meters}\cdot\text{min}^{-1}/\text{sPSE}$) foi impactado negativamente pela percepção de fadiga. TORRENO *et al.* (2016) verificaram redução do IEF ($\text{meters}\cdot\text{min}^{-1}/\%FC_{\text{max}}$) durante partidas oficiais de futebol, e GRÜNBIHLER; FEDEROLF (2020) relataram redução do IEF após aumento da duração do treino no dia anterior a partidas oficiais de futebol. Portanto, a literatura evidencia indícios de que a carga de treinamento pode impactar o IEF; entretanto, outras possibilidades de análise da dinâmica da carga são recomendadas, principalmente a utilização da carga relativa (ZURUTUZA *et al.*, 2017), como a análise da relação das cargas aguda e crônica (A:C) (GRIFFIN *et al.*, 2020). Além disso, seriam recomendadas outras variáveis da carga de treino e também a duração em minutos, como DAI e acelerações; e, também, investigar o comportamento do IEF durante a fadiga induzida por um calendário de jogos congestionado traria informações mais aplicadas à realidade prática do futebol; c) associação com a recuperação - avaliar a associação do estado de recuperação próximo ao pleno em junção com outras variáveis tornaria esta variável mais robusta; d) relação do IEF e lesão - ainda não foi encontrado nenhum estudo que relacionou o IEF à lesão. É razoável destacar a importância de um estudo da relação de qualquer variável de controle de treino com a lesão, pois minimizar esta incidência é um dos principais objetivos do controle da carga (BOURDON *et al.*, 2017).

De acordo com o exposto acima, identificar o comportamento do IEF nos quatro quesitos apresentados, bem como as melhores formas para o seu cálculo, contribuiria com o aumento da robustez desta variável e, conseqüentemente, de uma maior importância de sua análise em um banco de dados no futebol de alto nível. Tais informações auxiliariam o departamento de *performance* a tomar melhores decisões para prescrever de forma adequada a carga de treinamento.

1.2 Objetivo geral

Avaliar a utilização do índice de eficiência física como uma ferramenta de controle de carga no futebol profissional de elite.

1.2.1 Objetivos específicos

- a) Propor as formas mais adequadas de cálculo do IEF e descrever o seu comportamento em partidas oficiais de futebol;
- b) Avaliar a associação entre o IEF e testes físicos de campo;
- c) Avaliar o efeito da carga de treinamento relativa no IEF;
- d) Avaliar o comportamento das ações mecânicas e sua relação com o IEF durante uma sequência de jogos congestionados;
- e) Avaliar a associação entre o IEF e a recuperação após partidas de futebol por meio das variáveis de recuperação subjetivas e dano muscular;
- f) Descrever a relação entre IEF e lesão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização do futebol

O futebol é um esporte em que os fatores físicos, técnicos, táticos e psicológicos afetam o desempenho do atleta (STOLEN *et al.*, 2005). É caracterizado por esforços intermitentes e de alta intensidade (BANGSBO, 1994), sendo que mais de 90% da energia despendida durante uma partida derivam-se do metabolismo aeróbio (BANGSBO, 1994). Os jogadores percorrem, em média, 10 km em uma intensidade próxima ao limiar anaeróbico, cerca de 6 mmol.l^{-1} (KRUSTRUP *et al.*, 2006), o que implica, em média, 75% do consumo máximo de oxigênio e 85% da frequência cardíaca máxima (STOLEN *et al.*, 2005). Assim, a elevada intensidade e a duração de 90 minutos de uma partida de futebol culminam em um gasto energético de aproximadamente 1519 kcal (STOLEN *et al.*, 2005).

Em um jogo, a distribuição da distância total percorrida ocorre em diferentes zonas de velocidades. De acordo com BARROS *et al.* (2007), os jogadores brasileiros de futebol percorrem, em média, 5,526 km em velocidades entre 0 e 10 km/h; 1,600 km entre 11 e 13 km/h; 1,721 km entre 14 e 18 km/h; 0,691 km entre 19 e 22 km/h; e 0,437 km em velocidades acima de 23 km/h. Já RAMPININI *et al.* (2007b) pesquisaram o comportamento das ações de jogadores que disputavam um campeonato de elite europeu no qual utilizaram faixas de velocidades sugeridas pelos próprios autores. Eles identificaram distâncias totais também próximas a 10 km, distância em alta intensidade 2,456 km (entre 19,8 km/h e 25,2 km/h) e *sprint* 0,813 km (>25,2 km/h). Esses resultados mostram um predomínio da distância percorrida em baixas velocidades, caracterizando a prevalência da demanda aeróbia deste esporte. Apesar disso, muitas vezes, as ações preponderantemente anaeróbias podem definir o resultado de uma partida (AL-HAZZAA *et al.*, 2001; ABRANTES; MACAS; SAMPAIO, 2004), por exemplo, os *sprints* em linha reta são ações comuns antes da ocorrência dos gols em jogos oficiais (FAUDE; KOCH; MEYER, 2012).

Nos últimos anos, tem sido observado aumento da intensidade nos jogos, por exemplo, na *Premiere League* (BARNES *et al.*, 2014). A conversão rápida de energia química em mecânica é um fator importante na velocidade dos deslocamentos e em ações de curta duração e alta intensidade realizadas durante os jogos, como saltos, chutes, disputas com os adversários, acelerações e desacelerações (BANGSBO, 1994; STOLEN *et al.*, 2005). Sabe-se que são efetuadas cerca de 26 acelerações (>3 m.s^{-2}) e 43 desacelerações (<-3 m.s^{-2}) em uma partida de futebol (RUSSELL *et al.*,

2016). Por característica desse esporte, as desacelerações para um mesmo limiar de intensidade são mais frequentes do que as acelerações (HARPER; KIELY, 2018). As ações de alta intensidade podem ocorrer na forma de mudança de direção entre 1000 e 1500 vezes durante uma partida, em corridas de costas, em diagonal, laterais e em linha reta (BLOOMFIELD; POLMAN; O'DONOGHUE, 2007). Contudo, as métricas para caracterização das ações de alta intensidade ainda não são padronizadas pela literatura (SWEETING *et al.*, 2017). Por exemplo, existem diferentes sugestões de limiares para acelerações $1,11 \text{ m/s}^2$ (baixa), $2,78 \text{ m/s}^2$ (moderada), 4 m/s^2 (alta) (SWEETING *et al.*, 2017). Por outra via, a caracterização individual das faixas de velocidade e acelerações pode qualificar melhor os dados do que a forma fixa (TOMAZOLI *et al.*, 2020); no entanto, a classificação da intensidade do jogo de futebol tem sido realizada predominantemente de forma fixa.

1.2.2 Fatores contextuais inerentes à partida de futebol

O comportamento das ações executadas pelos jogadores de futebol pode variar em cada partida, dependendo da interação de vários fatores contextuais e do nível de condição física do jogador (BRADLEY; NOAKES, 2013; KALAPOTHARAKOS, 2020). Tais fatores contextuais podem ser caracterizados pelo nível do adversário a ser enfrentado (pior ou melhor posicionado na tabela) (LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011), período da temporada competitiva (início, meio ou fim) e influência do esforço realizado no primeiro sobre o segundo tempo da partida, entre outros fatores (RAMPININI *et al.*, 2007b; BOULLOSA *et al.*, 2020). No estudo de RAMPININI *et al.* (2007b), foi observado que jogadores de futebol que disputavam um campeonato de elite europeu percorreram menores distâncias totais e em alta intensidade quando enfrentavam os piores adversários ranqueados. No fim da temporada competitiva, as distâncias totais e em alta intensidade foram maiores que no período inicial, e, quando os jogadores executaram uma maior demanda de ações no primeiro tempo, ocorreu uma queda destas por meio dos indicadores de distância total, alta intensidade ($>19,8 \text{ km/h}$ e $<25,2 \text{ km/h}$) e *sprint* ($>25,2 \text{ km/h}$) no segundo tempo. Outro fator é a conquista da vantagem do placar durante o jogo, que pode resultar em menor distância percorrida em alta intensidade pelo time vencedor e consequente aumento da distância percorrida em baixa intensidade, caminhada e trote (DUPONT *et al.*, 2010; LAGO *et al.*, 2010).

Além disso, o comportamento das ações efetuadas pelo jogador de futebol é influenciado pela função tática exercida (RAMPININI *et al.*, 2007b; BUCHHEIT *et al.*, 2010) e o local da partida (jogo em casa ou fora) (LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011). Por exemplo, os meio-campistas percorrem maior distância total que os laterais, atacantes e zagueiros; já para a distância em alta intensidade, os meio-campistas e os laterais percorrem distâncias similares, que são maiores que as dos atacantes e zagueiros, como descrito na Tabela 1 (RAMPININI *et al.*, 2007b). No caso dos jogos realizados em casa, pode haver maiores distâncias percorridas em baixas intensidades, como <14,1 km/h (LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011).

Tabela 1- Descrição da distância percorrida de acordo com as posições táticas - adaptado de RAMPININI *et al.* (2007b).

	Meio-Campistas	Laterais	Atacantes	Zagueiros
Distância total (km)	11,748	11,233	10,233	9,995
Alta intensidade (km)	3,051	2,892	2,259	1,885
Elevada intensidade (km)	0,904	0,997	0,778	0,605

1.2.3 Fadiga no futebol (calendário congestionado)

A fadiga pode ser entendida como um fenômeno de interação complexa entre os limites integrados de vários sistemas fisiológicos que tem como objetivo proteger o organismo de um estresse fisiológico provocado pelo exercício. Os mecanismos deste processo resultam na diminuição da intensidade do exercício, que pode ser modulada pela disponibilidade de oxigênio, nível de armazenamento de carboidrato, taxa de acúmulo de calor, concentração de íons H⁺, ritmo cardíaco, dentre outros fatores (RODRIGUES; SILAMI-GARCIA, 1998).

Considerando-se que a fadiga afeta o desempenho esportivo, BANISTER *et al.* (1975) sugeriram que o desempenho está relacionado à diferença entre o nível da condição física (ou estado de treinamento) e a fadiga do atleta; portanto, a condição física pode modular o desempenho. Neste sentido, algumas modalidades esportivas podem ser mais dependentes do desempenho físico máximo em uma determinada tarefa, pois, quanto maior o saldo entre a condição física e a fadiga de um atleta, maior será a chance de vitória - por exemplo, no atletismo, durante a prova de cem metros, no salto em distância, entre outras (BOULLOSA *et al.*, 2020). Contudo, diferentemente destas modalidades esportivas, o futebol é uma categoria de esporte coletivo em que o desempenho depende também de fatores técnicos e táticos que nem sempre

exigem o máximo da condição física dos atletas, e sim níveis ótimos de cada valência física para a modalidade (BOULLOSA *et al.*, 2020).

Os jogadores de futebol podem apresentar fadiga no segundo tempo da partida pelo fato de, geralmente, percorrerem uma menor distância total, distância em alta intensidade e *sprint* (MOHR; KRUSTRUP; BANGSBO, 2005; ASLAN *et al.*, 2012). Outro fato que evidencia a presença da fadiga decorrente de uma partida de futebol é a queda do desempenho em testes de *sprints* repetidos, realizados imediatamente após o fim do jogo (KRUSTRUP *et al.*, 2006). Entretanto, nem sempre este fenômeno ocorre; pode ser que o nível de intensidade e a quantidade de ações imposta no primeiro tempo influenciem a queda de ações no segundo tempo (RAMPININI *et al.*, 2007b). Outra circunstância que demonstra a ocorrência de fadiga temporária em jogadores de futebol é a diminuição da quantidade de ações imediatamente após o intervalo de 5 minutos mais intensos durante o jogo (MOHR; KRUSTRUP; BANGSBO, 2003).

Os mecanismos de fadiga relacionados à queda das ações observadas tanto durante o segundo tempo do jogo quanto nos momentos após pico de alta intensidade podem ser atribuídos a vários eventos fisiológicos, entre eles, a redução do glicogênio muscular e da creatina fosfato (KRUSTRUP *et al.*, 2006). Outros mecanismos também podem contribuir com a ocorrência da fadiga verificada durante uma partida, por exemplo, o aumento da temperatura interna, que resulta em perda hídrica e consequente perda da massa corporal (SAWKA; MONTAIN; LATZKA, 2001; EDWARDS; CLARK, 2006). Perdas de massa corporal maiores do que 2% têm sido consideradas prejudiciais ao desempenho esportivo (CASA *et al.*, 2000), pois a perda hídrica pode reduzir o desempenho físico e mental de jogadores de futebol (MCGREGOR *et al.*, 1999). Além disso, de acordo com KRUSTRUP *et al.* (2006), a redução da massa corporal é associada à queda de desempenho em testes de *sprints* repetidos após uma partida. Portanto, um dos mecanismos pelo qual a perda hídrica pode resultar na diminuição do desempenho é a redução do volume plasmático, que sobrecarrega o sistema cardiovascular para manter o mesmo débito cardíaco exigido pelo exercício, aumentando, assim, a frequência cardíaca (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2010).

Outro fenômeno que afeta a condição física de jogadores de futebol é o calendário congestionado (SAIDI; ZOUHAL, 2019), que é caracterizado por participações consecutivas de jogos em um intervalo de três a quatro dias (SAIDI; ZOUHAL, 2019).

Este intervalo, geralmente, é insuficiente para que ocorra uma recuperação completa entre as partidas (MOHR *et al.*, 2016); além disso, expõe o jogador a um maior risco de lesão (DUPONT *et al.*, 2010). Reduções da potência aeróbia e muscular têm sido observadas nesse tipo de calendário (SAIDI; ZOUHAL, 2019). Pode ser que, em decorrência disso, a exposição ao calendário congestionado tem comprometido as ações realizadas em alta intensidade, por exemplo, >19,1 km/h (LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011; MOHR *et al.*, 2016). Contudo, é importante considerar como limitação do estudo do perfil das ações dos jogadores em jogos congestionados a influência dos fatores contextuais, como jogos realizados em casa e fora e nível do adversário (LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011).

1.3 Monitoramento e controle do treinamento

Um dos objetivos do treinamento esportivo é elevar o estado de treinamento do atleta para que um maior desempenho seja alcançado com um menor risco de lesão. Durante este processo, ocorre um constante desequilíbrio da homeostase por meio da carga de treinamento prescrita, a qual é manipulada pelo volume, intensidade e tipo de exercício (SMITH, 2003). A carga de treinamento imposta ao atleta é chamada de carga externa; no futebol, geralmente é expressa por distância total percorrida, quantidade de ações em alta intensidade e duração. Por outro lado, a carga interna é a resposta fisiológica a uma determinada carga externa, sendo que esta resposta depende das características individuais do atleta, como idade, sexo, composição corporal, condição física, dentre outras (SMITH, 2003). Por isso, dois indivíduos com características diferentes podem ter respostas diferentes a uma mesma carga externa, e muitas destas respostas são avaliadas por variáveis derivadas da frequência cardíaca, percepção subjetiva do esforço e proteínas sanguíneas (SILVA, J. R. *et al.*, 2018).

O desequilíbrio entre as cargas externa e interna pode resultar em queda de desempenho e aumento do risco de lesão (SOLIGARD *et al.*, 2016). Isso pode ocorrer quando a carga externa supera a capacidade adaptativa do organismo, e, por esse motivo, a importância do monitoramento e controle da carga de treinamento tem sido alvo de vários estudos nos últimos anos (GABBETT, 2016; BOURDON *et al.*, 2017; MALONE, S. *et al.*, 2017; COLES, 2018). O objetivo de monitorar a carga de treinamento é reunir informações que auxiliem a comissão técnica a ter uma melhor tomada de decisão no processo de treinamento, para que possa ser feito o controle

da carga de treino e ajustá-la de acordo com o objetivo e a necessidade de cada atleta (BOURDON *et al.*, 2017). Durante o processo de treinamento esportivo, pode ser que ocorra uma queda de desempenho transitória e, com subsequente descanso adequado, uma melhora do desempenho (SOLIGARD *et al.*, 2016). Entretanto, caso o treinamento seja inadequado para uma determinada condição física, por um tempo prolongado, pode resultar em uma adaptação indesejada, culminando em uma prolongada queda de desempenho e lesão (SMITH, 2003). Por outro lado, o período competitivo é caracterizado por um elevado número de jogos; assim, a manutenção do estado ótimo da condição física do jogador tem sido o grande desafio (BOULLOSA *et al.*, 2020).

No futebol, ao longo de temporada competitiva, é comum que o jogador seja submetido a diferentes cargas externas (RAMPININI *et al.*, 2007b) e internas (ALVES *et al.*, 2015; LOMBARDI *et al.*, 2017). Há muitas variáveis que podem refletir as oscilações dos dois tipos de carga (BOURDON *et al.*, 2017); entretanto, ainda não se pode dizer que existe uma variável que é considerada padrão ouro para controlar a carga de treinamento (BOURDON *et al.*, 2017). Sendo assim, para que ocorra uma adequada gestão da carga de treinamento, a utilização de mais de uma variável é recomendada para controle da carga de treinamento, juntamente com a interpretação do contexto do indivíduo (BUCHHEIT, M. *et al.*, 2012; BOURDON *et al.*, 2017). Devido à existência de uma grande diversidade de variáveis utilizadas para controle da carga de treino, é importante o entendimento das suas limitações, aplicabilidade, confiabilidade, validade e custo financeiro (BOURDON *et al.*, 2017). A classificação de algumas variáveis está descrita na Tabela 2, adaptada de BOURDON *et al.* (2017).

Tabela 2- Classificação das variáveis de monitoramento da carga de treinamento adaptada de BOURDON *et al.* (2017), S=sim, N=não, B=baixo, M=médio, A=alto.

MÉTODO	Custo	Necessidade de Hardware	Necessidade de Software	Facilidade de uso	Validade	Confiabilidade	Usado para interpretação	Usado para prescrição	Variável
Medidas de carga interna									
PSE	B	N	S/N	A	M-A	M-A	S	S	Variável única em UA (tempo dependente)
TRIMP	B-M	S	S/N	M	M-A	M-A	S	N	Variável única em UA (tempo dependente)
Questionários psicológicos (POMS, REST-Q-SPORT)	B-M	N	S/N	M-A	M-A	M-A	S	S	Checklist, UA, avaliação
Frequência cardíaca	B-M	S	S/N	A	A	M-A	S	S	FC, tempo em zonas, variabilidade da FC
Captação de O ₂	A	S	S	B	A	A	S	S	VO ₂ , equivalente metabólico
Lactato sanguíneo	M	S	S/N	M	A	A	S	S	Concentração.
Avaliação bioquímica	M-A	S	S/N	B	A	M-A	S	S	Concentração e volume
Medidas de carga externa									
Tempo	B	S	S/N	A	A	A	S	S	Unidades de tempo (s, min, h)
Distância total	B	S/N	S/N	A	A	A	S	S	Unidades de distância (m, km)
Contagem de ações	B	S/N	S/N	M-A	A	M-A	S	S	Contagem (passos, saltos, arremessos)
Tipo de treino	B	S/N	N	A	A	A	S	S	Treino com pesos, corrida, natação etc.
Análise de vídeo automática	A	S	S	B	M-A	M	S	S	Velocidade, posicionamento e aceleração
Medidas do GPS	M	S	S	M	M-A	M	S	S	Velocidade, distância, aceleração

Diante desse contexto de elevado número de variáveis para monitorar a carga de treinamento, o entendimento do embasamento científico delas é essencial para que intervenções mais precisas no treinamento possam ocorrer. Nesse sentido, é importante que a comissão técnica saiba o que está monitorando; por que está monitorando; qual a frequência com que será realizado o monitoramento; e como estes dados serão interpretados e apresentados ao treinador, de modo a serem transformados em intervenções práticas (HALSON, 2014). Neste cenário, para que a construção de um banco de dados seja eficiente, é recomendado adotar um critério de escolha para compor as variáveis. Baseado na leitura dos artigos (BOURDON *et al.*, 2017; BURGESS, 2017; JASPERS *et al.*, 2017), este trabalho sugere algumas características pensadas como ideais para uma variável de controle de carga, sendo:

- a) Associação com o condicionamento físico - é esperado que uma variável de controle de carga diferencie indivíduos com alta e baixa capacidade de desempenho.
- b) Sensibilidade à fadiga - é almejado que o aumento da carga de treinamento cause fadiga ou redução do estado de treinamento e desempenho, sendo esta fadiga aguda e/ou crônica. Assim, alterações abruptas na carga de treinamento e longas exposições a cargas elevadas impactariam negativamente esta variável.
- c) Associação com a recuperação - é esperado que, após uma elevada carga e tempo de recuperação suficiente, esta variável apresente valores associados com outras que indiquem um estado de recuperação próximo ao pleno.
- d) Associação com a lesão - minimizar a ocorrência de lesão é um dos principais objetivos do controle da carga. Entretanto, a lesão é entendida como um fenômeno multifatorial (BITTENCOURT *et al.*, 2016); por isso, o uso de uma única variável é simples (insuficiente) para explicar a sua ocorrência. Apesar disso, o entendimento mínimo desta variável relacionada à lesão pode gerar um importante avanço.

1.3.1 Análise da razão das cargas aguda e crônica

Nos dias atuais, é bem esclarecido que um clube de futebol é altamente impactado de forma negativa pela lesão, tanto em seus recursos financeiros quanto no desempenho da equipe (HAGGLUND *et al.*, 2013; BOWEN *et al.*, 2019). Devido à alta intensidade dos jogos e ao calendário congestionado, os jogadores de futebol têm sido expostos a uma elevada carga de treinamento, o que, conseqüentemente,

favorece a ocorrência de lesões (DUPONT *et al.*, 2010). Dessa forma, tem sido comum a utilização da carga A:C no futebol no intuito de evitar ao máximo a incidência de lesão (BOWEN *et al.*, 2019). A análise da carga A:C pode ser entendida como um método simplificado do modelo original de BANISTER *et al.* (1975) (desempenho=condição física-fadiga), no qual se usa uma média móvel para comparar a carga de treinamento concluída em um recente período (usualmente, entre 5 e 10 dias) com a carga crônica completada durante um longo período (geralmente, entre 4 e 6 semanas) (BOURDON *et al.*, 2017). Portanto, de forma similar, a carga crônica seria a condição física, e a carga aguda, a fadiga (BOURDON *et al.*, 2017).

A faixa mais segura da carga A:C para minimizar o risco de lesão e progredir com o treinamento está entre 0,8 UA e 1,3 UA (GABBETT, 2016), sendo que uma carga de treino acima ou abaixo desta faixa poderia expor o atleta a um maior risco de lesão. Contudo, especificamente para o futebol, sugere-se que uma carga A:C acima de 1,25 UA representa risco elevado de lesão (MALONE, S. *et al.*, 2017). Assim, uma elevada carga crônica pode ter efeito protetor contra lesões, minimizando as mudanças abruptas (*spike*) da carga aguda. Recentes evidências apontaram que uma elevada carga A:C, combinada com uma baixa carga crônica e uma abrupta variação semanal desta, podem potencializar o risco de lesão (BOWEN *et al.*, 2019; ANDRADE *et al.*, 2020); portanto, uma carga crônica baixa é mais susceptível a essas mudanças. Por isso, jogadores de futebol com aumentos abruptos da carga aguda, vindos de um cenário de carga crônica baixa, possuem maior risco de lesão que aqueles provenientes de um cenário de carga alta (BOWEN *et al.*, 2019).

Existem métodos diferentes de cálculo da carga A:C (MURRAY *et al.*, 2017; WINDT; GABBETT, 2018). Basicamente, há o método de cálculo da razão A:C a partir de uma média móvel, que pode considerar (*couple*) ou não (*uncouple*) a inclusão da carga aguda como parte da média da carga crônica. Outras formas de cálculo podem variar de acordo com o número de dias em que são consideradas as cargas agudas e crônicas (GABBETT, 2016; BOWEN *et al.*, 2019). Recentemente, o estudo de MURRAY *et al.* (2017) apresentou o método que calcula a carga A:C utilizando a média móvel com peso exponencial, demonstrando que ele teve maior associação com risco de lesão, apesar do modelo de média móvel também ter apresentado associação. Contudo, apesar de alguns indícios de perfil de dinâmica da carga de

treinamento estarem associados à lesão, ainda nenhum perfil específico desta dinâmica prediz a lesão (LU *et al.*, 2017).

Com base no exposto, pode-se dizer que o controle da carga de treino é um processo complexo, que envolve interpretação da dinâmica da carga e também o entendimento das características individuais do atleta. Talvez, por isso, até então a predição da ocorrência de lesão não é clara, e muitos estudos ainda se propõem a investigar esse fenômeno no futebol (ALVES *et al.*, 2015; MALONE, S. *et al.*, 2017; BOWEN *et al.*, 2019).

1.3.2 Monitoramento da frequência cardíaca

A frequência cardíaca (FC) é amplamente empregada para controle e monitoramento da carga de treinamento em atletas de diferentes esportes (DRESSENDORFER; WADE; SCAFF, 1985; ANTONACCI *et al.*, 2007; WILKE, C. F. *et al.*, 2016; BERKELMANS *et al.*, 2018). Na literatura, há registros desde 1966 de que ela tem se apresentado sensível às adaptações ao treinamento aeróbio (ANDREW; GUZMAN; BECKLAKE, 1966). Assim, o treinamento adequado pode resultar em diminuição da FC de repouso (FC_{rep}) e FC durante o exercício submáximo, considerando-se uma mesma produção de potência após um período de treinamento (BUCHHEIT, MARTIN, 2014; LACOME *et al.*, 2018). Estas adaptações são moduladas por alterações do comportamento do sistema nervoso central, que resultam em aumento da predominância da atividade parassimpática em relação à simpática (BUCHHEIT, MARTIN, 2014); e alterações morfológicas do miocárdio caracterizadas pela ampliação de tamanho do ventrículo esquerdo, o que contribui para o aumento do volume de ejeção e alterações bioquímicas responsáveis pelo melhor aproveitamento do oxigênio disponível, resultando em ampliação da diferença arteriovenosa (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2010). Dessa forma, não só o aumento do estado de treinamento de um indivíduo pode ser monitorado pela FC, mas também a redução (BUCHHEIT, MARTIN, 2014). Duas possíveis causas podem culminar na redução do estado de treinamento: uma delas é a prescrição de uma baixa carga de treino, podendo resultar em destreinamento; e a outra é a aplicação de uma sobrecarga de treino, que pode levar à fadiga e à queda do desempenho (BOSQUET *et al.*, 2008). Uma das possíveis explicações para o aumento da FC, neste último caso, é o aumento adicional da ativação do sistema nervoso para manter a mesma produção de força anterior ao período de sobrecarga (BOSQUET *et al.*, 2008).

Inicialmente, a FC foi utilizada no esporte individual para monitorar atletas de corrida, na perspectiva de identificar alteração do estado de treinamento (DRESSENDORFER; WADE; SCAFF, 1985). Um dos primeiros estudos que verificaram a alteração da FC decorrente da carga de treinamento foi o de DRESSENDORFER; WADE; SCAFF (1985), que avaliou a FC_{rep} de corredores nas manhãs, ao despertar, durante uma prova de 500 km em 20 dias de competição. Ao longo deste período, foi identificado que a FC_{rep} , aumentou nos últimos dias de competição, sendo que esse fato foi atribuído à carga excessiva suportada pelos corredores, ocasionando fadiga.

Nos últimos anos, com maior acesso aos dispositivos que monitoram a FC, as entidades esportivas de esportes coletivos, como futebol (ANTONACCI *et al.*, 2007), futsal (WILKE, C. F. *et al.*, 2016) e basquete (BERKELMANS *et al.*, 2018), também passaram a utilizar a FC como ferramenta de monitoramento e controle de treinamento. Assim, para orientar a prescrição do treinamento, estes estudos descreveram o comportamento da FC durante a competição ou o treinamento, em que, muitas vezes, a FC é expressa como $\%FC_{max}$ (ANTONACCI *et al.*, 2007), $\%FC_{res}$ (IMPELLIZZERI *et al.*, 2005) e somatório das zonas da frequência cardíaca, nos quais está incluído o impulso de treinamento (TRIMP) de Edwards, Banister, entre outros (WILKE, C. F. *et al.*, 2016). Outro objetivo da utilização da FC tem sido avaliar o estado de treinamento dos atletas (DRESSENDORFER; WADE; SCAFF, 1985; BUCHHEIT, M. *et al.*, 2012). Nesse sentido, variáveis derivadas da frequência cardíaca têm sido empregadas; por exemplo, FC_{rep} , FC de recuperação, variabilidade da FC, aceleração da FC no momento inicial do exercício e FC do exercício submáximo (FC_{ex}) (BELLENGER *et al.*, 2016). Na revisão de literatura de BUCHHEIT, MARTIN (2014), a FC_{ex} foi considerada uma ferramenta adequada para monitorar mudanças do estado de treinamento de jogadores de futebol por ter apresentado uma correlação significativa com o aumento do desempenho aeróbio (BUCHHEIT, M. *et al.*, 2012).

A FC tem sido recomendada para caracterizar treinamentos em esportes individuais (SWAIN *et al.*, 1998) e esportes coletivos (SCHNEIDER *et al.*, 2018), assim como para o futebol (IMPELLIZZERI *et al.*, 2005). A sua utilização no futebol é amplamente difundida, e a forma mais recorrente em que a FC é apresentada é por meio do $\%FC_{max}$ (IMPELLIZZERI *et al.*, 2005; ANTONACCI *et al.*, 2007; ALEXANDRE *et al.*, 2012). Entretanto, apesar do $\%FC_{max}$ ser indicado para caracterizar treinos e jogos de futebol (ALEXANDRE *et al.*, 2012), considera-se a FC_{res} mais apropriada

neste caso (IMPELLIZZERI *et al.*, 2005; ANTONACCI *et al.*, 2007; ALEXANDRE *et al.*, 2012). A preferência pela FC_{res} em relação à FC_{max} deve-se ao comportamento equivalente da FC_{res} com $VO2_{max}$ de reserva (IMPELLIZZERI *et al.*, 2005). Pode ser que, pela logística de treinamentos, jogos e viagens no futebol dificultem a mensuração da FC_{rep} necessária para calcular a FC_{res} ; talvez, por isso, a FC_{res} seja pouco registrada no futebol.

Apesar das recomendações de utilização da FC como ferramenta para avaliar o estado de treinamento, como qualquer outra variável, ela apresenta limitações (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2010; BERKELMANS *et al.*, 2018). Estas podem ser subdivididas em fatores internos - estado de hidratação, variação natural dia a dia, estado nutricional e estado emocional; e fatores externos - temperatura, umidade e altitude (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2010; BERKELMANS *et al.*, 2018). Por isso, aconselha-se uma abordagem heurística ao interpretar a resposta de alguma variável derivada da FC sob determinada carga externa, em que sejam considerados o contexto do treinamento e as características individuais (SCHNEIDER *et al.*, 2018).

1.4 Avaliação da eficiência física

A avaliação do estado de treinamento e conseqüente nível de desempenho dos jogadores de futebol é importante para planejar e controlar a carga de treinamento (STOLEN *et al.*, 2005); entretanto, a realização destas avaliações é dificultada pelo denso calendário competitivo (CARLING *et al.*, 2015). Considerando-se, ainda, que os atletas podem não estar totalmente recuperados no intervalo entre os jogos (ANDERSSON *et al.*, 2008; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; FATOUROS *et al.*, 2010), poderia ser inadequada a realização de um teste físico formal nesse momento, principalmente se exigido um esforço máximo. Uma solução insuficiente, apresentada na literatura, para avaliar o desempenho físico dos jogadores de futebol foi a avaliação da carga externa por meio da quantidade de ações, distância total, distância percorrida em alta intensidade e *sprints* durante o próprio jogo (MOHR *et al.*, 2016). No entanto, pouco se pode inferir sobre o estado de treinamento dos jogadores, devido à existência de fatores contextuais que não são causados pela fadiga e que podem prejudicar este tipo de avaliação, por exemplo, orientações táticas, nível do adversário, dentre outros (BARROS *et al.*, 2007; RAMPININI *et al.*, 2007b). Dessa forma, o uso de um parâmetro que considere a resposta de uma determinada carga interna - diante de uma carga externa - poderia ser empregado como uma avaliação do estado de treinamento

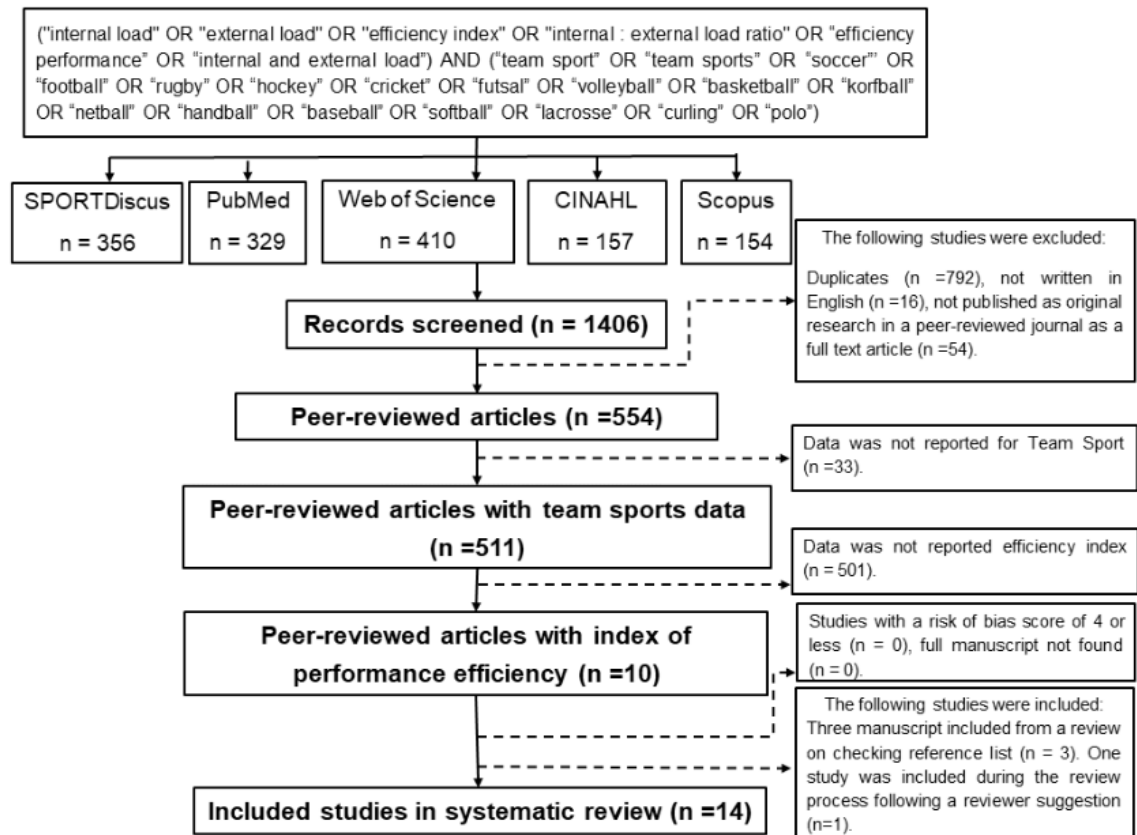
constante do jogador de futebol em atividade, pois reduziria o efeito dos fatores contextuais (BRADLEY; NOAKES, 2013; KALAPOTHARAKOS, 2020). Além disso, forneceria uma informação com mais qualidade do que somente a quantidade de ações executadas durante a partida (AKUBAT; BARRETT; ABT, 2014).

Inicialmente, a avaliação de cargas em partidas de futebol era apresentada sem a carga interna (BARROS *et al.*, 2007) ou sem a carga externa (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008), e, quando ambas eram expostas, nenhum IEF era calculado (HELGERUD *et al.*, 2001; KRUSTRUP *et al.*, 2005). Com o avanço tecnológico e o acesso cada vez maior dos clubes de futebol à tecnologia do *global positioning system* (GPS), sistema de câmeras e aos monitores de frequência cardíaca, mais estudos envolvendo estes sistemas surgiram no futebol, futsal e futebol de areia (BARBERO-ALVAREZ, J. C. *et al.*, 2008; HILL-HAAS *et al.*, 2008; CASTELLANO; CASAMICHANA, 2010), sem, contudo, apresentar o cálculo de um índice de eficiência física (IEF) da razão entre as cargas interna e externa destas atividades.

2.4.1 Estado da arte do IEF em esportes coletivos

Antes do surgimento dos primeiros estudos sobre o IEF com atletas de esportes coletivos, a literatura já relatava que amostras da mesma população de atletas, com diferentes níveis competitivos, poderiam apresentar o mesmo $\%FC_{max}$, mas diferentes cargas externas em competição (ALEXANDRE *et al.*, 2012). De acordo com a revisão sistemática realizada no decorrer deste trabalho (LIMA-ALVES *et al.*, 2022), foram encontrados 14 estudos que avaliaram a razão de alguma variável de carga externa com interna em atletas de esportes coletivos (ver Figura 1) até a data de março de 2021. Estes estudos, no total, incluíram 349 participantes masculinos, com idade média de 23 anos. Em relação à amostra, 59% foram compostos por jogadores de futebol; 20% por jogadores de rúgbi; futebol australiano, 10%; *hurling*, 7%; e basquete, 4%. A maior parte dos estudos foi realizada com esportes coletivos de grama, e apenas um com esporte de quadra. Nenhum estudo foi encontrado com mulheres, sendo que diferentes níveis competitivos foram investigados (amador, sub-elite e elite).

Figura 1- PRISMA, critérios de inclusão de artigos na revisão sistemática



Fonte: LIMA-ALVES, 2022

Para facilitar o entendimento, o uso da DT e metros.min⁻¹ foi considerado igual nesta revisão, e qualquer método que utilizou uma faixa de velocidade acima de 13 km/h foi considerado como distância percorrida em alta intensidade. O IEF tem sido calculado empregando-se diferentes parâmetros de carga externa (DT, acelerações, *player load*, entre outros), e a carga interna, calculada com base em parâmetros derivados da FC e PSE. Também o IEF tem sido apresentado principalmente como razão das cargas externa e interna (TAYLOR *et al.*, 2020); contudo, alguns estudos o apresentaram de forma oposta (AKUBAT; BARRETT; ABT, 2014; FOX; STANTON; SCANLAN, 2018). O método mais comum para se calcular o IEF foi a DT dividida por alguma variável derivada da FC (LIMA-ALVES *et al.*, 2022). Porém, artigos recentes têm utilizado alguma variável de aceleração como carga externa (GRÜNBICHLER; FEDEROLF, 2020; REINHARDT *et al.*, 2020). REINHARDT *et al.* (2020) relataram que o uso da aceleração no cálculo do IEF reduz a influência das distâncias percorridas em baixas intensidades; portanto, seria melhor a utilização da equação

TDxACE/%FC_{max} do que TD/%FC_{max}. Outros importantes resultados identificados foram a associação do IEF com o condicionamento físico, principalmente com parâmetros aeróbios submáximos (ex: limiar anaeróbio) (AKUBAT; BARRETT, 2018; TAYLOR *et al.*, 2020), e a alteração da confiabilidade intra-sujeito do IEF, de acordo com o protocolo de exercício empregado. Por exemplo, o uso do exercício baseado em corrida contínua de vai e vem apresentou maior CV do que jogos em campo reduzido ou treinamento intervalado de *sprint* (TAYLOR *et al.*, 2020). Os detalhes dos estudos encontrados na revisão sistemática estão disponíveis no artigo de revisão sistemática publicado por LIMA-ALVES *et al.* (2022) na revista *Biology of Sport* (acesso no link: <https://www.termedia.pl/The-relationship-between-internal-and-external-loads-as-a-tool-to-monitor-physical-fitness-status-of-team-sport-athletes-a-systematic-review,78,44420,0,1.html>).

Os primeiros estudos que abordaram este tema foram efetuados com árbitros de futebol (BARBERO-ALVAREZ, J. *et al.*, 2012) e de rúgbi (SUAREZ-ARRONES *et al.*, 2013), portanto, não foram inclusos na revisão sistemática. Esse primeiro estudo concluiu que a queda do IEF no segundo tempo da partida pode ter acontecido devido à fadiga do jogo (MOHR; KRUSTRUP; BANGSBO, 2005); tais resultados, posteriormente, foram apresentados com jogadores de futebol (TORRENO *et al.*, 2016) e rúgbi (KEMPTON; SIROTIC; COUTTS, 2015). Nesse sentido, SUAREZ-ARRONES *et al.* (2013) avaliaram árbitros de rúgbi de sete em três jogos que ocorreram no mesmo dia, identificando que, no último jogo, houve redução da velocidade média (m/min) e da média %FC_{max}, culminando na diminuição do IEF. AKUBAT; BARRETT; ABT (2014) conduziram o primeiro estudo com o IEF nos esportes coletivos - no caso, o futebol - utilizando como amostra jogadores amadores durante uma atividade que simulava uma partida de futebol, encontrando uma correlação positiva e significativa entre o limiar anaeróbio e o IEF. Já com o treinamento a médio prazo, DELANEY *et al.* (2018) verificaram que o IEF pode aumentar com o treinamento físico durante uma pré-temporada de 50 dias em jogadores de rúgbi. Também BUCHHEIT, M.; CHOLLEY; LAMBERT (2016) detectaram melhora desse índice em 8 dias de treinamento, juntamente com a aclimação ao calor (BUCHHEIT, M.; CHOLLEY; LAMBERT, 2016).

Outra forma de se apresentar o IEF foi por meio da razão entre a velocidade média (m.min⁻¹) e a sPSE (BUCHHEIT, M.; CHOLLEY; LAMBERT, 2016), sendo que tal medida foi impactada negativamente por uma percepção de bem-estar

desfavorável pré-treinamento (GALLO *et al.*, 2016). Por último, o estudo de (GRÜNBICHLER; FEDEROLF, 2020) foi o primeiro a analisar o efeito da carga de treino antes da competição sob o IEF. Nesse estudo, o IEF foi impactado negativamente pela elevada duração dos treinamentos um dia antes das partidas de futebol.

De acordo com a busca de artigos apresentada, a investigação de uma razão para avaliar a relação entre cargas interna e externa tem sido alvo de alguns estudos desta última década nos esportes coletivos, sendo que, em 2020, o interesse por este assunto ainda permanece (REINHARDT *et al.*, 2020; TAYLOR *et al.*, 2020). Além disso, um artigo de opinião considerou o IEF uma importante ferramenta para avaliar atletas de esporte coletivo, e que estes deveriam apresentar um estado ótimo desta e de outras variáveis para serem considerados robustos (BOULLOSA *et al.*, 2020). Acredita-se que o interesse pela investigação desta ferramenta tem sido impulsionado pela praticidade da avaliação do IEF durante treinamentos e competições, descartando, assim, a necessidade de realização de um teste físico formal.

A literatura mostra indícios de que o IEF pode ser sensível à alteração da condição física e ser associado com o nível de condicionamento físico. Contudo, evidências científicas sobre a aplicabilidade deste parâmetro num contexto de gestão da carga de treinamento no futebol de alto nível ainda carecem de mais investigações. Dentre estas possibilidades, estão inclusas mais pesquisas com jogadores de elite; associação do desempenho físico em testes específicos de campo com este índice; e mais investigações com maior tempo de coleta, por exemplo, associação do IEF e algumas variáveis de recuperação em uma temporada competitiva. Ressalta-se que, no contexto do calendário congestionado do futebol, nenhuma pesquisa foi realizada, assim como não se efetuou a associação do IEF com lesões musculares.

1.5 Variáveis subjetivas

As variáveis subjetivas são amplamente utilizadas para orientar o controle da carga de treinamento, sendo, muitas vezes, compostas pela PSE e avaliação do estado físico e da dor muscular tardia (FOSTER, 1998; BOURDON *et al.*, 2017). Assim, a PSE é uma medida de carga interna que pode refletir a intensidade de trabalho de vários sistemas fisiológicos: sistema musculoesquelético, cardiovascular, entre outros (RODRIGUES; SILAMI-GARCIA, 1998). Para avaliar a carga de treinamento, FOSTER (1998) propôs um método utilizando a PSE coletada após uma

sessão de treino (sPSE) no qual são multiplicados os minutos treinados por uma escala de PSE. É comum a utilização desta variável no futebol (IMPELLIZZERI *et al.*, 2004), a qual, ao avaliar a carga de treinamento ou jogo, mantém relação com outras variáveis objetivas, como o TRIMP (WILKE *et al.*, 2016; NAIDU *et al.*, 2019).

Outros tipos de escalas são empregados para avaliar a fadiga de jogadores de futebol, como a avaliação do estado físico e da dor muscular antes do início da sessão de treino (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; MORANDI *et al.*, 2020). Normalmente, a alteração do estado físico pode estar relacionada a um aumento da carga de treinamento (MORANDI *et al.*, 2020), e a dor muscular, à magnitude do dano muscular (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; FATOUROS *et al.*, 2010). Esses tipos de variáveis possuem custo financeiro muito baixo e fácil aplicabilidade.

2.6 Creatina quinase

As ações musculares excêntricas, características de uma partida de futebol, como saltos e frenagens (STOLEN *et al.*, 2005), favorecem a ocorrência de microlesões ou danos ao músculo esquelético (RUSSELL *et al.*, 2016), que, dependendo da intensidade e duração da atividade, aumentam a permeabilidade da membrana plasmática, culminando em extravasamento de enzimas citoplasmáticas para a corrente sanguínea (BRANCACCIO *et al.*, 2008). Dentre estas, a creatina quinase (CK) tem sido descrita, dentre outros marcadores, como um bom marcador de dano muscular (BRANCACCIO *et al.*, 2008).

A resposta da concentração sanguínea de [CK] ao exercício possui alta variabilidade individual (BRANCACCIO *et al.*, 2008); por isso, tem sido recomendada a análise individual desta enzima (ALVES *et al.*, 2015). A literatura tem fornecido muitas informações quanto à resposta da [CK] à carga de treinamento no futebol (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; ALVES *et al.*, 2015). Dessa forma, alguns estudos têm demonstrado que a [CK] aumenta logo após uma partida de futebol e atinge seu pico após 48h (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; FATOUROS *et al.*, 2010) ou 24h (MORANDI *et al.*, 2011), retornando aos seus valores basais depois de 96h (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; FATOUROS *et al.*, 2010). Além disso, a redução do desempenho em testes neuromusculares e a dor muscular, após uma partida de futebol, têm sido associadas ao aumento da [CK] (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; FATOUROS *et al.*, 2010).

Alguns estudos têm investigado a resposta da [CK] em diferentes protocolos de exercícios e esportes (TOTSUKA *et al.*, 2002; MOUGIOS, 2007), inclusive durante períodos competitivos no futebol (LAZARIM *et al.*, 2009; ALVES *et al.*, 2015). Algumas investigações não relataram alterações (ZOPPI *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2008), enquanto outros mostraram diminuição da [CK] ao longo de uma competição (LAZARIM *et al.*, 2009; ALVES *et al.*, 2015). Assim, a redução da [CK], como resposta ao mesmo esforço realizado em dias consecutivos, pode indicar uma adaptação muscular (MCHUGH, 2003). Nesse sentido, OWEN, A. *et al.* (2015) verificaram que jogadores de futebol com maior nível de força muscular de membro inferior apresentaram menores [CK] em avaliação 48h após uma partida de futebol. Dessa forma, jogadores de futebol com maior estado de treinamento podem evidenciar menor resposta da [CK] após partidas oficiais de futebol.

3 MÉTODOS

3.1 Cuidados éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (protocolo: 77228417.0.0000.5149) e respeita todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (Res 466/2012). Os voluntários receberam esclarecimentos sobre os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

3.2 Sujeitos

Participaram do presente estudo 26 jogadores de futebol pertencentes a um clube de elite do campeonato brasileiro. A coleta de dados ocorreu com 20 sujeitos durante o campeonato nacional do ano de 2018 e com outros 6 durante o campeonato regional de 2019, sendo que 4 sujeitos participaram das duas temporadas. Na Tabela 3, estão expressos os dados antropométricos (JACKSON; POLLOCK, 1978) e a idade dos atletas avaliados no início da temporada. Para participar do estudo, todos os jogadores foram considerados aptos pelo Departamento Médico do Clube e participaram de pelo menos um jogo completo na temporada. Consideraram-se apenas parâmetros avaliados em jogos completos.

Tabela 3- Dados antropométricos e idade.

	%Gordura	Massa corporal total (kg)	Massa livre de gordura (kg)	Estatura (cm)	Idade (anos)
Média	10,1	77,6	69,4	176	29,6
Desvio Padrão	3,6	10,3	7,3	6,1	4,1

3.3 Design

O presente estudo foi do tipo longitudinal prospectivo. Inicialmente, os atletas se apresentaram após um período de férias para realizar exames médicos, avaliações físicas e os treinamentos iniciais (pré-temporada). Após esta etapa, começou o período competitivo, no qual foram monitoradas as cargas interna e externa durante os treinamentos e jogos oficiais dos Campeonatos Brasileiro e Estadual dos anos de 2018 e 2019, respectivamente, por meio de um GPS de 10-Hz acoplado a um monitor de frequência cardíaca modelo Polar team Pro® (Polar Electro Oy, Kempele, Finland). Dessa forma, foi possível calcular a razão das cargas aguda e crônica (GABBETT, 2016) e o IEF (TORRENO *et al.*, 2016) (descrito no item procedimentos). Após todas as partidas, entre 34 e 46h, foram mensuradas variáveis de recuperação, divididas em sanguíneas e subjetivas, e também foram registradas a temperatura e a umidade do ar de todos os jogos, por meio de um higrômetro digital (AK630^(R)). Assim, de acordo com os objetivos do estudo, os métodos foram divididos em seis delineamentos, conforme será detalhado na sequência.

Delineamento 1 – Descrição do IEF, carga de treinamento (A:C) e variação semanal durante as temporadas competitivas.

Inicialmente, neste estudo, foi avaliada a carga dos treinos e jogos nas duas temporadas para os parâmetros DT; faixas de velocidade, de acordo com RAMPININI *et al.* (2007b) >7,2-14,4; 14,4-19,8; >19,8; TRIMP, de Edwards (1993) *apud* (BORRESEN; LAMBERT, 2009), acelerações >2,8m/s² (ACE) e desacelerações >-2m/s² (DES) (SWEETING *et al.*, 2017). Em seguida, estes parâmetros foram descritos como carga de treinamento *couple* e *uncouple* (GABBETT, 2016). Para o cálculo do IEF, foram selecionadas como carga externa as faixas de velocidade descritas por RAMPININI *et al.* (2007b), e como carga interna, o %FC_{max} e %FC_{res}, divididas em 1°

tempo, 2º tempo e jogo completo. Durante as partidas de futebol, o IEF foi descrito e comparado em intervalos a cada 15 e 45 minutos.

Posteriormente, efetuaram-se correlações entre a carga A:C *couple* e *uncouple*, bem como entre os diferentes tipos de cálculos do IEF para identificar as variáveis que mais se assemelharam. Assim, foram descartados do estudo alguns parâmetros com correlação superior a 0,80 e utilizados apenas os da carga A:C e IEF que passaram por este filtro. Também foi descrita a variação percentual da carga semanal dentre os parâmetros selecionados no presente estudo, analisando-se a caracterização do perfil de ações mecânicas realizadas nos jogos (DT, DAI, ACE e DES) associado com nível médio do IEF coletado nos jogos de cada atleta, por meio de correlação.

Delineamento 2 – Associação entre o desempenho nos testes de Yo-Yo e IEF.

Este delineamento consistiu em uma análise de correlação entre o desempenho nos testes de Yo-Yo e o IEF. Portanto, para participarem deste estudo, os jogadores de futebol precisariam ter realizado a avaliação do Yo-Yo *test* no início da temporada de 2018 ou 2019 e ter pelo menos um jogo completo avaliado durante a temporada. Assim, 12 atletas cumpriram este critério na temporada de 2018 e realizaram o YYETL2, e 8 atletas na temporada de 2019, que realizaram o YYIRTL1. Apenas dois jogadores que participaram do estudo efetuaram os dois testes nas duas temporadas. Devido a mudanças no protocolo determinadas pela comissão técnica, houve a troca do YYETL2 pelo YYIRTL1 no ano de 2019. Os parâmetros das cargas externa e interna utilizados para calcular o IEF foram $m \cdot \min^{-1}$, faixas de velocidade (descritas no delineamento 1), dados do %FC_{max} e %FC_{res} durante a partida, divididos também em 1º tempo, 2º tempo e jogo completo (descritos no delineamento 1).

Delineamento 3 - Avaliação do efeito da carga de treinamento relativa no IEF.

Esta avaliação fundamentou-se em uma análise da correlação da carga de treinamento A:C e da variação semanal até um dia antes da partida com o IEF (parâmetros descritos no delineamento 1). Neste delineamento, também foram separados os indivíduos que apresentaram a carga de treino em 28 dias acima ou abaixo da média do grupo, analisando-se, assim, as mesmas correlações.

Delineamento 4- Avaliação do desempenho das ações mecânicas durante jogos congestionados e sua relação com o IEF.

Neste estudo, foram avaliadas as variáveis mecânicas mensuradas pelo GPS (delineamento 1) durante sequências de jogos congestionados. Assim, estes foram caracterizados com um intervalo de 3 a 4 dias entre cada jogo (JULIAN; PAGE; HARPER, 2020). Para avaliar o desempenho das ações mecânicas, era subtraído o dado de uma determinada variável do 2º jogo pelo 1º, ou, quando possível, o 3º pelo 2º, e assim por diante. Este dado foi expresso de forma percentual (Equação 1). Dessa maneira, avaliou-se a correlação entre o IEF do 2º jogo e o delta das variáveis mecânicas, com o intuito de identificar se os maiores IEFs teriam menores quedas de desempenho em semanas congestionadas.

$$\text{Equação 1- Delta entre jogos congestionados} = \frac{2^{\circ} \text{ jogo DAI (m)} - 1^{\circ} \text{ jogo DAI (m)}}{2^{\circ} \text{ jogo DAI (m)}} \times 100$$

Delineamento 5- Associação entre o IEF e a recuperação após partidas de futebol.

Nesta pesquisa, foi avaliada a associação entre o IEF e as avaliações das escalas subjetivas e do dano muscular, mensurado entre 34 e 46h após partidas oficiais de futebol. Dessa forma, o IEF registrado em cada jogo completo era correlacionado com a escala de estado físico e a percepção de dor muscular, bem como a avaliação da CK.

Delineamento 6- Descrição da relação das lesões com o IEF.

Neste estudo, os jogadores foram divididos em grupos de alto e baixo IEF, considerando-se a mediana do IEF do grupo. A partir disso, a incidência de lesão de cada grupo foi descrita separadamente, utilizando-se a relativização de incidência de lesão por 1000h de exposição a jogos (CRISTIANO NETTO *et al.*, 2019).

3.4 Procedimentos

3.4.1 Yoyo Intermittent Recovery 1

O teste foi realizado a partir de corridas de ida e volta (20 metros) com incremento de velocidade de deslocamento controlado por sinal sonoro. As marcações das distâncias foram efetuadas com cones sinalizando duas linhas: uma com distância de 20 metros, e outra, de 5 metros. O indivíduo iniciou o teste atrás da linha do meio e começou a correr 20 m quando instruído pelo sinal sonoro, girando e retornando ao ponto de partida quando sinalizado pelo sinal sonoro gravado. Havia

um período de recuperação ativa de 10 segundos a cada ida e volta, durante o qual o atleta caminhou ou correu ao redor do outro cone até retornar ao ponto de partida. A interrupção do teste aconteceu quando o indivíduo não conseguiu completar o trajeto no tempo determinado por duas vezes consecutivas, ou quando ele, voluntariamente, solicitou (BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP, 2008).

3.4.2 Yoyo Endurance level 2

O teste foi efetuado a partir de corridas de ida e volta (20 metros) com incremento de velocidade de deslocamento controlado por sinal sonoro. As marcações das distâncias foram realizadas com cones sinalizando duas linhas em uma pista de 20 metros. O indivíduo iniciou o teste atrás da linha do meio e começou a correr 20 metros quando instruído pelo sinal sonoro, girando e retornando ao ponto de partida quando sinalizado pelo sinal sonoro gravado. As idas e voltas aconteceram de forma contínua, e a interrupção do teste ocorreu quando o atleta não conseguiu completar o trajeto no tempo determinado por duas vezes consecutivas, ou quando ele, voluntariamente, solicitou (CASTAGNA *et al.*, 2006).

3.4.3 Avaliação da frequência cardíaca

As variáveis derivadas da FC foram avaliadas pelo *global position system* (GPS) com cardiofrequencímetro acoplado, modelo Polar Team Pro[®]. Dessa forma, avaliou-se a FC do exercício durante todos os treinos e jogos, sendo que os GPS foram entregues antes destas atividades e recolhidos logo após, e cada atleta usou o mesmo dispositivo ao longo da temporada, para evitar algum tipo de variação entre aparelhos. A FC_{max} foi identificada como a maior FC obtida no teste de YYETL2, YYIRTL1, treino ou jogo de cada jogador, sendo que os ajustes da FC_{max} ocorreram ao longo da temporada. Posteriormente, a FC_{max} foi empregada para relativizar a FC_{ex} ($\%FC_{max}$) (ANTONACCI *et al.*, 2007), além da FC_{max} , que foi utilizada para calcular o impulso de treinamento (TRIMP) de acordo com as zonas de treinamento fixadas a partir da FC_{max} , 50-59, 60-69, 70-79, 80-89, 90-100%, descritas por Edwards (1993) *apud* (BORRESEN; LAMBERT, 2009). Ao longo da temporada, avaliou-se a frequência cardíaca de repouso (FC_{rep}), no turno da manhã, em pelo menos cinco dias diferentes. Durante esta avaliação, os jogadores permaneceram na posição de decúbito dorsal por 5 minutos em local silencioso e escuro (BERKOFF *et al.*, 2007).

Dessa forma, o menor valor registrado nessas avaliações foi identificado como FC_{rep} , o qual também foi utilizado no cálculo da frequência cardíaca de reserva (FC_{res}) (Equação 2) (IMPELLIZZERI *et al.*, 2005).

$$\text{Equação 2- } FC_{res} = \frac{FC_{ex} - FC_{rep}}{FC_{max} - FC_{rep}} \times 100$$

3.4.4 Variáveis mecânicas

Os mesmos GPS foram utilizados para avaliação da carga externa a partir das variáveis mecânicas. Para o presente estudo, foram selecionadas as seguintes variáveis: DT - distância total percorrida durante uma partida; DAI - distância percorrida em velocidades acima de 19,8 km/h RAMPININI *et al.* (2007b); metros.min⁻¹ - quantidade média de metros percorrida em cada minuto durante uma partida; ACE - quantidade de vezes que há aumento da velocidade acima de 2,8m/s²; DES - quantidade de vezes que ocorre redução da velocidade maior do que -2m/s² (SWEETING *et al.*, 2017). Ressalta-se que ambas, ACE e DES, podem ir de moderada a alta intensidade (HADER *et al.*, 2019). Exceto pelo dado de metros.min⁻¹, que foi coletado com o objetivo de mensurar o IEF, os demais fizeram parte do registro da carga de treinamento, do cálculo da razão da carga A:C e da variação percentual da carga de treinamento.

3.4.5 Avaliação da carga A:C e score Z da carga indivíduo-grupo

A partir das variáveis monitoradas pelo GPS e pela sPSE, foram calculadas a razão A:C e também a variação semanal desta carga (MALONE, S. *et al.*, 2017), adotando-se, para isso, o método *couple, uncouple* (WINDT; GABBETT, 2018). Nesse sentido, foi realizada uma análise de correlação entre esses dois métodos para verificar se apresentavam alta semelhança ($r > 0,80$). Portanto, como será descrito nos resultados, optou-se apenas pela utilização do método *couple*, o qual é descrito como: carga aguda = somatório das cargas dos últimos 7 dias dividido pela carga crônica = Média do somatório das cargas dos últimos 28 dias, incluindo a carga aguda. Já o método *uncouple* não inclui a carga aguda na média da carga crônica. Exemplo: somatório da carga da distância total percorrida na semana aguda, 30.0000 m, e a média dos últimos 28 dias, carga crônica = 25.0000, resultando em carga aguda=30.000/carga crônica= 25.000= 1,20. Para a análise da correlação entre a

carga A:C e os IEFs, foi verificado o valor da carga A:C até um dia antes da partida (conforme Equações 3 e 4).

$$\text{Equação 3- Carga A:C (couple)} = \frac{\text{Últimos 7 dias}}{\text{Média das semanas } 1^{\circ}, 2^{\circ}, 3^{\circ} \text{ e } 4^{\circ}}$$

$$\text{Equação 4 – Carga A:C (Uncouple)} = \frac{\text{Últimos 7 dias}}{\text{Média das semanas } 2^{\circ}, 3^{\circ} \text{ e } 4^{\circ}}$$

Para filtrar as análises de correlação entre a carga A:C e o IEF, empregou-se a classificação em score Z de acordo com a variação deste score da carga de treino em 28 dias (carga crônica) entre o indivíduo e a média do grupo para todas as variáveis selecionadas, desconsiderando-se atletas com a carga 0 (BOWEN *et al.*, 2019). Assim, os jogadores foram divididos, em cada parâmetro da carga, em score Z negativo e positivo, em cada momento de análise das correlações entre a carga e o IEF do jogo. A classificação da magnitude da carga indivíduo-grupo baseada no score Z é apresentada pela Equação 5.

$$\text{Equação 5- ScoreZ} = \frac{(\text{Carga Individual em 28 dias} - \text{Carga média do grupo em 28 dias})}{\text{Desvio Padrão da carga do grupo}}$$

3.4.6 Variação da carga semanal

Para as variáveis selecionadas, efetuou-se o cálculo da variação semanal desta carga até um dia antes da partida para ser correlacionado com o IEF do jogo. Por exemplo:

Equação 6- Variação semanal da carga

$$\frac{(25 \text{ km percorridos na semana 1} - 30 \text{ km percorridos na semana 2})}{25 \text{ km percorridos na semana 1}} \times 100 = 20 \%$$

3.4.7 Índice de eficiência física

O IEF foi avaliado pelo GPS descrito anteriormente nas partidas oficiais de futebol ao longo da temporada, dividido em 1º, 2º tempo e jogo completo. Considerando-se a carga interna, o IEF foi calculado com base na FC_{\max} ($IEF_{f_{\max}}$) (Equação 7) e FC_{res} ($IEF_{f_{\text{res}}}$) (Equação 8), e, para a carga externa, foi aferido utilizando-se, além de $\text{metros} \cdot \text{min}^{-1}$; a distância percorrida entre 7,2-14,4 km/h; 14,4-19,8 km/h; e >19,8 km/h.

$$\text{Equação 7- } IEF_{f_{cmax}} = \frac{\text{metros} \times \text{min}^{-1}}{\%FC_{max}}$$

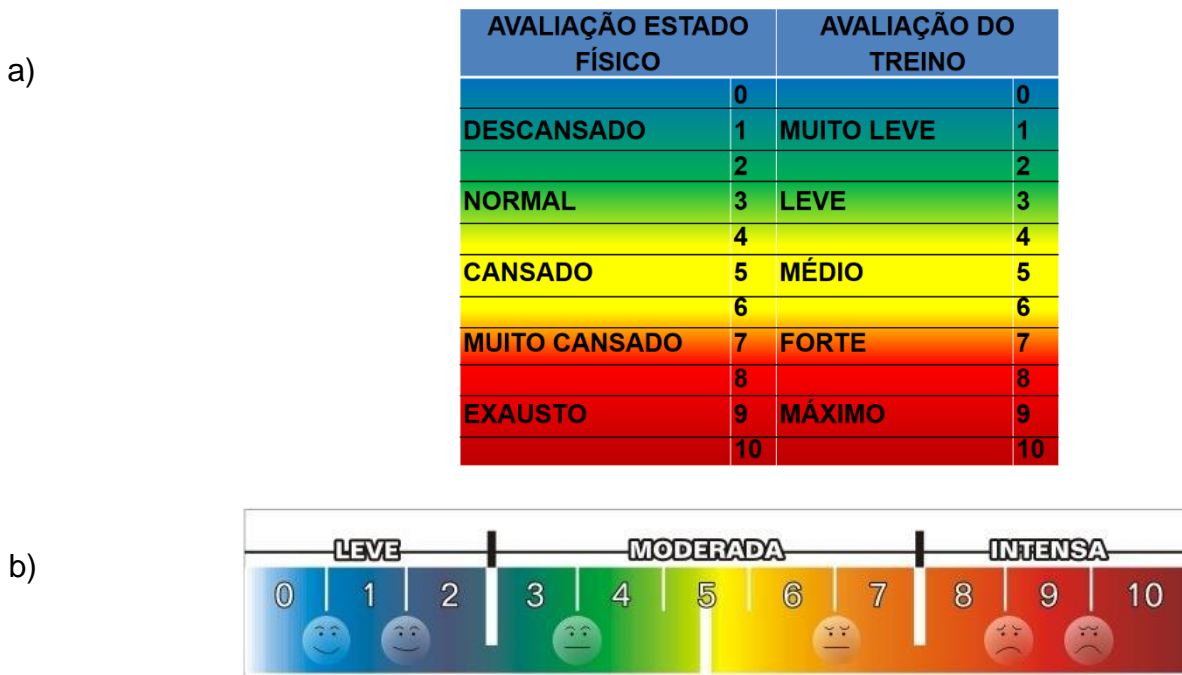
$$\text{Equação 8- } IEF_{f_{cres}} = \frac{\text{metros} \times \text{min}^{-1}}{\%FC_{res}}$$

3.4.8 Escalas subjetivas

Dentre as variáveis de escalas subjetivas, foram utilizadas as propostas por MORANDI, R. F. *et al.* (2020): percepção subjetiva do esforço da sessão de treino (sPSE), coletada em média 10 minutos após os treinos e jogos, bem como a escala de estado físico (EF) colhida anteriormente aos treinos. Juntamente com estas escalas, coletou-se a percepção de dor muscular (PDM) antes de cada treino. Previamente, os atletas já estavam familiarizados com estas escalas, as quais eram parte da rotina de todos os treinos. A sPSE era recolhida com a pergunta “qual a intensidade percebida por você nesta sessão de treino?”. Em seguida, esse dado foi usado para ser multiplicado pelos minutos treinados (sPSE_{xmin}), para se chegar ao valor da carga de treino em unidades arbitrárias (UA) (FOSTER, 1998). Analisou-se o estado físico de cada atleta imediatamente antes de iniciar cada treino, perguntando-se a ele: “como você está se sentindo agora?”.

A PDM foi avaliada utilizando-se uma escala analógica visual exibida na Figura 2. Durante a avaliação pré-treino, indagou-se ao atleta o nível de dor correspondente a esta escala e o local da dor. Nesta escala, o valor 0 representa ausência total de dor, e a outra extremidade, o valor 10, a dor máxima suportável.

Figura 2- a) Escalas subjetivas de avaliação do estado físico, percepção subjetiva do esforço e b) Percepção de dor muscular

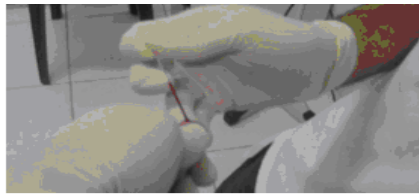


Fonte: MORANDI, 2020

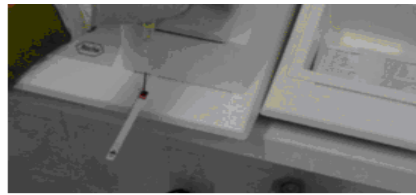
3.4.9 Análise da concentração sanguínea da creatina quinase

A [CK] sanguínea foi avaliada entre 34 e 46h após os jogos por fotometria de reflectância a 37°C por meio do Reflotron Plus®. Esse aparelho foi calibrado conforme as recomendações do manual. Depois da assepsia do dedo com álcool, uma amostra de sangue de 30 µl foi coletada por punção digital e, posteriormente, colocada em tiras reagentes específicas que foram inseridas no aparelho (procedimento descrito na Figura 3), sendo o resultado da avaliação da [CK] demonstrado após 3 minutos da inserção da tira com o sangue no aparelho (ALVES *et al.*, 2015). O registro de todas as [CK] foi realizado na forma absoluta, em UL, e também relativizado a partir da CK máxima individual encontrada na temporada (%CK_{max}) (ALVES *et al.*, 2015).

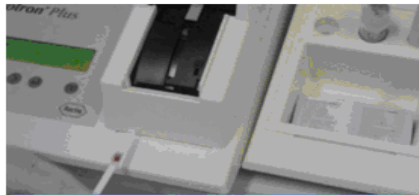
Figura 3 – Procedimento para análise da CK



Passo 1 – Furo no dedo com uma lanceta e coleta do sangue através de um capilar



Passo 2 – Inserção do sangue através de uma pipeta acoplada ao capilar



Passo - 3 Inserção da fita de análise da CK com o sangue no aparelho

Fonte: DO AUTOR

3.5 Análise da incidência de lesão associada ao IEF

A incidência de lesão foi calculada considerando-se a quantidade de jogos e lesões musculares sem contato, conforme descrito na Equação 9 (CRISTIANO NETTO *et al.*, 2019). A análise da incidência de lesão também foi retratada de acordo com o grupo de atletas de alto e baixo IEF. Para isso, determinou-se o valor médio do IEF por atleta durante a temporada, para que, por meio do cálculo da mediana do grupo, os jogadores fossem agrupados, segundo seus valores de IEF, em acima ou abaixo da mediana. Após este agrupamento, o registro das lesões foi expresso em incidência de lesão por 1000h respectivo a cada grupo de atletas.

$$\text{Equação 9- Incidência de lesão} = \frac{(n^{\circ} \text{ lesões} \times 1000)}{n^{\circ} \text{ jogos} \times n^{\circ} \text{ jogadores} \times 1,5h}$$

3.6 Análise estatística

Inicialmente, foi verificada a normalidade dos dados por meio do teste de *Kolmogorov-Smirnov* e, então, escolhida, em caso de normalidade, uma análise paramétrica. Como medida de tendência central dos dados, foram empregadas a média e a mediana; já para sua variação, desvio padrão, intervalo entre mínimo e máximo e coeficiente de variação.

É importante destacar que se utilizou o teste t de *student* pareado para comparar o 1º e o 2º tempos das partidas de futebol, e uma ANOVA one way, com medidas repetidas, para comparar os intervalos a cada 15 minutos das partidas.

Para as análises de associação, efetuaram-se regressões lineares e teste de correlação de *Pearson*, sendo que a magnitude das correlações foi interpretada de acordo com a classificação do coeficiente de correlação de HOPKINS (2000) muito pequena ($<0,10$), pequena ($0,10-0,29$), moderada ($0,30$ a $0,50$), alta ($0,50-0,70$), muito alta ($0,70-0,90$) e quase perfeita ($\geq 0,90$). Descreveram-se o coeficiente de correlação (r) e, em alguns casos, o coeficiente de determinação (r^2) e a equação da regressão. Estas análises foram executadas para avaliar a correlação entre os valores de desempenho nos testes físicos e IEF; entre as variáveis da carga (A:C e variação semanal) e IEF; entre os IEFs e os deltas das variáveis mecânicas durante as semanas congestionadas; entre os IEFs e as variáveis de recuperação; e entre as ações mecânicas avaliadas pelo GPS e o IEF. Para todos os testes de hipótese executados, adotou-se nível de significância $p < 0,05$.

4 RESULTADOS

Os 26 jogadores de futebol apresentaram uma mediana de participação de 9 jogos (1-29 vezes), contabilizando as duas temporadas competitivas. Estas partidas foram realizadas em uma temperatura e umidade relativa do ar média de $23,8^{\circ}\text{C} \pm 4,9$ ($\text{cv}=20,6\%$) e $60\% \pm 16$ ($\text{cv}=26,7\%$), respectivamente.

Inicialmente, efetuaram-se correlações entre os métodos *couple* e *uncouple* para as variáveis da carga treinamento e também entre os IEFs avaliados durante as partidas, no intuito de se excluir as variáveis que mais se assemelhavam. Dessa forma, as variáveis que apresentaram nível de correlação entre si $> r=0,80$ foram eliminadas, conforme exposto a seguir:

- a) Seleção do método de quantificação da carga A:C para as variáveis sPSE_{min}, DT, DAI, DES, ACE e TRIMP: foi selecionado o método *couple* por apresentar uma distribuição normal e também uma elevada associação com o método *uncouple*. Exemplo: DT *couple* e *uncouple* - valor da correlação: 0,83 e $p<0,05$.
- b) Seleção do IEF: as variáveis que apresentaram valores de correlação maiores que 0,80 foram excluídas, com exceção da variável IEF_{fcmax} do jogo completo, no qual este critério não foi adotado para fins de comparação com resultados de outros estudos. Assim, as variáveis elegidas foram: IEF_{fcres.1t}, IEF_{fcres.2t}, IEF_{fcmax.1t.7,2}, IEF_{fcmax.1t.14,4}, IEF_{fcmax.1t.19,8} e IEF_{fcmax}. Exemplo: correlação entre IEF_{fcres.2t} e IEF_{fcmax.2t}, $r= 0,97$ e $p<0,05$.

4.1 Resultados do delineamento 1 - Dados descritivos

Os dados das cargas interna e externa das partidas durante a temporada estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4- Descrição das cargas externa e interna durante as partidas na temporada. Distância total (DT), Distância percorrida em alta intensidade (DAI), aceleração (ACE), desaceleração (DES), % da frequência cardíaca máxima (%FC_{max}) e % da frequência cardíaca de reserva (%FC_{res}).

	DT (m)	DAI (m)	ACE (n°)	DES (n°)	%FC _{max}	%FC _{res}
MÉDIA	9667,3	492,4	27,9	100,0	84,6	77,6
DESVIO						
PADRÃO	992,5	230,9	10,6	25,1	4,8	4,9
CV	10,3	46,9	38,2	25,1	5,6	6,3

Descrição dos resultados da carga de treino

Nas Tabelas 5 e 6, estão expressos os dados da carga A:C e variação semanal, respectivamente. Já na Tabela 7, podem ser visualizados os dados do IEF dos jogos avaliados.

Tabela 5- Carga de treino A:C um dia antes do jogo, descrita como média, desvio padrão e amplitude de variação.

	DAI-COUPLE UA	DT-COUPLE UA	sPSExmin- COUPLE UA	ACE-COUPLE UA	DES-COUPLE UA	TRIMP- COUPLE UA
MÉDIA	0,98	1,00	0,92	0,97	0,98	0,99
DESVIO						
PADRÃO	0,37	0,23	0,23	0,28	0,25	0,24
AMPLITUDE	0,28 - 2,44	0,42 - 2,46	0,21 - 2,00	0,30 - 2,29	0,42 - 2,48	0,30-2,39

Tabela 6- Descrição da variação semanal da carga um dia antes do jogo.

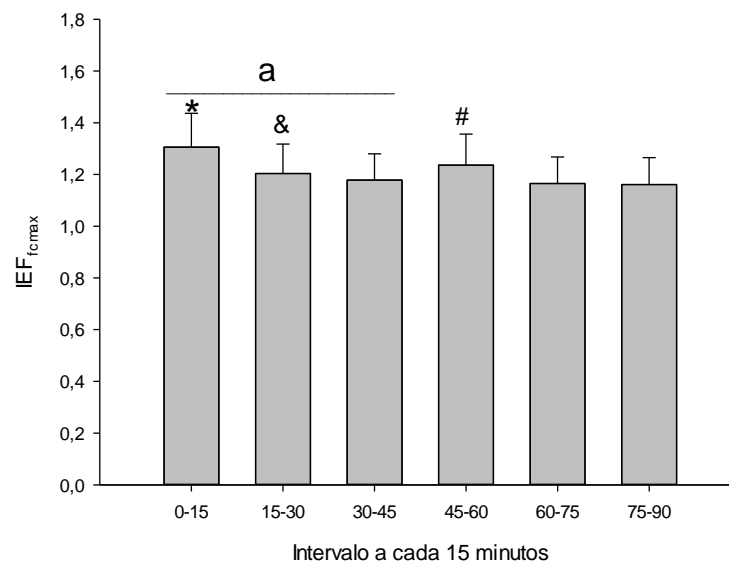
	VARIAÇÃO DAI (%)	VARIAÇÃO DT (%)	VARIAÇÃO sPSExmin (%)	VARIAÇÃO ACE (%)	VARIAÇÃO TRIMP (%)	VARIAÇÃO DES (%)
MÉDIA	16,5	10,6	-4,5	6,2	0,9	-13,8
DESVIO						
PADRÃO	168,7	155,5	52,7	68,3	43,1	45,4

Tabela 7- Descrição do IEF nos jogos como média, desvio padrão e coeficiente de variação.

	IEF _{fcres.1t} (UA)	IEF _{fcres.2t} (UA)	IEF _{fcmax.1t.7,2} (UA)	IEF _{fcmax.1t.14,4} (UA)	IEF _{fcmax.1t.19,8} (UA)	IEF _{fcmax} (UA)
MÉDIA	1,29	1,27	0,69	0,20	0,06	1,19
DESVIO PADRÃO	0,16	0,15	0,17	0,08	0,03	0,14
CV	12,7	11,7	24,3	39,5	55,2	11,5

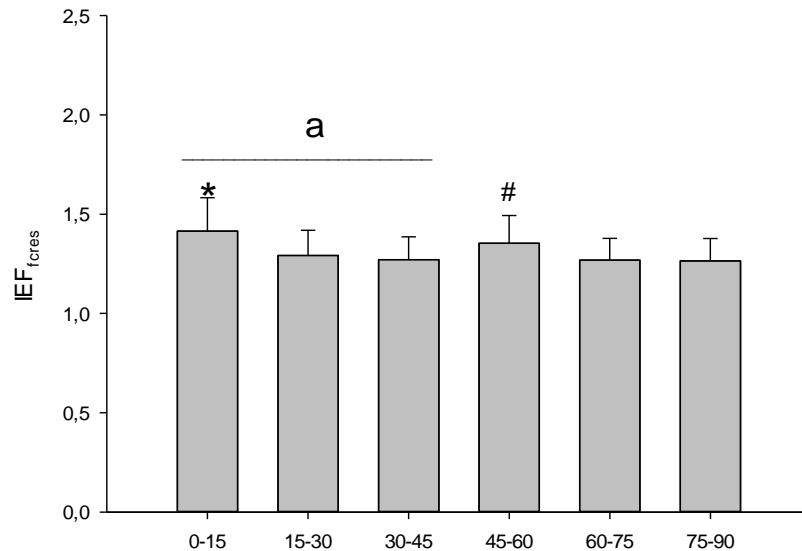
Comportamento do IEF durante a partida

Figura 4 - Avaliação do IEF_{fcmax} durante o jogo a cada 15 e 45 min, *significa > 75-90, 60-75, 30-45, 15-30 e 45-60; # significa > 75-90, 60-75, 30-45 e 15-30; & significa > 75-90 e 60-75; a significa 1º tempo maior do que 2º tempo; p adotado <0,01



Fonte: DO AUTOR

Figura 5- Avaliação do IEF_{fcres} durante o jogo a cada 15 e 45 min, *significa > 75-90, 60-75, 30-45, 15-30 e 45-60; # significa > 75-90, 60-75, 30-45 e 15-30; a significa 1º tempo maior do que 2º tempo; p adotado <0,01



Fonte: DO AUTOR

Perfil da relação entre o IEF e as variáveis mecânicas no jogo

Foi verificado o perfil de execução das variáveis mecânicas associado ao nível de IEF dos atletas do presente estudo. Para isso, por meio da análise de correlação de *Person*, identificou-se que o IEF_{fcmax} apresentou uma correlação muito alta com a DT ($r=0,82$; $p<0,05$), moderada com a DAI ($r=0,41$; $P<0,05$), alta com a ACE ($r=0,53$; $p<0,05$) e muito alta com a DES ($r=0,72$; $p<0,05$).

Descrição das variáveis de recuperação

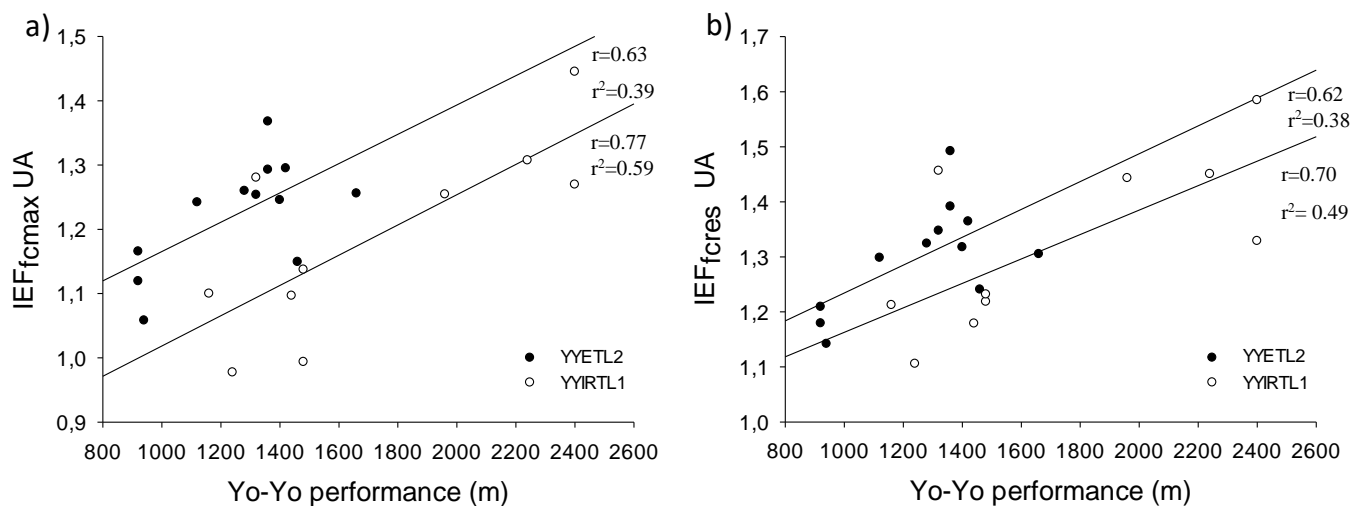
Dentre as variáveis de recuperação, no segundo dia após o jogo, a CK apresentou uma resposta média de 536,3 u/L, ou 54,3%, em relação à CK máxima individual encontrada na temporada. Nesse mesmo momento, a mediana do estado físico foi de 5 (cansado) (variação entre 2-8), e a mediana da dor, 1 (variação entre 0-8).

4.2 Resultados do delineamento 2- Correlação entre testes físicos e eficiência

Para esta análise, participaram 20 atletas, sendo que 12 realizaram o YYETL2, e 8, o YYIRL1. Na Tabela 8, estão expressos os valores da correlação entre os testes de campo e o IEF (Figura 6, a e b).

Tabela 8- Correlação do YYETL2 e YYIRTL1 com o IEF.

		IEF _{fcres.1t}	IEF _{fcres.2t}	IEF _{fcmax.1t.7,2}	IEF _{fcmax.1t.14,4}	IEF _{fcmax.1t.19,8}	IEF _{fcres}
YYETL2	r	0,59	0,63	0,55	0,43	0,50	0,62
	r ²	0,34	0,39	0,30	0,19	0,25	0,38
	p	0,045*	0,029*	0,064	0,159	0,098	0,031*
YYIRTL1	r	0,66	0,73	0,69	0,66	0,50	0,70
	r ²	0,43	0,53	0,47	0,44	0,25	0,49
	p	0,039*	0,017*	0,028*	0,036*	0,138	0,024*

Figura 6- Correlação do IEF com os testes físicos de campo. Nível de significância $p < 0,05$ 

Fonte: DO AUTOR

4.3 Resultados delineamento 3 - Efeito da carga relativa no IEF

Não houve correlação significativa entre as variáveis das cargas aguda e crônica e IEF, mesmo quando esta análise foi feita separando-se atletas com scores z negativos e positivos (Tabela 9).

Tabela 9- Correlação entre a carga A:C e IEF.

		IEF _{fcres.1t}	IEF _{fcres.2t}	IEF _{fcmax.1t.7,2}	IEF _{fcmax.1t.14,4}	IEF _{fcmax.1t.19,8}	IEF _{fcmax}
DAI-COUPLE	r	0,042	0,058	0,055	0,076	0,034	0,037
	p	0,477	0,330	0,352	0,199	0,566	0,536
DT-COUPLE	r	0,051	0,099	0,039	0,040	-0,026	0,042
	P	0,395	0,095	0,517	0,502	0,668	0,476
sSPSExmin- COUPLE	r	-0,004	0,069	-0,017	-0,052	-0,100	0,024
	P	0,948	0,247	0,776	0,384	0,092	0,690
ACE-COUPLE	r	0,015	0,056	-0,038	-0,007	-0,053	-0,003
	P	0,800	0,346	0,520	0,901	0,377	0,960
TRIMP- COUPLE	r	0,063	0,089	0,050	0,057	-0,002	0,029
	P	0,286	0,134	0,402	0,338	0,969	0,622
DES-COUPLE	r	0,081	0,107	0,026	0,036	-0,020	0,038
	p	0,172	0,071	0,669	0,542	0,738	0,523

Não houve efeito negativo da variação semanal da carga e o IEF. Contudo, foi encontrada uma relação positiva entre ACE-COUPLE e IEF_{res.1t}, TRIMP e IEF_{res.1t}, IEF_{fcmax.1t.7,2} e IEF_{fcmax} (Tabela 10).

Tabela 10- Efeito da variação semanal da carga sob o IEF.

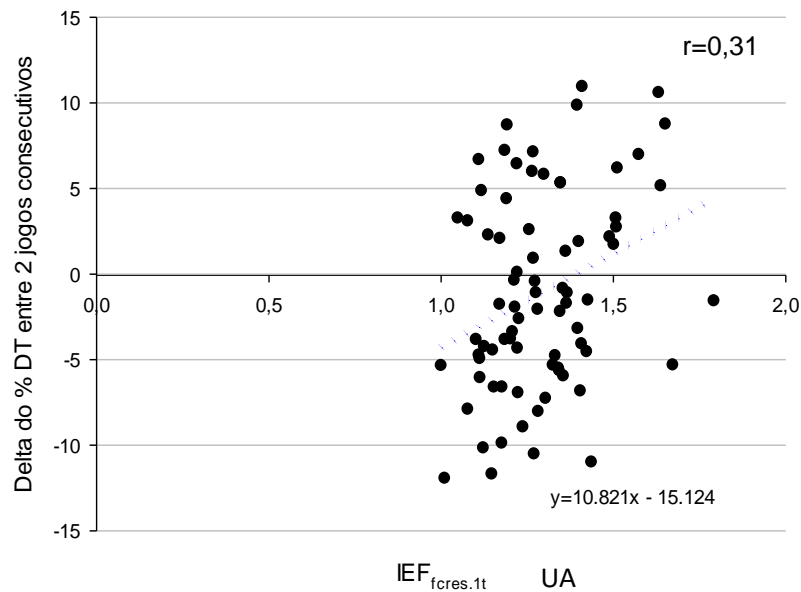
Variação Semanal		IEF _{res.1t}	IEF _{res.2t}	IEF _{max.1t.7,2}	IEF _{max.1t.14,4}	IEF _{max.1t.19,8}	IEF _{max}
DAI	r	0,094	0,011	0,097	0,019	-0,033	0,077
	p	0,112	0,855	0,101	0,749	0,582	0,193
DT	r	0,104	0,036	0,107	0,020	-0,051	0,093
	p	0,080	0,540	0,070	0,739	0,394	0,117
sPSExmin	r	0,061	0,098	0,064	-0,007	0,037	0,082
	p	0,301	0,100	0,280	0,903	0,533	0,166
ACE	r	0,118	0,087	0,103	0,045	-0,020	0,100
	p	0,045*	0,145	0,081	0,451	0,731	0,092
TRIMP	r	0,151	0,123	0,172	0,081	0,004	0,146
	p	0,010*	0,037*	0,004*	0,171	0,945	0,013*
DES	r	0,022	0,081	0,058	0,017	-0,008	0,067
	p	0,708	0,171	0,333	0,777	0,889	0,261

4.4 Relação do IEF com a variação do desempenho em semanas de jogos congestionados

Conforme os resultados obtidos, verificou-se que houve correlação positiva entre o delta do desempenho da DT entre jogos congestionados e todas as formas de IEF calculadas ($p < 0,05$). Na Figura 7, encontra-se o dado referente ao maior valor de

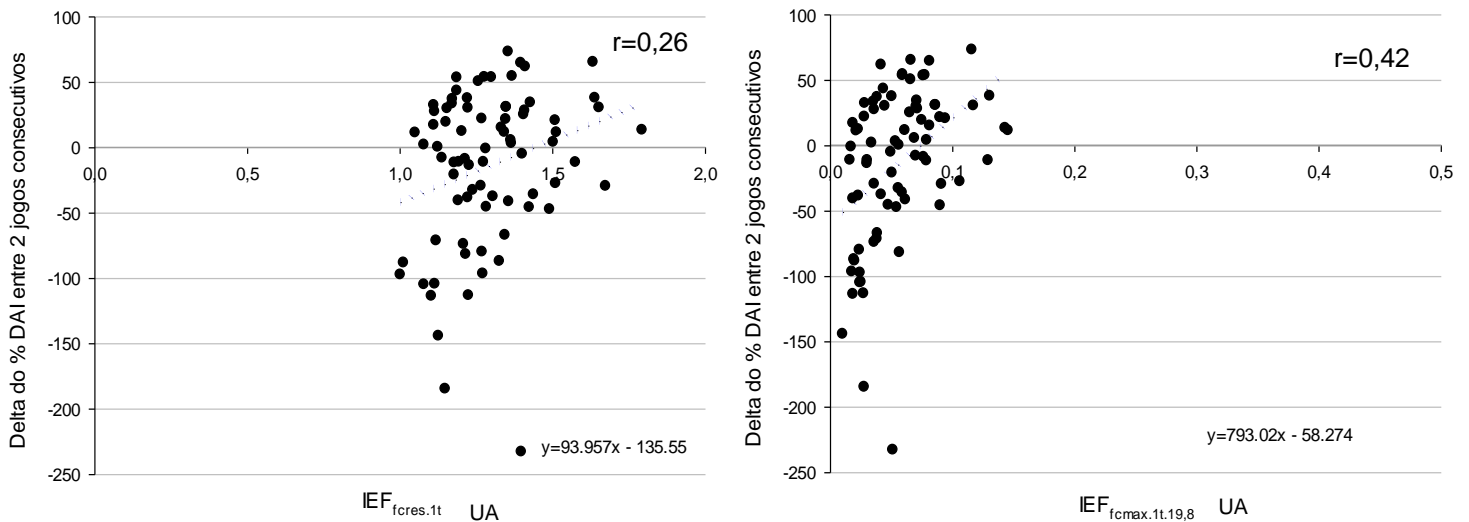
correlação encontrado; já o delta da DAI entre jogos congestionados apresentou correlação significativa com o $IEF_{fcres.1t}$, $IEF_{fcmáx.1t.7,2}$, $IEF_{fcmáx.1t.14,4}$, $IEF_{máx}$ e $IEF_{fcmáx.1t.19,8}$ ($p < 0,05$), evidenciando, este último, o maior valor de correlação ($r = 0,42$ e $r^2 = 18\%$) (Figura 8). Destaca-se que nenhuma correlação foi verificada entre algum parâmetro do IEF e os percentuais delta da ACE e DES.

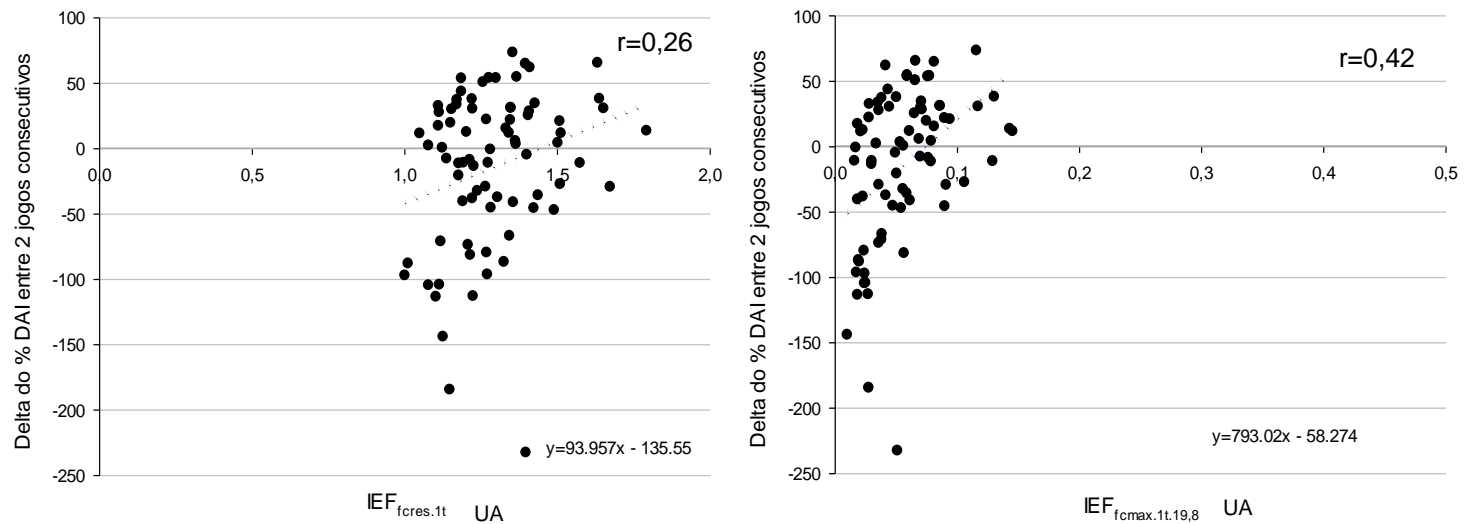
Figura 7- Correlação entre delta do % DT de 2 jogos consecutivos e $IEF_{fcres.1t}$ ($p < 0,05$)



Fonte: DO AUTOR

Figura 8- Correlações da DAI (distância percorrida em alta intensidade) e os $IEF_{fcres.1t}$ e $IEF_{fcmáx.1t.19,8}$ significativas $p < 0,05$





Fonte: DO AUTOR

4.5 Resultados delineamento 4 - Associação entre o IEF e as variáveis de recuperação

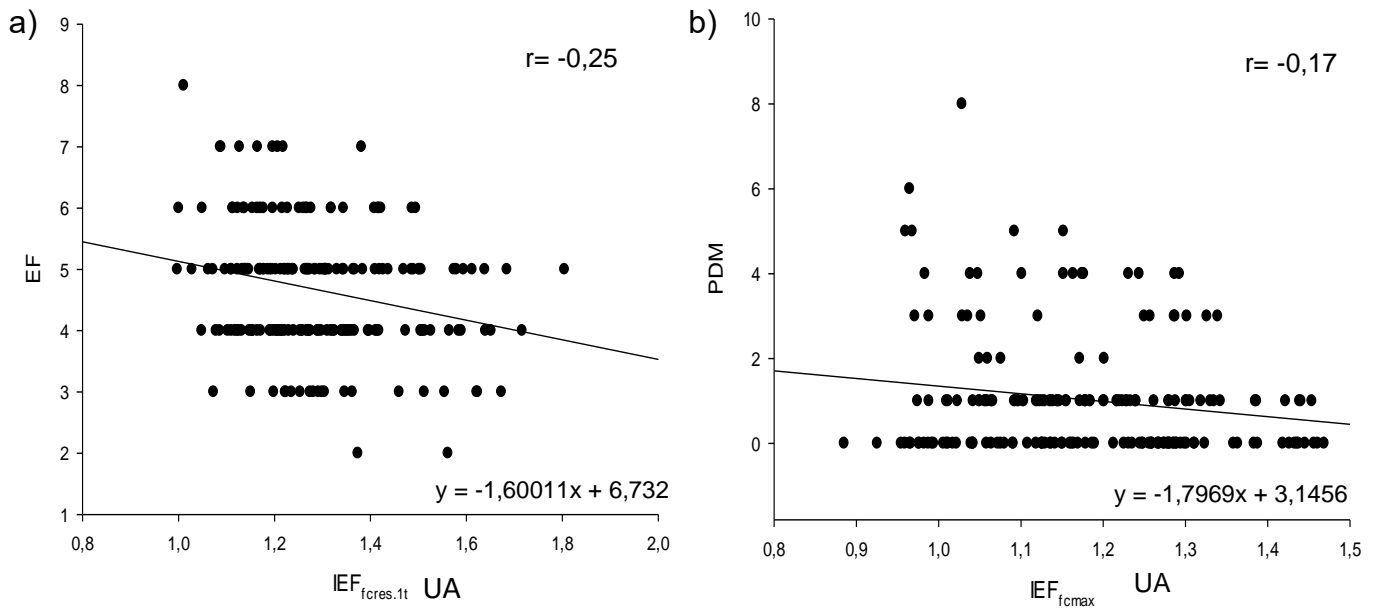
Diante da análise dos dados, não foi encontrada correlação de nenhum parâmetro do IEF com o %CK_{max}; entretanto, observou-se uma correlação positiva entre alguns parâmetros do IEF e as [CK] absolutas (Tabela 11).

Tabela 11- Correlação do IEF com o %CK_{max} e CK U/L.

		IEF _{fcres.1t}	IEF _{fcres.2t}	IEF _{fcmax.1t.7,2}	IEF _{fcmax.1t.14,4}	IEF _{fcmax.1t.19,8}	IEF _{fcmax}
	r	0,026	-0,045	-0,016	-0,055	-0,036	-0,068
%CK _{max}	p	0,705	0,506	0,815	0,416	0,592	0,317
	r	0,128	0,141	0,198	0,139	0,117	0,165
CK U/L	p	0,058	0,036*	0,0033*	0,040*	0,084	0,014*

Ressalta-se, também, que foi identificada correlação do EF com o IEF_{fcres.1t} (r=-0,25), IEF_{fcres.2t} (r=-0,24), IEF_{fcmax.1t.7,2} (r=-0,14), IEF_{fcmax.1t.19,8} (r=-0,15) e o IEF_{fcmax} (r=-0,16). Além disso, houve correlação da PDM com o IEF_{fcmax} (r=-0,17) e o IEF_{fcmax.1t.7,2} (r=-0,16). Na Figura 9, podem ser visualizados dados das maiores correlações.

Figura 9- Correlação do IEF com EF (estado físico) e PDM (percepção de dor muscular) ($p < 0,05$)



Fonte: DO AUTOR

4.6 Índice de eficiência física e lesão

Durante as duas temporadas, entre os 26 jogadores, 17 sofreram 28 lesões musculares sem contato, sendo 46,4% durante treinamentos e 53,6% em jogos. A quantidade de lesões por jogador variou de 1 a 3 vezes, com o tempo de afastamento apresentando uma mediana de 11 dias (variação entre 4 e 61 dias). Portanto, notou-se uma taxa de 22,9 lesões por 1000h de exposição a jogos.

Quando foi considerada a separação em dois grupos pela mediana do IEF dos atletas apresentada nos jogos, observou-se uma exposição a jogos em média de 1890min e 2170min para os grupos de baixo e alto IEF, respectivamente. Além disso, foi encontrada uma taxa de 15,8 e 21,5 lesões por 1000h para os grupos de baixo e alto IEF, nessa ordem.

5 DISCUSSÃO

Após as devidas análises, o presente estudo encontrou três principais resultados: 1) a associação do IEF com a potência aeróbia; 2) a associação do IEF com a recuperação física; e 3) a associação do IEF com o delta do desempenho mecânico avaliado pelo GPS entre jogos congestionados. Portanto, os achados do presente estudo apontam que o IEF é uma ferramenta que pode diferenciar atletas de elite com alto ou baixo desempenho aeróbio, prever o estado de recuperação subjetivo e, conseqüentemente, detectar aqueles indivíduos que poderão ser mais expostos a um calendário congestionado com menor chance de queda de desempenho físico.

É importante ressaltar outros resultados identificados no presente estudo: a) a maior magnitude de correlação com IEF encontrado foi por meio do cálculo $IEF_{f_{max}}$, sendo que este parâmetro foi correlacionado com o desempenho das ações DT, DAI, ACE e DES; b) a não associação da carga A:C; c) a associação apenas positiva da variação semanal de ACE e TRIMP com o IEF; e d) a incidência de lesão, agrupando-se por indivíduos com alto e baixo IEF, demonstrou que o nível de desempenho aeróbio não influenciou a ocorrência de lesão. Os indivíduos com maior IEF apresentaram maior incidência de lesão por 1000h; entretanto, estes jogadores foram expostos a uma maior quantidade de minutos jogados, o que pode ter favorecido este resultado (DUPONT *et al.*, 2010).

5.1 Resultados descritivos

A DT deste estudo (9667 m) foi próxima à de jogadores gregos de elite (10508 m) (KALAPOTHARAKOS, 2020), sub-elite alemã (9625) (REINHARDT *et al.*, 2020) (também avaliados pelo mesmo modelo de GPS do presente estudo), e próxima à dos jogadores que disputaram a Copa do Mundo de 2018 (9180 m) (Liu *et al.*, 2019). Já a DAI (492m) foi menor que a dos jogadores da elite inglesa no ano de 2012 (1501 m) (BARNES *et al.*, 2014) e de jogadores da elite europeia (902 m) (RAMPININI *et al.*, 2007b), porém, foi próxima à de jogadores da segunda divisão australiana (694 m) (GRÜNBIHLER; FEDEROLF, 2020) e subelite alemã (685). Jogadores da primeira divisão australiana apresentaram quantidade de ACE maior que a do presente estudo (entre 56 e 90 vezes, dependendo da posição tática) (VARLEY; AUGHEY, 2013). A quantidade de DES (100 vezes) do presente estudo foi maior que a observada em

jogadores da segunda divisão australiana (81 vezes) (GRÜNBICHLER; FEDEROLF, 2020). Em relação à carga interna, verificaram-se dados próximos da literatura do %FC_{max} (STOLEN *et al.*, 2005; COELHO *et al.*, 2011). Portanto, de acordo com as características de cargas externa e interna notadas nos jogos do presente estudo, a DT e o %FC_{max} estão próximos dos valores citados acima pela literatura. Entretanto, ações de DAI e ACE foram menores, e a quantidade de DES, maior. A comparação entre estas métricas pode sofrer interferências oriundas de alguns fatores contextuais (RAMPININI *et al.*, 2007b) e também do erro padrão típico dos diferentes dispositivos utilizados para avaliá-los (HOPPE *et al.*, 2018). Além disso, por existirem diferentes padrões de métricas, por exemplo, faixas de velocidade e faixas de acelerações, a possibilidade de uma comparação com mais estudos fica comprometida.

Os resultados médios para todas as variáveis da carga A:C, no presente estudo, demonstraram valores próximos de 1,00 UA. De acordo com MALONE, S. *et al.* (2017), valores acima de 1,25 UA podem expor jogadores de futebol a um maior risco de lesão. Já a variação semanal da carga de treinamento foi considerada dentro do padrão observado de uma temporada competitiva portuguesa, no qual as semanas variaram para DT entre -56% e +115% (HASAN; SILVA; CLEMENTE, 2021). A DT, neste estudo, exibiu uma variação média maior que 10%; este aumento de carga, dependendo da condição física do atleta, poderia ser considerado elevado (PIGGOTT; NEWTON; MCGUIGAN, 2009), entretanto, a DT tem sido considerada um dos parâmetros menos associados ao aumento do risco de lesão no futebol (HADER *et al.*, 2019). Dessa forma, os jogadores do presente estudo permaneceram numa faixa segura de exposição à carga de treinamento.

Durante a partida, O IEF apresentou queda no último terço de cada tempo e também foi menor no segundo tempo, em relação ao primeiro. Este era um resultado esperado pelas evidências de estudos com jogadores (TORRENO *et al.*, 2016) e árbitros de futebol (BARBERO-ALVAREZ *et al.*, 2012). Além disso, de forma similar, jogadores de rúgbi apresentaram maior IEF nos primeiros 10 minutos de cada tempo da partida (KEMPTON; SIROTIC; COUTTS, 2015). O valor médio do IEF_{fcmax} encontrado no presente estudo (1,19 UA) foi menor do que de jogadores europeus (1,34 UA), sendo que este índice variou entre 1,20 e 1,53, dependendo da posição tática (TORRENO *et al.*, 2016). Até então, além do presente estudo, TORRENO *et al.* (2016) e REINHARDT *et al.* (2020) foram os únicos que avaliaram o parâmetro IEF_{fcmax}

de jogadores de futebol durante uma partida completa. Outros estudos retrataram diferentes formas de se avaliar: cargas externa e interna (LIMA-ALVES *et al.*, 2022); contudo, é a primeira vez que se apresenta um parâmetro baseado na FC_{res} . Com a utilização deste parâmetro, este estudo pode ampliar as possibilidades de discussão desses resultados em pesquisas futuras.

5.2 Teste físico e IEF

O principal achado deste delineamento foi a correlação significativa entre o desempenho nos testes físicos de campo (YYETL2 e YYIRTL1) e o IEF calculado a partir da FC_{max} , FC_{res} e outras variações da carga externa. Portanto, é razoável assumir que o IEF avaliado durante uma partida oficial pode ser utilizado para avaliar a condição física de jogadores de futebol de elite. Dois estudos analisaram o IEF de jogadores de futebol amador durante um exercício que simulava uma partida de futebol e encontraram associação do IEF com o limiar anaeróbio ($r= 0,69$) (AKUBAT; BARRETT; ABT, 2014; AKUBAT; BARRETT, 2018). Nesse último estudo, na presença da fadiga, a magnitude da correlação reduziu. Outras duas pesquisas avaliaram o IEF de jogadores de rúgbi (TAYLOR *et al.*, 2020) e *hurling* (MALONE, SHANE *et al.*, 2016) em protocolos específicos de exercício e também identificaram correlação do IEF com parâmetros do desempenho aeróbio ($r= 0,73$ e $0,56$, respectivamente). No presente estudo, uma correlação muito alta foi encontrada ($r=0,77$), sendo a magnitude desta maior que a dos estudos supracitados. Mesmo considerando que a comparação entre as magnitudes de correlação entre estes estudos seria influenciada pelos diferentes tipos de amostras, métodos de cálculo do IEF, protocolos de exercício e variáveis dependentes utilizadas, o resultado encontrado na presente pesquisa indica uma alta validade do método de cálculo e dos testes específicos nesse tipo de amostra e exercício. Além disso, os resultados detectados podem ser considerados únicos, pois, até o momento, este foi o primeiro estudo que avaliou o IEF em atletas de elite utilizando testes específicos de campo durante partidas oficiais.

O YYIRTL1 demonstrou o maior nível de correlação com $IEF_{f_{max}}$ ($r=0,77$) e $IEF_{f_{res}}$ ($r=0,70$). Além disso, este foi o único teste que apontou correlações significativas com as distâncias percorridas em faixas de velocidade acima de 7,2

km/h. Esta evidência sugere que as características fisiológicas do YYIRTL1 ($r^2=0,59$) determinam uma maior porcentagem das características do IEF do que o YYETL2. Nesse sentido, ambos os testes são amplamente utilizados para avaliar a potência aeróbia de jogadores de futebol de diferentes níveis competitivos e função tática, em que o YYIRTL1, diferentemente do YYETL2, é executado de forma intermitente (CASTAGNA *et al.*, 2006; BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP, 2008). Os dois testes possuem uma predominância do sistema de fornecimento de energia aeróbio (CASTAGNA *et al.*, 2006); no entanto, o YYIRTL1 conta com uma maior participação do componente anaeróbio do que o YYETL2. Portanto, de acordo com os resultados encontrados, o IEF avaliado em jogadores de futebol em competição é explicado em maior proporção pela característica da demanda mista, aeróbia-anaeróbia (BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP, 2008). Este dado destaca a influência deste tipo específico de adaptação ao treinamento, o que contribui para a redução da resposta da FC durante os períodos de baixa intensidade das ações intermitentes do jogo de futebol (BUCHHEIT, MARTIN, 2014), aumentando a razão entre as cargas externa e interna. Contudo, é importante ressaltar que a extrapolação deste resultado é limitada pelo fato de os mesmos indivíduos não terem realizado os dois testes de campo.

O IEF_{fcmax} apresentou um maior r^2 em relação ao IEF_{fcres} , associado ao YYIRTL1. Entretanto, este não era o resultado esperado, devido ao comportamento similar entre a FC_{res} e o $VO2_{max}$; além disso, a FC_{res} é recomendada para avaliar exercícios intermitentes, tal como o futebol (IMPELLIZZERI *et al.*, 2005). Um método adequado para calcular o IEF deveria sofrer menos influência dos fatores contextuais (ex.: posição tática, vantagem no placar e nível do adversário) (HASAN; SILVA; CLEMENTE, 2021) e, portanto, deveria ser menos impactado pelas distâncias percorridas em baixa intensidade (REINHARDT *et al.*, 2020). Atualmente, na literatura, existem várias formas para se calcular o IEF (LIMA-ALVES *et al.*, 2022), entre elas, o uso do $\%FC_{max}$ (SUAREZ-ARRONES *et al.*, 2015), TRIMP (AKUBAT; BARRETT; ABT, 2014) e PSE (GALLO *et al.*, 2016). Recentemente, um indício apontou que a utilização de um parâmetro de aceleração multiplicado pelos metros/min dividido pelo $\%FC_{max}$ poderia ser melhor do que somente metros/min dividido pelo $\%FC_{max}$. Isto se deve ao fato de este parâmetro ser menos impactado pelas distâncias em baixas velocidades e também pelas diferentes posições táticas (REINHARDT *et al.*, 2020). Possivelmente, mais estudos, com mais voluntários e outras formas de cálculo do IEF,

poderão indicar com mais precisão os métodos mais adequados para se avaliar o IEF em partidas oficiais de futebol.

Neste estudo, o coeficiente de variação do IEF aumentou ao passo que foram utilizadas maiores faixas de velocidade para o seu cálculo. Assim, um menor CV foi encontrado no IEF_{fcmax} (11,5%) e maior no $IEF_{fcmax.1t.19,8}$ (55,2%). Um resultado similar foi identificado por RAMPININI *et al.* (2007b), no qual as ações de alta intensidade evidenciaram maior CV do que a distância total durante jogos. Estas variações da carga externa podem ser explicadas pelos fatores contextuais inerentes ao jogo de futebol (RAMPININI *et al.*, 2007b; BOULLOSA *et al.*, 2020; KALAPOTHARAKOS, 2020), em que, dependendo das características de cada partida, podem ocorrer mais ou menos ações em alta intensidade, gerando, assim, uma maior variação entre jogos. De acordo com os resultados encontrados, o menor CV atrelado ao maior nível de correlação com o *Yo-Yo test* do IEF_{fcmax} aponta que, dentre os parâmetros de carga externa mensurados, a velocidade média em metros/min é a mais adequada para se calcular o IEF.

Outro fato a se ressaltar é que tem sido comum a análise da condição física de jogadores de futebol em uma partida realizada apenas pelo monitoramento da carga externa (BARROS *et al.*, 2007; RAMPININI *et al.*, 2007b). Porém, a análise da carga externa, sem se considerar a carga interna dos jogos de futebol, pode sofrer mais influência dos fatores contextuais (LAGO *et al.*, 2010). O uso do IEF pode minimizar esta interferência, devido a esta variável levar em consideração as ações durante o jogo associadas à sua respectiva demanda cardiovascular, a qual sofre influência da condição física do atleta (BURGESS, 2017). Consequentemente, a utilização do IEF permitiria uma avaliação mais frequente da condição física durante jogos ao longo de uma temporada, o que pode contribuir com o aumento da periodicidade da informação gerada sobre a condição física do jogador de futebol, além de não expô-lo a uma carga adicional para realizar um teste físico máximo. Portanto, o aumento da quantidade e qualidade da informação gerada pode colaborar para um controle da carga de treinamento mais efetivo e, consequentemente, menor risco de lesão e aumento do desempenho (BOURDON *et al.*, 2017).

5.3 Carga de treinamento e IEF

Por meio dos resultados obtidos, verificou-se que o IEF não foi impactado negativamente pela carga de treinamento. No entanto, houve correlações positivas da variação semanal da TRIMP e ACE com algumas formas de cálculo do IEF. Era esperado que o aumento da carga A:C, bem como a variação semanal, provocasse uma elevação da fadiga no dia do jogo, levando à redução do IEF. Um estudo similar com jogadores australianos da 2ª divisão identificou uma correlação negativa entre a duração do treino um dia antes da partida e o IEF (GRÜNBICHLER; FEDEROLF, 2020). Entretanto, um dos parâmetros, que inclui a duração do treino (sPSE), no presente estudo, não apresentou nenhuma relação com o IEF. Pode ser que a exposição ao aumento da carga A:C e a variação semanal durante a temporada não tenham representado uma sobrecarga suficiente para gerar um *overreaching* funcional ou não funcional no dia do jogo, e assim ter impactado o IEF (BELLINGER, 2020).

As correlações positivas encontradas entre a carga de treino e o IEF no presente estudo, de forma similar, também foram observadas por GRÜNBICHLER; FEDEROLF (2020) com os parâmetros da distância total um dia antes da partida e distância percorrida em *sprints* nos três e quatro dias anteriores à partida. É importante destacar que, apesar do mesmo dispositivo ter sido empregado em ambos os estudos, alguns fatos limitam as comparações entre os resultados, por exemplo, os diferentes meios de cálculo do IEF e a utilização de variadas formas de dinâmica de carga (carga diária e carga A:C).

É possível observar uma associação positiva entre alguns parâmetros de carga externa durante a semana e o desempenho destes parâmetros no jogo (GUERRERO-CALDERÓN *et al.*, 2021), os quais podem estimular de forma adequada a manutenção ou o aumento do estado de treinamento do atleta (GRÜNBICHLER; FEDEROLF, 2020). Nesse sentido, GUERRERO-CALDERÓN *et al.* (2021) verificaram que o aumento da distância percorrida >14 km/h, concomitantemente a uma redução da DT durante a semana prévia à partida de futebol, foram associados positivamente com a elevação da intensidade no jogo. Talvez o aumento dos parâmetros da carga de treinamento, no presente estudo (ACE e TRIMP), possa ter impactado positivamente o estado físico dos atletas (BUCHHEIT, MARTIN, 2014), elevando o IEF do jogo. Entretanto, a associação direta entre a carga de treino da semana prévia à partida deve considerar os fatores contextuais para ponderar esta análise (ex.:

qualidade do oponente, posição tática e período da temporada) (GUERRERO-CALDERÓN *et al.*, 2021).

5.4 Calendário congestionado

Este estudo foi o primeiro que avaliou a associação do IEF com a variação do desempenho mecânico entre jogos em semanas congestionadas. Desse modo, o IEF foi associado à variação do desempenho dos parâmetros DT e DAI entre jogos congestionados; entretanto, nenhuma associação foi encontrada entre ACE e DES. Este resultado aponta que os atletas com maior IEF são menos afetados pela fadiga causada pela exposição a este tipo de calendário. É importante ressaltar que investigações dos efeitos do calendário congestionado no desempenho mecânico dos jogadores de futebol têm aumentado nos últimos anos (JULIAN; PAGE; HARPER, 2020). A maioria destes jogadores pode não apresentar um estado neuromuscular (ex: saltos verticais) e bioquímico (ex: CK) adequado 72h após uma partida (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; MOHR *et al.*, 2016), sendo que, neste momento, uma nova participação em uma partida pode ocorrer. Além disso, durante este período, a realização dos jogos à noite e as viagens podem afetar a qualidade do sono, prejudicando a recuperação (SILVA, A. *et al.*, 2019; JULIAN; PAGE; HARPER, 2020). Esta ampla quantidade de fatores estressores pode aumentar o risco de lesão dos atletas (DUPONT *et al.*, 2010).

Ainda não é claro se o calendário congestionado pode impactar no desempenho das ações mecânicas durante os jogos, e tal inconclusão pode ser devido a diferentes métodos empregados para avaliar as ações do jogo e a interferência dos fatores contextuais (JULIAN; PAGE; HARPER, 2020). Desse modo, alguns estudos têm demonstrado queda das ações em alta intensidade durante semanas de jogos congestionados (MOHR *et al.*, 2016; PALUCCI VIEIRA *et al.*, 2018); já outros não identificaram alteração destes parâmetros (DUPONT *et al.*, 2010; REY *et al.*, 2010). Similarmente ao tipo de amostra do presente estudo, PALUCCI VIEIRA *et al.* (2018) investigaram jogadores brasileiros durante um período de 3 temporadas; contudo, as ações de alta intensidade foram consideradas acima de 15 km/h. Nesse sentido, a associação do IEF com o delta das DAI em semanas congestionadas, encontrada no presente estudo, sugere que a análise do desempenho físico das ações mecânicas no jogo deve levar em consideração o nível do IEF do atleta, pois aqueles

com menor IEF podem ser mais susceptíveis à fadiga durante o calendário congestionado.

A associação do IEF com o delta das ações mecânicas, verificada no presente estudo, pode estar relacionada com a maior velocidade de recuperação, encontrada a partir da avaliação do estado físico no 2º dia pós-jogo, também aqui observado. Dessa forma, seria razoável assumir que uma maior velocidade de recuperação pode ter favorecido um menor impacto da fadiga no dia do jogo durante as semanas congestionadas, resultando em maior desempenho mecânico nos jogos. Assim como verificado neste e em outros estudos (AKUBAT; BARRETT; ABT, 2014; TAYLOR *et al.*, 2020), o IEF foi associado a parâmetros do desempenho aeróbio. Nesse sentido, os jogadores com maior capacidade aeróbia evidenciaram maior desempenho da DT e DAI em partidas oficiais, o que está relacionado com a maior capacidade de recuperação entre as ações de alta intensidade no jogo (RAMPININI *et al.*, 2007a). Assim, os resultados do presente estudo vão ao encontro dos identificados por NOVACK *et al.* (2018), que concluíram que jogadores de futebol com maior capacidade aeróbia apresentaram melhor qualidade total de recuperação 48h após os jogos. Desse modo, a manutenção da DAI em períodos de exposição a jogos congestionados pode ser um dos fatores determinantes do desempenho no futebol (STOLEN *et al.*, 2005), por exemplo, a execução de *sprints* em linha reta, que tem sido uma das ações predominantes que precede a ocorrência dos gols (FAUDE; KOCH; MEYER, 2012).

A DT percorrida é um dos parâmetros que menos impacta na fadiga pós-jogo (HADER *et al.*, 2019), e, de acordo com uma recente revisão sistemática (JULIAN; PAGE; HARPER, 2020), este parâmetro também não é afetado pelo calendário congestionado. Contudo, na presente pesquisa, o IEF foi associado ao delta entre jogos congestionados da DT. Apesar desta associação ser conceitualmente menos relevante do que com o delta da DAI entre jogos, a partir dela, foi possível diferenciar o nível do IEF dos jogadores durante o calendário congestionado. Além disso, o IEF calculado a partir da DT, dividido por algum parâmetro de carga interna, tem sido considerado um método comum e válido para avaliar a condição física (MALONE, SHANE *et al.*, 2016; AKUBAT; BARRETT, 2018; HADER *et al.*, 2019). Portanto, a DT parece não ser uma métrica que deveria ser descartada das análises em jogos congestionados em pesquisas futuras, mesmo apresentando baixa relevância.

Em uma revisão sistemática sobre o calendário congestionado, JULIAN; PAGE; HARPER (2020) sugeriram que em pesquisas futuras seria importante integrar aspectos físicos, técnicos e táticos. Nesse sentido, o presente estudo avança no conhecimento, apresentando o IEF durante períodos de calendário congestionado. Conforme os resultados encontrados, a avaliação do IEF poderia agrupar atletas de acordo com o nível de condição física em cada momento da temporada e avaliar separadamente o desempenho mecânico destes grupos. Isso possibilitaria individualizar as análises destes jogadores de forma mais robusta, e, conseqüentemente, as comissões técnicas poderiam gerir melhor a participação dos atletas diante deste tipo de calendário. Contudo, o IEF no presente estudo explicou 18% da variação entre jogos congestionados da DAI; dessa forma, outros aspectos esclarecem em maior proporção esta variação, por exemplo, a presença de elementos contextuais. Assim, a influência de fatores como nível do adversário, local da partida, entre outros, deveria ser considerada (JULIAN; PAGE; HARPER, 2020). Outra abordagem seria a utilização das faixas de velocidade individuais ao invés das fixas, pois as faixas individuais foram consideradas melhores preditoras da percepção de recuperação em momentos pós-jogos (TOMAZOLI *et al.*, 2020); portanto, poderiam ser mais sensíveis ao efeito da fadiga provocado pela sequência de jogos congestionados.

5.5 IEF e recuperação

O presente estudo identificou melhor percepção de estado físico e dor muscular dois dias após partida em atletas com maior IEF ($r = -0,25$ e $-0,17$, respectivamente). Neste sentido, o estudo de JOHNSTON; GABBETT; JENKINS (2015) revelou que jogadores de rúgbi com melhor desempenho aeróbio avaliados por meio do *Yo-Yo intermittent recovery test* apresentaram melhor estado de recuperação e maiores cargas interna e externa em jogos oficiais. Além disso, NOVACK *et al.* (2018) também identificaram melhor estado de recuperação em jogadores de futebol com maior condição física, bem como maior carga interna. Entretanto, diferentemente do presente estudo, NOVACK *et al.* (2018) não encontraram nenhuma correlação com a percepção de dor muscular. Desse modo, uma melhor percepção de dor muscular pode estar associada a um maior limiar de dor muscular dos atletas com maior IEF, sendo esta característica observada em sujeitos com maior estado de treinamento

(SCHMITT *et al.*, 2020). Assim, o estado físico avaliado no presente estudo é um parâmetro que representa, de forma holística, a percepção de recuperação geral (MORANDI *et al.*, 2020), por exemplo, dos sistemas musculoesquelético e cardiovascular (RODRIGUES; SILAMI-GARCIA, 1998). Portanto, um melhor estado físico favorece um melhor estado de prontidão para participar de uma nova partida.

Outro resultado evidenciado foi a associação positiva entre a CK absoluta e o IEF, sendo que a CK relativizada de forma individual não apresentou nenhuma associação. Nos estudos de JOHNSTON; GABBETT; JENKINS (2015), identificaram-se menores respostas da CK em atletas com maior desempenho aeróbio, e, nesta pesquisa, a CK analisada de forma absoluta foi influenciada pela alta variabilidade individual de sua resposta ao exercício para uma mesma intensidade e duração. Estas características individuais podem ser oriundas de diferentes perfis de massa muscular, genética e etnia (BRANCACCIO *et al.*, 2008). Portanto, a magnitude do dano muscular é melhor representada de forma individual ($\%CK_{max}$), o que permite minimizar esta variabilidade (ALVES *et al.*, 2015). Outro aspecto é que o IEF é associado, principalmente, a parâmetros do desempenho aeróbio (AKUBAT; BARRETT; ABT, 2014; AKUBAT; BARRETT, 2018), e, por outra via, jogadores de futebol podem apresentar resposta da CK após exercício atenuada pelo maior nível de força muscular (OWEN, A. *et al.*, 2015). Assim, pode ser que o IEF não explique de forma relevante a variação do $\%CK_{max}$ pós-jogos.

No contexto da avaliação do processo de recuperação, o presente estudo encontrou uma significativa capacidade preditora do estado físico a partir do IEF. De acordo com JOHNSTON; GABBETT; JENKINS (2015), é comum que indivíduos com maior desempenho aeróbio se recuperem mais rápido. Entretanto, mesmo atletas com VO_{2max} semelhantes podem apresentar diferentes cinéticas de recuperação (AUBRY *et al.*, 2014). Segundo WEAVING *et al.* (2017), alguns atletas com elevados IEFs podem apresentar baixo limiar anaeróbio. Considerando a variabilidade individual da recuperação, recentes estudos têm descrito este processo individualmente (WILKE *et al.*, 2019; WILKE *et al.*, 2020), no qual tem se observado uma modulação da cinética de recuperação por fatores externos (carga de treinamento) e internos (desempenho aeróbio) (WILKE, CAROLINA F *et al.*, 2019). Assim, a cinética de recuperação em jogadores de futebol é caracterizada por uma heterogeneidade dos parâmetros de recuperação, enquanto parâmetros hormonais e técnicos estão restaurados até 72h,

mas o dano muscular, a potência muscular e a percepção de bem-estar ainda não (SILVA *et al.*, 2018). Um exemplo disso é que atletas com velocidade de recuperação lenta, com base em parâmetros fisiológicos, podem apresentar rápida recuperação de variáveis subjetivas de bem-estar (WILKE *et al.*, 2019). Logo, mesmo com a correlação significativa encontrada do IEF com EF e PDM, recomenda-se uma análise individual para identificar possíveis *outliers* e prescrever de forma efetiva a carga de treino e estratégias de recuperação.

5.6 IEF e Incidência de lesões

Nas duas temporadas avaliadas, foi registrada uma taxa de lesão de 22,9 por 1000h de exposição em jogos, a qual foi menor que a mediana da taxa de lesões detectada no estudo de CEZARINO; GRÜNINGER; SCATTONE SILVA (2020). Também estes autores, citando o estudo de Ekstrand *et al.*, 2011, relataram percentual de 53% de lesões em jogos e 47% em treinos, semelhantemente ao presente estudo.

Os atletas com maior IEF sofreram uma maior taxa de lesão; no entanto, poderia ser esperado que a associação do IEF com o desempenho aeróbio e a recuperação favorecesse uma menor ocorrência de lesões no grupo de IEF elevado. Nesse sentido, jovens jogadoras de futebol com maior VO_{2max} , avaliadas durante a pré-temporada, exibiram menor taxa de lesão (WATSON *et al.*, 2017); porém, uma revisão sistemática com atletas de esporte coletivo não evidenciou associação entre o condicionamento físico geral (flexibilidade, equilíbrio e força) e a incidência de lesões (FARLEY *et al.*, 2020). No presente estudo, outros fatores que interferem na ocorrência de lesões foram predominantes; entre eles, podem ser citados a demanda física imposta pelas características dos fatores contextuais de cada partida (LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011), a qualidade do sono (SILVA *et al.*, 2019), o padrão biomecânico de movimento, o histórico de lesões, dentre outros (BITTENCOURT *et al.*, 2016). Dessa forma, com base no entendimento complexo do fenômeno da ocorrência de lesão (BITTENCOURT *et al.*, 2016), a relação entre o nível de condicionamento físico e a incidência de lesão pode ser entendida como mais um fator que, na presença de outros, contribui com a alteração do risco de lesão.

5.7 Considerações gerais

Uma das limitações do presente estudo está associada ao uso do GPS acoplado aos sensores de FC, que apresentam erros típicos do próprio dispositivo (GIERSCH *et al.*, 2018). Além disso, é possível que o dispositivo possa não ter captado completamente a FC durante o jogo, devido a algum deslocamento do sensor fora da região peitoral. Outras limitações são inerentes à própria FC, como a influência das condições ambientais e estado de hidratação (ALEXANDRE *et al.*, 2012). Porém, no presente estudo, a temperatura média da temperatura registrada nos jogos indicou uma zona neutra (23°) (CHARLOT; FAURE; ANTOINE-JONVILLE, 2017); assim, para a maioria dos jogos avaliados, a FC não foi significativamente influenciada pelas condições ambientais, e a forma de ingestão hídrica era recomendada individualmente pelo departamento de nutrição. Apesar destas limitações, a FC é amplamente usada para caracterizar treinamentos (HILL-HAAS *et al.*, 2008) e jogos oficiais (ANTONACCI *et al.*, 2007), sendo também considerada sensível para detectar fadiga ou adaptação ao treinamento de atletas de elite, apresentando baixo custo financeiro e sendo indicada para monitorar a carga de treinamento no futebol (IMPELLIZZERI *et al.*, 2005; ANTONACCI *et al.*, 2007; BURGESS, 2017).

Outro ponto a se destacar é que, apesar do IEF reduzir a influência dos fatores contextuais (REINHARDT *et al.*, 2020), estes ainda podem interferir nas cargas interna e externa (TORRENO *et al.*, 2016). Portanto, para uma análise mais robusta em pesquisas futuras, recomenda-se a utilização de um maior número de atletas para que os fatores contextuais sejam considerados. Dessa forma, seria possível avaliar o desempenho das ações mecânicas nos jogos por posição, analisar separadamente jogos fora e em casa, e jogos contra adversários melhores e piores ranqueados. Tal avanço auxiliaria na interpretação do IEF baseada também nas características da partida de futebol.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo buscou identificar a robustez do IEF para integrar um banco de dados com fins de monitoramento das cargas de treinamento e avaliação do estado físico. Nesse sentido, o IEF: a) apresentou associação com o condicionamento físico (desempenho aeróbio); b) não foi impactado negativamente pelas alterações da carga de treinamento; c) foi associado com parâmetros de recuperação (dor muscular e estado físico) e com variação do desempenho mecânico em sequência de jogos congestionados; e, por último, e) o IEF, sozinho, não pôde avançar na investigação da incidência de lesões.

Portanto, os atletas com maior IEF possuem maior desempenho aeróbio e se recuperam mais rapidamente, e, dessa forma, o desempenho das ações mecânicas em jogos congestionados é menos afetado. Assim, o IEF pode ser considerado uma ferramenta robusta para integrar um banco de dados de monitoramento das cargas de treinamento e avaliação do estado físico de forma recorrente. Contudo, seria importante, em pesquisas futuras, um maior esclarecimento da sensibilidade do IEF à carga de treinamento e sua relação com a lesão.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, C.; MACAS, V.; SAMPAIO, J. Variation in football players' sprint test performance across different ages and levels of competition. **J Sports Sci Med**, v. 3, n. Yisi 1, p. 44-49, 2004.
- AKUBAT, I.; BARRETT, S.; ABT, G. Integrating the internal and external training loads in soccer. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 9, n. 3, p. 457-462, 2014.
- AKUBAT, I.; BARRETT, S. The Validity of External:Internal Training Load Ratios in Rested and Fatigued Soccer Players. **Sports (Basel)**, v. 6, n. 2, p., 2018.
- AL-HAZZAA, H. M.; ALMUZAINI, K. S.; AL-REFAEE, S. A.; SULAIMAN, M. A.; DAFTERDAR, M. Y.; AL-GHAMEDI, A.; AL-KHURAIJI, K. N. Aerobic and anaerobic power characteristics of Saudi elite soccer players. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 41, n. 1, p. 54-61, 2001.
- ALEXANDRE, D.; DA SILVA, C. D.; HILL-HAAS, S.; WONG DEL, P.; NATALI, A. J.; DE LIMA, J. R.; BARA FILHO, M. G.; MARINS, J. J.; GARCIA, E. S.; KARIM, C. Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 10, p. 2890-2906, 2012.
- ALVES, A. L.; GARCIA, E. S.; MORANDI, R. F.; CLAUDINO, J. G.; PIMENTA, E. M.; SOARES, D. D. 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.
- ANDERSSON, H.; RAASTAD, T.; NILSSON, J.; PAULSEN, G.; GARTHE, I.; KADI, F. Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery. **Med Sci Sports Exerc**, v. 40, n. 2, p. 372-380, 2008.
- ANDRADE, R.; WIK, E. H.; REBELO-MARQUES, A.; BLANCH, P.; WHITELEY, R.; ESPREGUEIRA-MENDES, J.; GABBETT, T. J. Is the Acute: Chronic Workload Ratio (ACWR) Associated with Risk of Time-Loss Injury in Professional Team Sports? A Systematic Review of Methodology, Variables and Injury Risk in Practical Situations. **Sports Med**, v. 50, n. 9, p. 1613-1635, 2020.
- ANDREW, G. M.; GUZMAN, C. A.; BECKLAKE, M. R. Effect of athletic training on exercise cardiac output. **J Appl Physiol**, v. 21, n. 2, p. 603-608, 1966.
- ANTONACCI, L.; MORTIMER, L. F.; RODRIGUES, V. M.; COELHO, D. B.; SOARES, D. D.; SILAMI-GARCIA, E. Competition, estimated, and test maximum heart rate. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 47, n. 4, p. 418-421, 2007.

ASLAN, A.; ACIKADA, C.; GUVENC, A.; GOREN, H.; HAZIR, T.; OZKARA, A. Metabolic demands of match performance in young soccer players. **J Sports Sci Med**, v. 11, n. 1, p. 170-179, 2012.

AUBRY, A.; HAUSSWIRTH, C.; LOUIS, J.; COUTTS, A. J.; LE MEUR, Y. Functional overreaching: the key to peak performance during the taper? **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 46, n. 9, p. 1769-1777, 2014.

BANGSBO, J. The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. **Acta Physiol Scand Suppl**, v. 619, n., p. 1-155, 1994.

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

BANISTER, E.; CALVERT, T.; SAVAGE, M.; BACH, T. A systems model of training for athletic performance. **Aust J Sports Med**, v. 7, n. 3, p. 57-61, 1975.

BARBERO-ALVAREZ, J.; BOULLOSA, D. A.; NAKAMURA, F. Y.; ANDRIN, G.; CASTAGNA, C. Physical and physiological demands of field and assistant soccer referees during America's cup. **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 5, p. 1383-1388, 2012.

BARBERO-ALVAREZ, J. C.; SOTO, V. M.; BARBERO-ALVAREZ, V.; GRANDA-VERA, J. Match analysis and heart rate of futsal players during competition. **J Sports Sci**, v. 26, n. 1, p. 63-73, 2008.

BARNES, C.; ARCHER, D.; HOGG, B.; BUSH, M.; BRADLEY, P. The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. **Int J Sports Med**, v. 35, n. 13, p. 1095-1100, 2014.

BARROS, R. M.; MISUTA, M. S.; MENEZES, R. P.; FIGUEROA, P. J.; MOURA, F. A.; CUNHA, S. A.; ANIDO, R.; LEITE, N. J. Analysis of the distances covered by first division brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. **J Sports Sci Med**, v. 6, n. 2, p. 233-242, 2007.

BELLENGER, C. R.; FULLER, J. T.; THOMSON, R. L.; DAVISON, K.; ROBERTSON, E. Y.; BUCKLEY, J. D. Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med**, v. 46, n. 10, p. 1461-1486, 2016.

BELLINGER, P. Functional Overreaching in Endurance Athletes: A Necessity or Cause for Concern? **Sports Medicine**, v. 50, n. 6, p. 1059-1073, 2020.

BERKELMANS, D. M.; DALBO, V. J.; FOX, J. L.; STANTON, R.; KEAN, C. O.; GIAMARELOS, K. E.; MASARU, T.; SCANLAN, A. T. INFLUENCE OF DIFFERENT METHODS TO DETERMINE MAXIMUM HEART RATE ON TRAINING LOAD OUTCOMES IN BASKETBALL PLAYERS. **J Strength Cond Res**, v. 32, n. 11, p. 3177-3185, 2018.

BERKOFF, D. J.; CAIRNS, C. B.; SANCHEZ, L. D.; MOORMAN, C. T., 3RD. Heart rate variability in elite American track-and-field athletes. **J Strength Cond Res**, v. 21, n. 1, p. 227-231, 2007.

BITTENCOURT, N. F. N.; MEEUWISSE, W. H.; MENDONÇA, L. D.; NETTEL-AGUIRRE, A.; OCARINO, J. M.; FONSECA, S. T. Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition-narrative review and new concept. **Br J Sports Med**, v. 50, n. 21, p. 1309-1314, 2016.

BLOOMFIELD, J.; POLMAN, R.; O'DONOGHUE, P. Physical Demands of Different Positions in FA Premier League Soccer. **J Sports Sci Med**, v. 6, n. 1, p. 63-70, 2007.

BORRESEN, J.; LAMBERT, M. I. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. **Sports Med**, v. 39, n. 9, p. 779-795, 2009.

BOSQUET, L.; MERKARI, S.; ARVISAIS, D.; AUBERT, A. E. Is heart rate a convenient tool to monitor over-reaching? A systematic review of the literature. **Br J Sports Med**, v. 42, n. 9, p. 709-714, 2008.

BOULLOSA, D.; CASADO, A.; CLAUDINO, J. G.; JIMÉNEZ-REYES, P.; RAVÉ, G.; CASTAÑO-ZAMBUDIO, A.; LIMA-ALVES, A.; DE OLIVEIRA, S. A., JR.; DUPONT, G.; GRANACHER, U.; ZOUHAL, H. Do you Play or Do you Train? Insights From Individual Sports for Training Load and Injury Risk Management in Team Sports Based on Individualization. **Front Physiol**, v. 11, n., p. 995, 2020.

BOURDON, P. C.; CARDINALE, M.; MURRAY, A.; GASTIN, P.; KELLMANN, M.; VARLEY, M. C.; GABBETT, T. J.; COUTTS, A. J.; BURGESS, D. J.; GREGSON, W.; CABLE, N. T. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 12, n. Suppl 2, p. S2161-s2170, 2017.

BOWEN, L.; GROSS, A. S.; GIMPEL, M.; BRUCE-LOW, S.; LI, F. X. Spikes in acute:chronic workload ratio (ACWR) associated with a 5-7 times greater injury rate in English Premier League football players: a comprehensive 3-year study. **Br J Sports Med**, v., n., p., 2019.

BRADLEY, P. S.; NOAKES, T. D. Match running performance fluctuations in elite soccer: indicative of fatigue, pacing or situational influences? **J Sports Sci**, v. 31, n. 15, p. 1627-1638, 2013.

BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; BUONAURO, R.; LIMONGELLI, F. M. Serum enzyme monitoring in sports medicine. **Clin Sports Med**, v. 27, n. 1, p. 1-18, vii, 2008.

BRITO, J.; HERTZOG, M.; NASSIS, G. P. Do Match-Related Contextual Variables Influence Training Load in Highly Trained Soccer Players? **J Strength Cond Res**, v. 30, n. 2, p. 393-399, 2016.

BUCHHEIT, M.; MENDEZ-VILLANUEVA, A.; SIMPSON, B. M.; BOURDON, P. C. Match running performance and fitness in youth soccer. **Int J Sports Med**, v. 31, n. 11, p. 818-825, 2010.

BUCHHEIT, M.; SIMPSON, M. B.; AL HADDAD, H.; BOURDON, P. C.; MENDEZ-VILLANUEVA, A. Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 2, p. 711-723, 2012.

BUCHHEIT, M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? **Front Physiol**, v. 5, n., p., 2014.

BUCHHEIT, M.; CHOLLEY, Y.; LAMBERT, P. Psychometric and Physiological Responses to a Preseason Competitive Camp in the Heat With a 6-Hour Time Difference in Elite Soccer Players. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 11, n. 2, p. 176-181, 2016.

BURGESS, D. J. The Research Doesn't Always Apply: Practical Solutions to Evidence-Based Training-Load Monitoring in Elite Team Sports. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 12, n. Suppl 2, p. S2136-s2141, 2017.

CARLING, C.; MCCALL, A.; LE GALL, F.; DUPONT, G. What is the extent of exposure to periods of match congestion in professional soccer players? **J Sports Sci**, v. 33, n. 20, p. 2116-2124, 2015.

CASA, D. J.; ARMSTRONG, L. E.; HILLMAN, S. K.; MONTAIN, S. J.; REIFF, R. V.; RICH, B. S.; ROBERTS, W. O.; STONE, J. A. National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. **J Athl Train**, v. 35, n. 2, p. 212-224, 2000.

CASTAGNA, C.; IMPELLIZZERI, F. M.; CHAMARI, K.; CARLOMAGNO, D.; RAMPININI, E. Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests

performances in soccer players: a correlation study. **J Strength Cond Res**, v. 20, n. 2, p. 320-325, 2006.

CASTELLANO, J.; CASAMICHANA, D. Heart Rate and Motion Analysis by GPS in Beach Soccer. **J Sports Sci Med**, v. 9, n. 1, p. 98-103, 2010.

CEZARINO, L. G.; GRÜNINGER, B.; SCATTONE SILVA, R. Injury Profile in a Brazilian First-Division Youth Soccer Team: A Prospective Study. **J Athl Train**, v. 55, n. 3, p. 295-302, 2020.

CHARLOT, K.; FAURE, C.; ANTOINE-JONVILLE, S. Influence of Hot and Cold Environments on the Regulation of Energy Balance Following a Single Exercise Session: A Mini-Review. **Nutrients**, v. 9, n. 6, p., 2017.

CHMURA, P.; KONEFAŁ, M.; ANDRZEJEWSKI, M.; KOSOWSKI, J.; ROKITA, A.; CHMURA, J. Physical activity profile of 2014 FIFA World Cup players, with regard to different ranges of air temperature and relative humidity. **Int J Biometeorol**, v. 61, n. 4, p. 677-684, 2017.

COELHO, D. B.; MORTIMER, L. Á.; CONDESSA, L. A.; MORANDI, R. F.; OLIVEIRA, B. M.; MARINS, J. C. B.; SOARES, D. D.; GARCIA, E. S. Intensity of real competitive soccer matches and differences among player positions. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 13, n. 5, p. 341-347, 2011.

COLES, P. A. An injury prevention pyramid for elite sports teams. **Br J Sports Med**, v. 52, n. 15, p. 1008-1010, 2018.

CRISTIANO NETTO, D.; ARLIANI, G. G.; THIELE, E. S.; CAT, M. N. L.; COHEN, M.; PAGURA, J. R. Avaliação prospectiva das lesões esportivas ocorridas durante as partidas do Campeonato Brasileiro de Futebol em 2016. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 54, n. 3, p. 329-334, 2019.

DELANEY, J. A.; DUTHIE, G. M.; THORNTON, H. R.; PYNE, D. B. Quantifying the relationship between internal and external work in team sports: development of a novel training efficiency index. **Sci Med Football**, v. 2, n. 2, p. 149-156, 2018.

DRESSENDORFER, R. H.; WADE, C. E.; SCAFF, J. H., JR. Increased Morning Heart Rate in Runners: A Valid Sign of Overtraining? **Phys Sportsmed**, v. 13, n. 8, p. 77-86, 1985.

DUPONT, G.; NEDELEC, M.; MCCALL, A.; MCCORMACK, D.; BERTHOIN, S.; WISLØFF, U. Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. **Am J Sports Med**, v. 38, n. 9, p. 1752-1758, 2010.

EDWARDS, A. M.; CLARK, N. A. Thermoregulatory observations in soccer match play: professional and recreational level applications using an intestinal pill system to measure core temperature. **Br J Sports Med**, v. 40, n. 2, p. 133-138, 2006.

FARLEY, J. B.; BARRETT, L. M.; KEOGH, J. W. L.; WOODS, C. T.; MILNE, N. The relationship between physical fitness attributes and sports injury in female, team ball sport players: a systematic review. **Sports med open**, v. 6, n. 1, p. 45, 2020.

FATOUROS, I. G.; CHATZINIKOLAOU, A.; DOUROUDOS, II; NIKOLAIDIS, M. G.; KYPAROS, A.; MARGONIS, K.; MICHAILEDIS, Y.; VANTARAKIS, A.; TAXILDARIS, K.; KATRABASAS, I.; MANDALIDIS, D.; KOURETAS, D.; JAMURTAS, A. Z. Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 12, p. 3278-3286, 2010.

FAUDE, O.; KOCH, T.; MEYER, T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. **J Sports Sci**, v. 30, n. 7, p. 625-631, 2012.

FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, n., p. 1164-1168, 1998.

FOX, J. L.; STANTON, R.; SCANLAN, A. T. A Comparison of Training and Competition Demands in Semiprofessional Male Basketball Players. **Res Q Exerc Sport**, v. 89, n. 1, p. 103-111, 2018.

GABBETT, T. J. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? **Br J Sports Med**, v. 50, n. 5, p. 273-280, 2016.

GALLO, T. F.; CORMACK, S. J.; GABBETT, T. J.; LORENZEN, C. H. Pre-training perceived wellness impacts training output in Australian football players. **J Sports Sci**, v. 34, n. 15, p. 1445-1451, 2016.

GIERSCH, G. E.; HUGGINS, R. A.; BENJAMIN, C. L.; ADAMS, W. M.; BELVAL, L. N.; CURTIS, R. M.; PELTONEN, J. T.; SEKIGUCHI, Y.; CASA, D. J. Validity and reliability of a shirt-based integrated GPS sensor. In: *Med Sci Sports Exerc*, 2018 LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS TWO COMMERCE SQ, 2001 MARKET ST, PHILADELPHIA ..., p. 673-673.

GRIFFIN, A.; KENNY, I. C.; COMYNS, T. M.; LYONS, M. The Association Between the Acute:Chronic Workload Ratio and Injury and its Application in Team Sports: A Systematic Review. **Sports Med**, v. 50, n. 3, p. 561-580, 2020.

GRÜNBICHLER, J.; FEDEROLF, P. Workload efficiency as a new tool to describe external and internal competitive match load of a professional soccer team: A descriptive study on the relationship between pre-game training loads and relative match load. **Eur J Sport Sci**, v. 20, n. 8, p. 1034-1041, 2020.

GUERRERO-CALDERÓN, B.; KLEMP, M.; MORCILLO, J. A.; MEMMERT, D. How does the workload applied during the training week and the contextual factors affect the physical responses of professional soccer players in the match? **INTERNATIONAL JOURNAL OF SPORTS SCIENCE & COACHING**, v., n., p. 1747954121995610, 2021.

HADER, K.; RUMPF, M. C.; HERTZOG, M.; KILDUFF, L. P.; GIRARD, O.; SILVA, J. R. Monitoring the athlete match response: can external load variables predict post-match acute and residual fatigue in soccer? A systematic review with meta-analysis. **Sports medicine-open**, v. 5, n. 1, p. 1-19, 2019.

HAGGLUND, M.; WALDEN, M.; MAGNUSSON, H.; KRISTENSON, K.; BENGTSSON, H.; EKSTRAND, J. Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. **Br J Sports Med**, v. 47, n. 12, p. 738-742, 2013.

HALSON, S. L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. **Sports Med**, v. 44 Suppl 2, n., p. S139-147, 2014.

HARPER, D. J.; KIELY, J. Damaging nature of decelerations: Do we adequately prepare players? **BMJ open sport & exercise medicine**, v. 4, n. 1, p., 2018.

HASAN, U. C.; SILVA, R.; CLEMENTE, F. Weekly variations of biomechanical load variables in professional soccer players: Comparisons between playing positions. **Human Movement**, v. 22, n. 1, p. 19-34, 2021.

HELGERUD, J.; ENGEN, L. C.; WISLOFF, U.; HOFF, J. Aerobic endurance training improves soccer performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, n. 11, p. 1925-1931, 2001.

HILL-HAAS, S.; COUTTS, A.; ROWSELL, G.; DAWSON, B. Variability of acute physiological responses and performance profiles of youth soccer players in small-sided games. **J Sci Med Sport**, v. 11, n. 5, p. 487-490, 2008.

HOPKINS, W. A new view of statistics. Internet Society for Sport Science. **Sportscience**, v., n., p., 2000.

HOPPE, M. W.; BAUMGART, C.; POLGLAZE, T.; FREIWALD, J. Validity and reliability of GPS and LPS for measuring distances covered and sprint mechanical properties in team sports. **PLoS One**, v. 13, n. 2, p. e0192708, 2018.

IMPELLIZZERI, F. M.; RAMPININI, E.; COUTTS, A. J.; SASSI, A.; MARCORA, S. M. Use of RPE-based training load in soccer. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, n. 6, p. 1042-1047, 2004.

IMPELLIZZERI, F. M.; MARGONATO, V.; CE, E.; VANNI, R.; VEICSTEINAS, A.; ESPOSITO, F. The use of heart rate reserve to monitor soccer-specific exercises. **Medicina Dello Sport**, v. 58, n. 2, p. 97-105, 2005.

ISPIRLIDIS, I.; FATOUROS, I. G.; JAMURTAS, A. Z.; NIKOLAIDIS, M. G.; MICHAELIDIS, I.; DOUROUDOS, I.; MARGONIS, K.; CHATZINIKOLAOU, A.; KALISTRATOS, E.; KATRABASAS, I.; ALEXIOU, V.; TAXILDARIS, K. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. **Clin J Sport Med**, v. 18, n. 5, p. 423-431, 2008.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **Br J Nutr**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

JASPERS, A.; BRINK, M. S.; PROBST, S. G.; FRENCKEN, W. G.; HELSEN, W. F. Relationships Between Training Load Indicators and Training Outcomes in Professional Soccer. **Sports Med**, v. 47, n. 3, p. 533-544, 2017.

JOHNSTON, R. D.; GABBETT, T. J.; JENKINS, D. G. Influence of playing standard and physical fitness on activity profiles and post-match fatigue during intensified junior rugby league competition. **Sports Medicine - Open**, v. 1, n. 1, p., 2015.

JULIAN, R.; PAGE, R. M.; HARPER, L. D. The Effect of Fixture Congestion on Performance During Professional Male Soccer Match-Play: A Systematic Critical Review with Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v., n., p. 1-19, 2020.

KALAPOTHARAKOS, V. I. Contextual Factors and Aerobic Fitness Influence Match Running Performance in Elite Soccer. **Science Performance and Science Reports**, v. 113, n., p. 3, 2020.

KEMPTON, T.; SIROTIC, A. C.; COUTTS, A. J. An integrated analysis of match-related fatigue in professional rugby league. **J Sports Sci**, v. 33, n. 1, p. 39-47, 2015.

KRUISTRUP, P.; MOHR, M.; ELLINGSGAARD, H.; BANGSBO, J. Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. **Med Sci Sports Exerc**, v. 37, n. 7, p. 1242-1248, 2005.

KRUISTRUP, P.; MOHR, M.; STEENSBERG, A.; BENCKE, J.; KJAER, M.; BANGSBO, J. Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 38, n. 6, p. 1165-1174, 2006.

LACOME, M.; SIMPSON, B.; BROAD, N.; BUCHHEIT, M. Monitoring Players' Readiness Using Predicted Heart Rate Responses to Football Drills. **Int J Sports Physiol Perform**, v., n., p. 1-25, 2018.

LAGO-PEÑAS, C.; REY, E.; LAGO-BALLESTEROS, J.; CASÁIS, L.; DOMÍNGUEZ, E. The influence of a congested calendar on physical performance in elite soccer. **J Strength Cond Res**, v. 25, n. 8, p. 2111-2117, 2011.

LAGO, C.; CASAIS, L.; DOMINGUEZ, E.; SAMPAIO, J. The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. **Eur J Sport Sci**, v. 10, n. 2, p. 103-109, 2010.

LAZARIM, F. L.; ANTUNES-NETO, J. M.; DA SILVA, F. O.; NUNES, L. A.; BASSINI-CAMERON, A.; CAMERON, L.-C.; ALVES, A. A.; BREZIKOFER, R.; DE MACEDO, D. V. The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. **J Sci Med Sport**, v. 12, n. 1, p. 85-90, 2009.

LIMA-ALVES, A.; CLAUDINO, J. G.; BOULLOSA, D.; COUTO, C. R.; TEIXEIRA-COELHO, F.; PIMENTA, E. M. The relationship between internal and external loads as a tool to monitor physical fitness status of team sport athletes: a systematic review. **Biol Sport**, v. 39, n. 3, p. 629-638, 2022.

LOMBARDI, G.; VITALE, J. A.; LOGOLUSO, S.; LOGOLUSO, G.; COCCO, N.; COCCO, G.; COCCO, A.; BANFI, G. Circannual rhythm of plasmatic vitamin D levels and the association with markers of psychophysical stress in a cohort of Italian professional soccer players. **Chronobiol Int**, v. 34, n. 4, p. 471-479, 2017.

LU, D.; HOWLE, K.; WATERSON, A.; DUNCAN, C.; DUFFIELD, R. Workload profiles prior to injury in professional soccer players. **Science and Medicine in Football**, v. 1, n. 3, p. 237-243, 2017.

MALONE, S.; DORAN, D.; AKUBAT, I.; COLLINS, K. The integration of internal and external training load metrics in hurling. **J Hum Kinet**, v. 53, n. 1, p. 211-221, 2016.

MALONE, S.; OWEN, A.; NEWTON, M.; MENDES, B.; COLLINS, K. D.; GABBETT, T. J. The acute:chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. **J Sci Med Sport**, v. 20, n. 6, p. 561-565, 2017.

MARTÍNEZ-AMAT, A.; BOULAIZ, H.; PRADOS, J.; MARCHAL, J. A.; PADIAL PUCHE, P.; CABA, O.; RODRÍGUEZ-SERRANO, F.; ARÁNEGA, A. Release of alpha-actin into serum after skeletal muscle damage. **Br J Sports Med**, v. 39, n. 11, p. 830-834, 2005.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance**: Lippincott Williams & Wilkins, 2010

MCGREGOR, S. J.; NICHOLAS, C. W.; LAKOMY, H. K.; WILLIAMS, C. The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a soccer skill. **J Sports Sci**, v. 17, n. 11, p. 895-903, 1999.

MCHUGH, M. P. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. **Scand J Med Sci Sports**, v. 13, n. 2, p. 88-97, 2003.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; JONES, A. M. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? **Sports Med**, v. 37, n. 10, p. 857-880, 2007.

MOHR, M.; KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. **J Sports Sci**, v. 21, n. 7, p. 519-528, 2003.

MOHR, M.; KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. Fatigue in soccer: a brief review. **J Sports Sci**, v. 23, n. 6, p. 593-599, 2005.

MOHR, M.; DRAGANIDIS, D.; CHATZINIKOLAOU, A.; BARBERO-ALVAREZ, J. C.; CASTAGNA, C.; DOUROUDOS, I.; AVLONITI, A.; MARGELI, A.; PAPASSOTIRIOU, I.; FLOURIS, A. D.; JAMURTAS, A. Z.; KRUSTRUP, P.; FATOUROS, I. G. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. **Eur J Appl Physiol**, v. 116, n. 1, p. 179-193, 2016.

MORANDI, R. F.; COELHO, D. B.; DE MELO, M. A. A.; SILAMI-GARCIA, E. Cinética da creatina quinase em jogadores de futebol profissional em uma temporada competitiva. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v. 13, n. 3, p. 189-194, 2011.

MORANDI, R. F.; PIMENTA, E. M.; ANDRADE, A. G. P.; SERPA, T. K. F.; PENNA, E. M.; COSTA, C. O.; JÚNIOR, M.; GARCIA, E. S. Preliminary Validation of Mirrored

Scales for Monitoring Professional Soccer Training Sessions. **J Hum Kinet**, v. 72, n., p. 265-278, 2020.

MOUGIOS, V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. **Br J Sports Med**, v. 41, n. 10, p. 674-678, 2007.

MURRAY, N. B.; GABBETT, T. J.; TOWNSHEND, A. D.; BLANCH, P. Calculating acute:chronic workload ratios using exponentially weighted moving averages provides a more sensitive indicator of injury likelihood than rolling averages. **Br J Sports Med**, v. 51, n. 9, p. 749-754, 2017.

NAIDU, S. A.; FANCHINI, M.; COX, A.; SMEATON, J.; HOPKINS, W. G.; SERPIELLO, F. R. Validity of Session Rating of Perceived Exertion Assessed via the CR100 Scale to Track Internal Load in Elite Youth Football Players. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 14, n. 3, p. 403-406, 2019.

NOVACK, L. F.; DE SOUZA, G. C.; CONDE, J. H. S.; DE SOUZA, R. O.; OSIECKI, R. Quantification of match internal load and its relationship with physical fitness and recovery state of professional soccer athletes during the competitive period. **Human Movement**, v. 19, n. 3, p. 30-37, 2018.

OWEN, A.; DUNLOP, G.; ROUISSI, M.; CHTARA, M.; PAUL, D.; ZOUHAL, H.; WONG DEL, P. The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. **J Sports Sci**, v. 33, n. 20, p. 2100-2105, 2015.

OWEN, A. L.; DJAOUI, L.; DELLAL, A.; ATES, O.; MENDES, B. Biochemical Response Comparisons of a Competitive Microcycle Vs. Congested Fixture Periods in Elite Level European Champions League Soccer Players. **J Complement Med Alt Healthcare**, v. 10, n. 1, p. 9, 2019.

PALUCCI VIEIRA, L. H.; AQUINO, R.; LAGO-PEÑAS, C.; MUNHOZ MARTINS, G. H.; PUGGINA, E. F.; BARBIERI, F. A. Running Performance in Brazilian Professional Football Players During a Congested Match Schedule. **J Strength Cond Res**, v. 32, n. 2, p. 313-325, 2018.

PIGGOTT, B.; NEWTON, M. J.; MCGUIGAN, M. R. The relationship between training load and incidence of injury and illness over a pre-season at an Australian football league club. **Journal of Australian Strength and Conditioning**, v. 17, n. 3, p., 2009.

PINO-ORTEGA, J.; ROJAS-VALVERDE, D.; GOMEZ-CARMONA, C. D.; BASTIDA-CASTILLO, A.; HERNANDEZ-BELMONTE, A.; GARCIA-RUBIO, J.; NAKAMURA, F. Y.; IBANEZ, S. J. Impact of Contextual Factors on External Load During a Congested-

Fixture Tournament in Elite U'18 Basketball Players. **Front Psychol**, v. 10, n., p. 1100, 2019.

RAMPININI, E.; BISHOP, D.; MARCORA, S. M.; FERRARI BRAVO, D.; SASSI, R.; IMPELLIZZERI, F. M. Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. **Int J Sports Med**, v. 28, n. 3, p. 228-235, 2007a.

RAMPININI, E.; COUTTS, A. J.; CASTAGNA, C.; SASSI, R.; IMPELLIZZERI, F. M. Variation in top level soccer match performance. **Int J Sports Med**, v. 28, n. 12, p. 1018-1024, 2007b.

REINHARDT, L.; SCHULZE, S.; SCHWESIG, R.; KURZ, E. Physical Match Performance in Sub-elite Soccer Players - Introduction of a new Index. **Int J Sports Med**, v. 41, n. 12, p. 858-866, 2020.

REY, E.; LAGO-PEÑAS, C.; LAGO-BALLESTEROS, J.; CASAIS, L.; DELLAL, A. THE EFFECT OF A CONGESTED FIXTURE PERIOD ON THE ACTIVITY OF ELITE SOCCER PLAYERS. **Biol Sport**, v. 27, n. 3, p., 2010.

RODRIGUES, L. O. C.; SILAMI-GARCIA, E. **Fadiga: falha ou mecanismo de proteção?** Belo Horizonte, 1998, v.III (Temas atuais em Educação Física e Esportes III)

RUSSELL, M.; SPARKES, W.; NORTHEAST, J.; COOK, C. J.; LOVE, T. D.; BRACKEN, R. M.; KILDUFF, L. P. Changes in Acceleration and Deceleration Capacity Throughout Professional Soccer Match-Play. **J Strength Cond Res**, v. 30, n. 10, p. 2839-2844, 2016.

SAIDI, K.; ZOUHAL, H. Effects of a six-week period of congested match play on plasma volume variations, hematological parameters, training workload and physical fitness in elite soccer players. v. 14, n. 7, p. e0219692, 2019.

SAWKA, M. N.; MONTAIN, S. J.; LATZKA, W. A. Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat. **Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol**, v. 128, n. 4, p. 679-690, 2001.

SCHMITT, A.; WALLAT, D.; STANGIER, C.; MARTIN, J. A.; SCHLESINGER-IRSCH, U.; BOECKER, H. Effects of fitness level and exercise intensity on pain and mood responses. **European Journal of Pain**, v. 24, n. 3, p. 568-579, 2020.

SCHNEIDER, C.; HANAKAM, F.; WIEWELHOVE, T.; DOWELING, A.; KELLMANN, M.; MEYER, T.; PFEIFFER, M.; FERRAUTI, A. Heart Rate Monitoring in Team Sports-

A Conceptual Framework for Contextualizing Heart Rate Measures for Training and Recovery Prescription. **Front Physiol**, v. 9, n., p. 639, 2018.

SCRIBBANS, T. D.; BERG, K.; NARAZAKI, K.; JANSSEN, I.; GURD, B. J. Heart rate during basketball game play and volleyball drills accurately predicts oxygen uptake and energy expenditure. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 55, n. 9, p. 905-913, 2015.

SILVA, A.; NARCISO, F. V.; SOALHEIRO, I.; VIEGAS, F.; FREITAS, L. S.; LIMA, A.; LEITE, B. A.; ALEIXO, H. C.; DUFFIELD, R.; DE MELLO, M. T. Poor Sleep Quality's Association With Soccer Injuries: Preliminary Data. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 15, n. 5, p. 671-676, 2019.

SILVA, J. R.; RUMPF, M. C.; HERTZOG, M.; CASTAGNA, C.; FAROOQ, A.; GIRARD, O.; HADER, K. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Med**, v. 48, n. 3, p. 539-583, 2018.

SMITH, D. J. A framework for understanding the training process leading to elite performance. **Sports Medicine**, v., n., p. 1103-1126, 2003.

SOLIGARD, T.; SCHWELLNUS, M.; ALONSO, J. M.; BAHR, R.; CLARSEN, B.; DIJKSTRA, H. P.; GABBETT, T.; GLEESON, M.; HAGGLUND, M. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. v. 50, n. 17, p. 1030-1041, 2016.

STOLEN, T.; CHAMARI, K.; CASTAGNA, C.; WISLOFF, U. Physiology of soccer: an update. **Sports Med**, v. 35, n. 6, p. 501-536, 2005.

SUAREZ-ARRONES, L.; NÚÑEZ, J.; MUNGUÍA-IZQUIERDO, D.; PORTILLO, J.; MENDEZ-VILLANUEVA, A. Impact of several matches in a day on physical performance in rugby sevens referees. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 8, n. 5, p. 496-501, 2013.

SUAREZ-ARRONES, L.; TORRENO, N.; REQUENA, B.; SAEZ DE VILLARREAL, E.; CASAMICHANA, D.; BARBERO-ALVAREZ, J. C.; MUNGUÍA-IZQUIERDO, D. Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 55, n. 12, p. 1417-1422, 2015.

SWAIN, D. P.; LEUTHOLTZ, B. C.; KING, M. E.; HAAS, L. A.; BRANCH, J. D. Relationship between % heart rate reserve and % VO₂ reserve in treadmill exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, n. 2, p. 318-321, 1998.

SWEETING, A. J.; CORMACK, S. J.; MORGAN, S.; AUGHEY, R. J. When Is a Sprint a Sprint? A Review of the Analysis of Team-Sport Athlete Activity Profile. **Front Physiol**, v. 8, n., p. 432, 2017.

TAYLOR, R. J.; SANDERS, D.; MYERS, T.; AKUBAT, I. Reliability and Validity of Integrated External and Internal Load Ratios as Measures of Fitness in Academy Rugby Union Players. **J Strength Cond Res**, v. 34, n. 6, p. 1723-1730, 2020.

THORNTON, H. R.; DELANEY, J. A.; DUTHIE, G. M.; DASCOMBE, B. J. Developing Athlete Monitoring Systems in Team Sports: Data Analysis and Visualization. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 14, n. 6, p. 698-705, 2019.

TOMAZOLI, G.; MARQUES, J. B.; FAROOQ, A.; SILVA, J. R. Estimating Postmatch Fatigue in Soccer: The Effect of Individualization of Speed Thresholds on Perceived Recovery. **Int J Sports Physiol Perform**, v., n., p. 1-7, 2020.

TORRENO, N.; MUNGUÍA-IZQUIERDO, D.; COUTTS, A.; DE VILLARREAL, E. S.; ASIAN-CLEMENTE, J.; SUAREZ-ARRONES, L. Relationship Between External and Internal Loads of Professional Soccer Players During Full Matches in Official Games Using Global Positioning Systems and Heart-Rate Technology. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 11, n. 7, p. 940-946, 2016.

TOTSUKA, M.; NAKAJI, S.; SUZUKI, K.; SUGAWARA, K.; SATO, K. Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. **J Appl Physiol**, v. 93, n. 4, p. 1280-1286, 2002.

VARLEY, M. C.; AUGHEY, R. J. Acceleration profiles in elite Australian soccer. **Int J Sports Med**, v. 34, n. 01, p. 34-39, 2013.

WATSON, A.; BRICKSON, S.; BROOKS, M. A.; DUNN, W. Preseason aerobic fitness predicts in-season injury and illness in female youth athletes. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 9, p. 2325967117726976, 2017.

WEAVING, D.; SCANTLEBURY, S.; ROE, G. A.; JONES, B. Re: The Integration of Internal and External Training Load Metrics in Hurling - Interpretation Beyond a Significant Relationship Required. **J Hum Kinet**, v. 60, n., p. 5-7, 2017.

WILKE, C. F.; RAMOS, G. P.; PACHECO, D. A.; SANTOS, W. H.; DINIZ, M. S.; GONCALVES, G. G.; MARINS, J. C.; WANNER, S. P.; SILAMI-GARCIA, E. Metabolic Demand and Internal Training Load in Technical-Tactical Training Sessions of Professional Futsal Players. **J Strength Cond Res**, v. 30, n. 8, p. 2330-2340, 2016.

WILKE, C. F.; FERNANDES, F. A. P.; MARTINS, F. V. C.; LACERDA, A. M.; NAKAMURA, F. Y.; WANNER, S. P.; DUFFIELD, R. Faster and slower posttraining recovery in futsal: multifactorial classification of recovery profiles. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 14, n. 8, p. 1089-1095, 2019.

WILKE, C. F.; WANNER, S. P.; SANTOS, W. H.; PENNA, E. M.; RAMOS, G. P.; NAKAMURA, F. Y.; DUFFIELD, R. Influence of faster and slower recovery-profile classifications, self-reported sleep, acute training load, and phase of the microcycle on perceived recovery in futsal players. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 15, n. 5, p. 648-653, 2020.

WINDT, J.; GABBETT, T. J. Is it all for naught? What does mathematical coupling mean for acute:chronic workload ratios? **Br J Sports Med**, v., n., p., 2018.

ZURUTUZA, U.; CASTELLANO, J.; ECHEAZARRA, I.; CASAMICHANA, D. Absolute and Relative Training Load and Its Relation to Fatigue in Football. **Front Psychol**, v. 8, n., p. 878, 2017.

APÊNDICES

a) Artigo publicado na revista *Biology of Sport* relacionado ao tema da tese.

The Relationship Between Internal and External Loads as A Tool to Monitor Physical Fitness Status of Team Sport Athletes: A Systematic Review

Alves AL^{1,2}, Claudino JG^{3,4}, Boullosa D⁵, Rangel CC⁶, Teixeira-Coelho F⁷, Pimenta EM¹

¹, School of Physical Education, Physiotherapy and Occupational Therapy, Universidade Federal de Minas Gerais, Sports Department, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

² Associação Chapecoense de Futebol, Santa Catarina, Brazil.

³ School of Physical Education and Sport, Universidade de São Paulo, Laboratory of Biomechanics, São Paulo, São Paulo, Brazil.

⁴ LOAD CONTROL, Research and Development Department, Contagem, Minas Gerais, Brazil.

⁵ Instituto Integrado de Saúde, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brazil.

⁶ Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix Universidade Federal de Minas Gerais.

⁷ Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Departamento de Ciências do Esporte, Instituto de Ciências da Saúde, Uberaba, MG, Brasil.

Head Title: Internal and External Loads for Physical Fitness Monitoring

Abstract

The efficiency index (Effindex) combines internal and external loads, and it has been considered a promising tool to evaluate physical fitness status. However, its real applicability and limitations have not been elucidated yet. To examine and discuss the findings from studies that used Effindex as a tool for the evaluation of physical fitness status in team sports. A systematic search was performed using the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). The databases conferred were PubMed, Scopus, Web of Science, SPORTDiscus, MEDLINE and CINAHL. The articles selected were published up to March 2021. Fourteen articles were included after meeting the inclusion criteria. A wide variety of combinations of external and internal loading parameters to calculate Effindex were found. The pooled sample included 349 male participants (23 ± 3 years). Fifty-nine percent of the sample were soccer players, 20% rugby players, 10% Australian football players, 7% hurling players, and 4% basketball players. Most Effindex calculations used total distance (TD) divided by heart rate derived parameters. However, recent studies have suggested the use of accelerations as the external load parameter. Effindex is a simple and powerful tool for the evaluation of physical fitness status in

team sports athletes. The disparity of external and internal loading parameters used to calculate Effindex may affect its sensitivity to detect changes in fitness status in different team sport settings. More studies with indoor team sports and female athletes are warranted.