

CAITO ANDRÉ KUNRATH

**A FADIGA MENTAL COMO FATOR CONDICIONANTE DO DESEMPENHO
NO FUTEBOL: UMA PERSPECTIVA COGNITIVA, TÁTICA E FÍSICA**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019

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

T

K96f
2019
Kunrath, Caito André, 1989-
A fadiga mental como fator condicionante do desempenho no
futebol : uma perspectiva cognitiva, tática e física / Caito André
Kunrath. - Viçosa, MG, 2019.
xiv, 77f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Israel Teoldo da Costa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Jogadores de futebol. 2. Desempenho. 3. Fadiga. 4. Cognição.
5. Tática. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.
II. Título.

CDD 22. ed. 796.334

CAITO ANDRÉ KUNRATH

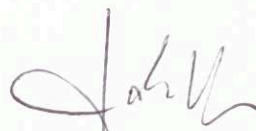
**A FADIGA MENTAL COMO FATOR CONDICIONANTE DO DESEMPENHO
NO FUTEBOL: UMA PERSPECTIVA COGNITIVA, TÁTICA E FÍSICA**

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

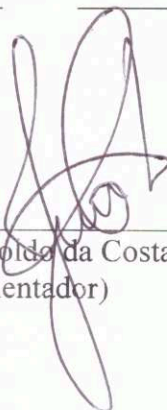
APROVADA: 20 de maio de 2019.



Paulo Roberto dos Santos Amorim



Fábio Yuzo Nakamura



Israel Teófilo da Costa
(Orientador)

Dedico à Jaqueline, minha fiel companheira.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua infinita bondade e eterna misericórdia. Obrigado, Senhor, por ouvir e responder cada oração, prece, angústia e, mesmo quando permeou o silêncio, este foi remédio para minh'alma. Grato por viver momentos maravilhosos nesta cidade tão querida e de pessoas especiais que, muito além do que apenas amigos, foram minha família durante este tempo. Obrigado porque proporcionaste um momento ímpar de formação acadêmica, e sobretudo, de vida.

À Jaqueline, minha amada esposa. Você abdicou do conforto, dos interesses pessoais e profissionais para viver este sonho comigo. Obrigado por aceitar este desafio e fazer meus dias em Viçosa terem mais sentido, nos quais aprendi que precisamos de tão pouco para sermos tão felizes. Nos dias tristes, você me consolou. Nos dias cinzas, você os coloriu. Nos dias felizes, você comemorou comigo. Você é a pessoa mais importante da minha vida. Esta vitória é nossa, te amo!

Aos meus pais, Nestor e Martha que nunca mediram esforços para contribuir em minha vida pessoal e profissional, seja com palavras duras ou regadas de amor. Vocês são, para sempre, meus modelos de caráter e retidão na vida.

Aos meus pais de Viçosa, Delly e Luci. Não há palavras que possam expressar a profunda gratidão que sinto ao lembrar dos momentos compartilhados. Muito mais do que proporcionar um lugar especial para morar, vocês me ensinaram a amar ao próximo, a compartilhar refeições com amigos, a contar bênçãos, a orar com mais frequência e a valorizar cada momento da vida. Espero ansiosamente recebê-los em Estrela/RS.

Ao Pedro Paulo e Liz, pelos momentos em família compartilhados. Observá-los educando os amados João, Davi e Maria foram importantes para a minha formação como pessoa e futuro pai. Os momentos de “treinamento” com João e Davi foram uma experiência fantástica que levarei para a vida.

Ao meu irmão Tinho, cunhada Juliana e sobrinho Vicente. Vocês são uma das maiores alegrias da minha vida. Acreditem!

Aos meus avós Nestor e Lony, Barbosa (*in memorian*) e Elida (*in memorian*) pelo exemplo de vida, amor e honestidade.

Aos meus sogros Rogério e Clarise pelo apoio incondicional desde nossa mudança para Viçosa. Neste tempo distante senti ainda mais responsabilidade pelo cuidado com a Jaque.

Aos meus sócios “prediletos” Diego e Tales com os quais tenho o prazer de conviver diariamente. Vocês compartilharam este sonho comigo, me apoiaram em todas as situações e proporcionaram a tranquilidade necessária para concluir esta etapa.

Aos alunos/amigos Adriano, Ana Júlia, Ciro, Eduardo, Elmar, Éti, Juca, Lory, Marcelo, Dani, Marília e Sandra pela compreensão no meu período de afastamento.

Aos amigos Jo Hauschildt, Jô Pereira e João Wagi pela amizade. Apesar do pouco contato nos últimos anos vocês permanecem comigo.

Aos queridos irmãos e às famílias da Igreja Presbiteriana de Viçosa pelo acolhimento desde o início. Nos momentos de apreensão, vocês fizeram a diferença. São tantas pessoas que estenderam a mão oferecendo ajuda que fica impossível mencionar todos.

Ao casal Danilo e Viviane Araújo, pelo exemplo de amor e cuidado com a família. Eu e a Jaque somos gratos pela companhia tão amorosa e divertida desde os primeiros dias em Viçosa. Aguardamos uma visita de vocês em nossa casa.

Ao Leonardo Corrêa, pelos momentos de tristezas, incertezas, comunhão e alegria compartilhados. Seus últimos dias em Viçosa foram tempos difíceis que me ensinaram a valorizar cada momento compartilhado com uma amizade verdadeira. Eu e a Jaque te amamos muito e as portas de nossa casa estarão sempre abertas para ti e para tua futura esposa, é claro.

Ao Evandro (Monstro) pela parceria gaudéria. Tomar chimarrão, comer pipoca e cachorro quente, falar de futebol e lembrar de costumes sulistas ficarão gravados em minha memória. Obrigado por enviar aquela mensagem me convidando para participar do nosso Grupo de Convivência.

Ao Marcelo, meu grande amigo. Você é exemplo do conhecimento mais importante que podemos adquirir nesta vida. Obrigado por ter sido tão importante em momentos difíceis e pela companhia em tantas ocasiões.

Ao Wender, pela amizade especial e pelo exemplo de calma e retidão em meio as tempestades da vida. Acompanhá-lo em momentos decisivos foi gratificante. Com você aprendi a valorizar cada amizade, cada etapa, cada momento. Juntos tivemos tantas sacadas da vida! Obrigado por tudo, meu irmão.

Ao Juan “penteca” pela preciosa amizade. Você é especial, meu querido.

Aos amigos, Malber e Airton. Obrigado pela companhia sempre divertida. Um abraço do *coach!*

Ao Grupo de Convivência da Pós, Adassa, Alice, Andrea, Brauly, Cássia, Dani, Douglas, Elder, Fran, Henrique, Lisbetd, Luna, Odyone e Wagner. Vocês foram muito importantes nesta caminhada. Nos dias mais difíceis, vocês estiveram ao meu lado.

Aos amigos/amigas do grupo de oração, em especial a querida Edinea! Obrigado pela preocupação de mãe, principalmente nos últimos dias dessa jornada. Contigo aprendi que devemos orar sem cessar, confiar em Deus e se preocupar mais com o próximo.

Ao Felipe Dambroz, pela lealdade pessoal e profissional demonstrada durante este árduo processo. Você é um grande homem, com um grande coração e caráter. Sua disposição em ajudar os amigos, no que for necessário, é uma característica marcante. Muito obrigado por tudo!

Ao Fábio Moraes, que mesmo pelo pouco tempo de convivência trouxe uma alegria contagiante no ambiente de trabalho. Foi um privilégio contar com sua amizade durante este período.

Ao Felipe Cardoso, pela ajuda durante todo o tempo que estive em Viçosa. Seu zelo em questões profissionais e pessoais foram muito importantes durante todo o processo. Levo sua amizade para a vida. Muito obrigado!

Ao Rodrigo Santos, pela amizade e exemplo de retidão. Jamais imaginaria o quanto sua companhia se tornaria apreciável, em especial no último ano de convivência. A permanente disponibilidade em ajudar no que for necessário revela seu precioso caráter.

Ao Marcos Paulo, por tantos momentos compartilhados, em especial naqueles de resenha da bola. As inúmeras mensagens enviadas de apoio foram muito importantes. Muito obrigado! Espero ansiosamente pela reunião dos amigos em Santos e, com os pés na areia, relembrar estas incríveis experiências. Obrigado pelo livro!

Ao Felipe Moniz, pela sua marcante característica de amar o próximo (sem esperar nada em troca), seja com a contagiante alegria ou com o qualificado trabalho. Sem dúvidas, a convivência diária contigo faz de todos nós, seus amigos e colegas, pessoas melhores.

Ao Henrique Bueno, pela alegria compartilhada em tantas oportunidades. A tranquilidade que você teve para solucionar problemas em momentos de tensão foi um valioso exemplo para mim. Obrigado pelo carinho demonstrado em todos os momentos que passamos juntos nesta caminhada.

Ao Guilherme Machado, meu companheiro de mestrado. Um dia vou dizer para meus amigos, com muito orgulho: “Conhece este autor, Machado? Foi meu colega de mestrado”. Obrigado por cada gota de suor compartilhada.

Ao Marcelo Cabral, pela serenidade, tranquilidade e inúmeros conselhos dados ao longo desta caminhada. A maneira que você conduz questões pessoais e profissionais é um exemplo a ser seguido.

Ao Lucas Mantovani, pelo comprometimento que demonstra com seus amigos. Obrigado por estar sempre ao meu lado, mesmo não convivendo diariamente.

Ao Matheus Torres, pelo respeito, amizade e comprometimento demonstrado ao longo desta caminhada.

Ao Bernardo Cabeção pela disponibilidade e companhia agradável em momentos marcantes de alegria.

Ao Iago, que mesmo com o pouco tempo de convivência, tornou-se um valioso amigo.

Ao Petterson, Aداون, Emílio, Yago, William, Amanda, Pedro e Luciano, pela disposição e seriedade na coleta de dados.

À Larissa e Stéfany, por serem gurias tão bacanas e demonstrarem carinho diariamente.

À Débora Macedo, por ser uma amiga tão atenciosa e preocupada durante todo o processo.

Aos jogadores voluntários que participaram, com muito empenho, desta pesquisa. A alegria transmitida por vocês fez com que este período fosse prazeroso.

Aos amigos do “Open Love” pela alegria diária com piadas, *gifts*, “é mesmo?”, “caiu” e tantas outras bobagens que fazem a vida ser mais leve e divertida.

Ao “papai” Mister (Matheus Cerqueira) pela amizade e pela segurança transmitida em momentos de tensão, principalmente na minha chegada em Viçosa. Sua capacidade de trazer alegria ao ambiente tornou meus dias mais agradáveis. Levo você em meu coração, amigo!

Ao Pedro Ferreti, pela sua amizade, confiança e trabalho compartilhado ao longo desta caminhada.

Ao Luiz Fernando, pela amizade desde 2012 iniciada na Especialização em Futebol. Sua dedicação à amizade verdadeira e ao futebol é um exemplo para mim.

Aos amigos da bola Rodrigo Ferrari e Pedro Francke, pela valiosa amizade e contribuição que tiveram na minha carreira profissional. Espero poder conviver diariamente com vocês em mais oportunidades.

Ao Eder Gonçalves, pois foi a primeira pessoa que acreditou no meu potencial acadêmico. Sem a sua confiança certamente não teria vivenciado tudo isso. Serei eternamente grato!

Ao Davi Silva, pela importância que teve para minha entrada no mestrado.

Ao meu primeiro treinador Ildo Pedro Schmidt, pelo exemplo e dedicação incansável ao futebol. Grato também aos treinadores Nei e Virlei, por insistirem nos “89” do Cristo Rei. Vocês contribuíram na formação de muitos cidadãos.

Aos amigos do futebol e da vida, Nego, Mano, Bode, Beto, Getúlio, Guto, Tiago, Ica, Ivan e Rodrigo. Obrigado por compartilharem tantas histórias engraçadas desde a infância até os dias de hoje.

Ao Prof. Carlos Leandro Tiggemann pela preciosa amizade e confiança depositada em meu trabalho. Espero continuar com esta parceria por longos anos!

Aos funcionários do Departamento de Educação Física, em especial Ritinha, Zé Francisco, Rayanna e Maisa. Muito obrigado!

Ao Prof. Fábio Nakamura, pela qualificada contribuição neste trabalho e pelas palavras de incentivo nos momentos finais.

Ao meu orientador, Prof. Israel Teoldo, por me dar a oportunidade para trabalhar com um grupo de pessoas tão qualificadas e, ao mesmo tempo, tão humanas. Obrigado por tantos conselhos, sugestões, orientações e, especialmente, pelo tempo investido na minha formação. Através da oportunidade que você proporcionou pude me aperfeiçoar como estudante, mas acima de tudo, conheci tantas pessoas, passei por experiências fantásticas e, certamente, vivenciei os dias mais intensos até aqui. Palavras não são suficientes para demonstrar o sentimento de gratidão que sinto por tudo isso.

Muito obrigado!

*O medo se vai
Quando ouço a voz do alto me dizer:
Sê valente, sê valente!*

(Marcos Almeida)

LISTA DE TABELAS**ESTUDO 1**

Tabela 1. PICO (Participantes, intervenção, comparação e *outcomes* - resultados)..... 26

ESTUDO 2

Tabela 1. Média e desvio padrão da eficiência do comportamento tático 54

Tabela 2. Média e desvio padrão dos dados de desempenho físico..... 54

ESTUDO 3

Tabela 1. Média e desvio padrão da frequência do comportamento tático..... 73

Tabela 2. Média e desvio padrão do percentual de acerto do comportamento tático 74

Tabela 3. Média e desvio padrão dos dados físicos 75

LISTA DE FIGURAS

ESTUDO 1

Figura 1. Fluxograma do processo para pesquisa dos artigos. 28

ESTUDO 2

Figura 1. Representação da estrutura física do teste de campo do FUT-SAT 52

ESTUDO 3

Figura 1. Aplicação do teste de Percepção Periférica no Sistema de Testes de Viena.. 67

Figura 2. Representação da estrutura física do teste de campo do FUT-SAT 69

Figura 3. Comparação das medidas subjetivas de fadiga mental nos momentos pré e pós ao teste de *Stroop*..... 72

Figura 4. Comparação da média do campo visual da amostra nos momentos pré e pós ao teste de *Stroop*..... 72

LISTA DE QUADROS**ESTUDO 1**

Quadro 1. Sumário dos protocolos de intervenção de fadiga mental, protocolos de exercício e principais resultados	30
--	----

ESTUDO 3

Quadro 1. Princípios táticos fundamentais do jogo de futebol.....	68
--	----

RESUMO

KUNRATH, Caito André, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2019. **A Fadiga Mental Como Fator Condicionante do Desempenho no Futebol: Uma Perspectiva Cognitiva, Tática e Física**. Orientador: Israel Teoldo da Costa.

Até o momento, poucos são os estudos que se propuseram a investigar a fadiga mental como um fator condicionante do desempenho no futebol. Desde a primeira publicação em 2015, oito artigos estão disponíveis nas bases de dados *PubMed*, *Web of Science* e *SCOPUS*. Nestes artigos, observa-se que a fadiga mental origina uma redução na tolerância ao exercício em testes físicos, enquanto em jogos reduzidos estes efeitos ainda não são explicados com clareza. Também são verificados efeitos negativos sobre a precisão de passes e a qualidade geral das ações em formato de testes e jogos reduzidos, e na capacidade dos jogadores em tomar decisões, de modo a aumentar o tempo necessário para fazê-las e diminuir sua acurácia. A fadiga mental também parece reduzir a capacidade dos jogadores em coordenar movimentos verticais e horizontais em uma equipe. No entanto, estes indicadores possibilitam avaliar apenas a sincronia entre os jogadores das equipes, e não necessariamente representam o desempenho dos jogadores. Na presente dissertação foram considerados indicadores de desempenho cognitivos, táticos e físicos, através da percepção periférica, dos princípios táticos fundamentais e da distância percorrida pelos jogadores, respectivamente. No primeiro momento, foi conduzido um estudo piloto em que foi observada uma redução sobre a eficiência do comportamento tático, especialmente em ações relacionadas aos princípios táticos de equilíbrio ($p=0,028$) e unidade defensiva ($p=0,008$), além de maior distância percorrida em intensidades médias ($p=0,032$) e elevadas ($p=0,002$) sob fadiga mental. No segundo estudo empírico, foi verificado como a fadiga mental influencia a percepção periférica, o comportamento tático e o desempenho físico dos jogadores. A fadiga mental reduziu a percepção periférica dos jogadores ($p=0,035$), condicionando-os a priorizarem ações de penetração ($p=0,042$) e mobilidade ($p=0,005$), e de cometerem maior número de erros nas ações de contenção ($p=0,003$), equilíbrio ($p<0,001$), concentração ($p=0,001$) e unidade defensiva ($p=0,001$). Os jogadores também percorreram maior distância total ($p=0,008$) e em corrida leve ($p=0,001$), além de menor distância em caminhada ($p=0,027$). De acordo com estes resultados, conclui-se que a fadiga mental é um fator que condiciona o desempenho de jogadores de futebol.

ABSTRACT

KUNRATH, Caito André, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2019. **Mental Fatigue As a Conditioner of Performance In Soccer: A Cognitive, Tactical and Physical Perspective.** Advisor: Israel Teoldo da Costa.

To date, few studies have attempted to investigate mental fatigue as a conditioning factor in soccer performance. Since the first paper published in 2015, eight papers are available in the PubMed, Web of Science and SCOPUS databases. In these papers, mental fatigue impairs exercise tolerance in physical tests, whereas in small-sided games these effects are not explained clearly. Mental fatigue caused negative effects on pass accuracy and overall quality of actions in tests and small-sided games and the players' ability to make decisions are also seen to increase the time required to do them and decrease accuracy of actions. Mental fatigue also seems to reduce players' ability to coordinate vertical and horizontal movements. However, these indicators make it possible to evaluate only the synchrony between the players of a team, not necessarily represent players' performance. In this dissertation, cognitive, tactical and physical performance variables were considered through peripheral perception, fundamental tactical principles and distance covered by players, respectively. Firstly, we have conducted a pilot study in which a reduction in tactical behavior efficiency was verified, especially in actions related to the tactical defensive principles of balance ($p=0,028$) and defensive unity ($p=0,008$), besides the greater distance covered in medium ($p=0,032$) and high intensities ($p=0,002$). In the second empirical study, we investigated how mental fatigue influences peripheral perception, tactical behavior, and physical performance of soccer players. Mental fatigue has reduced players' ability to identify peripheral stimuli, conditioning them to prioritize penetration ($p=0,042$) and dept mobility ($p=0,005$) actions and commit more errors in tactical actions of delay ($p=0,003$), balance ($p=<0,001$), concentration ($p=0,001$) and defensive unity ($p=0,001$). Also, the players covered greater total distance ($p=0,008$) and jogging ($p=0,001$), as well as lower distance walking ($p=0,027$). According to the findings, it is concluded that mental fatigue is a factor that affects soccer players' performance.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
OBJETIVOS	4
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	4
ESTUDO 1.....	8
ESTUDO 2.....	31
ESTUDO 3.....	46
DISCUSSÃO GERAL.....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS	74

INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, um dos interesses das Ciências do Exercício e do Esporte está centralizado na compreensão dos mecanismos e dos efeitos da fadiga relacionados a otimização do desempenho (ENOKA; DUCHATEAU, 2016; PERREY; BESSON, 2018). Pelo fato de possuir uma característica fundamental para o desempenho, a fadiga tem sido investigada a partir de diferentes abordagens e disciplinas, tais como a bioquímica, biomecânica, fisiologia e, mais recentemente, a psicologia (NOAKES, 2000; SILVA-JÚNIOR et al., 2016; VAN CUTSEM et al., 2017; MCMORRIS et al., 2018).

Embora seja um tema atual de pesquisa, uma das primeiras evidências da fadiga advém do ano de 1891, através do professor e fisiologista Angelo Mosso. Em um de seus experimentos, Angelo Mosso comparou o desempenho motor em tarefas de preensão manual de seus colegas após lecionarem por horas com o desempenho na mesma tarefa em dias de descanso. Estes resultados forneceram indícios de que uma suposta fadiga mental causaria prejuízos ao desempenho motor, permitindo inferir que os mecanismos da fadiga estariam relacionados também aos aspectos mentais. Curiosamente, as pesquisas subsequentes às evidências de Angelo Mosso não enfatizaram o papel de aspectos mentais nos mecanismos da fadiga (DI GIULIO, 2011).

Historicamente, um dos modelos tradicionais utilizado em pesquisas na fisiologia do exercício é o modelo de Hill, Long e Lupton (1924), denominado cardiovascular-catastrófico. Neste modelo, os pesquisadores associam a fadiga principalmente à insuficiência do sistema cardiovascular para suprir as demandas de oxigênio no exercício, à produção de lactato sanguíneo e à reduzida capacidade de contração muscular. Este modelo prevê que na medida em que a fadiga periférica é desenvolvida durante o exercício, há um mecanismo compensatório do sistema nervoso central que recruta fibras musculares adicionais que auxiliam na manutenção da taxa de trabalho. Progressivamente, esse processo continuaria até que as unidades motoras disponíveis nos músculos seriam recrutadas, alcançando um ponto em que a taxa de trabalho cairia e a fadiga seria manifestada (HILL; LONG; LUPTON, 1924).

Em contraponto ao modelo cardiovascular-catastrófico, recentes evidências mostram que somente os fatores associados à capacidade de gerar contração muscular não poderiam determinar a regulação do desempenho físico e a tolerância ao exercício (NOAKES; GIBSON, 2004; MARCORA, 2009). Em esforço prolongado, por exemplo, estudos mostram que há um recrutamento de aproximadamente 35-50% das fibras

musculares diretamente envolvidas na tarefa física (AMMAN et al., 2006), sendo que esta quantidade chega a um total de 60% em condições máximas de esforço (SLONIGER et al., 1997a; SLONIGER et al., 1997b). Nesse sentido, há evidências de que o desempenho físico não é determinado pela capacidade de gerar força muscular, mas pela disposição em realizar um esforço máximo (motivação) e pela forma como é percebida a tarefa física (percepção do esforço) (BLANCHFIELD et al., 2014; MARCORA, 2010; MARCORA; STAIANO, 2010). Inclusive, um estudo conduzido por Blanchfield e colaboradores (2014) mostra que estratégias de *self-talk* motivacional reduzem a percepção subjetiva do esforço, aumentando a tolerância ao esforço físico em teste de carga constante.

Com o propósito de compreender a importância dos aspectos mentais relacionados aos mecanismos da fadiga, pesquisas recentes têm adotado protocolos experimentais que induzem fadiga mental através de tarefas cognitivas com a finalidade de observar seus efeitos sobre o desempenho no exercício físico (MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; BROWNSBERGER et al., 2013; MARTIN et al., 2016). Na literatura, a fadiga mental é conceituada como uma sensação experimentada durante ou depois de prolongado período de atividade cognitiva, caracterizado pelo sentimento de cansaço e falta de energia (BOKSEM; TOPS, 2008; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009). Em estudos que testaram a hipótese de que a fadiga mental exerceria efeitos negativos sobre o desempenho físico, pesquisadores observaram que a motivação e, principalmente, os níveis elevados de percepção subjetiva do esforço seriam fatores preponderantes que explicariam a redução do desempenho físico após o esforço mental prolongado (VAN CUTSEM et al., 2017). Estas explicações estão centralizadas no modelo psicobiológico, considerando que a regulação consciente (tomada de decisão) do ritmo do exercício seria determinada pela motivação e, sobretudo, pela percepção subjetiva do esforço (SMIRMAUL et al., 2013; PAGEAUX, 2014).

Uma vez estabelecidos os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho físico em atividades de resistência onde a tomada de decisão é baseada no esforço (VAN CUTSEM et al., 2017; PAGEAUX; LEPERS, 2018), pressupõe-se que em esportes nos quais há elevada exigência das habilidades perceptivo-cognitivas estas consequências sejam potencializadas (COUTTS, 2016). No futebol, apesar das exigências metabólicas aeróbicas e de resistência estarem presentes no jogo, as inúmeras situações de tomada de decisão estão centralizadas nos problemas acerca dos objetivos e da gestão do espaço de jogo (GARGANTA, 1997; TEOLDO; GARGANTA; GUILHERME, 2015). Assim, faz-

se importante destacar que subjacente a cada posicionamento ou movimentação direcionado à resolução dos problemas de ordem tática no jogo, ocorre um processo complexo que envolve múltiplos aspectos cognitivos dos jogadores, entre eles o processamento da informação, a atenção/concentração, a memória e a percepção visual (central e periférica) (MCPHERSON, 1994; TEOLDO; GARGANTA; GUILHERME, 2015).

No futebol, observa-se atualmente uma crescente exigência no que se refere à velocidade de processamento das informações, da antecipação das ações, das tomadas de decisões e, por outro lado, da velocidade de execução das ações técnicas e físicas direcionadas à solução dos problemas do jogo (TEOLDO et al., 2010). Paralelamente ao desgaste físico oriundo das ações físicas e técnicas no futebol (MOHR; KRUSTRUP; BANGSBO, 2003; DI SALVO et al., 2009; RAMPININI et al., 2009), o desgaste cognitivo decorrente das inúmeras situações de tomada de decisão que ocorrem em uma partida de futebol pode ser apontado como um possível fator a influenciar o desempenho dos jogadores (NÉDELÉC, 2012; SMITH et al., 2018).

A partir da primeira publicação no ano de 2015, nota-se um crescente interesse em pesquisas que investigaram os possíveis efeitos da fadiga mental sobre o desempenho em jogadores de futebol (SMITH; MARCORIA; COUTTS, 2015; SMITH et al., 2016a; SMITH et al., 2017). Recentemente, dois estudos investigaram os efeitos da fadiga mental sobre a sincronia entre os jogadores das equipes e o desempenho físico em jogos reduzidos (COUTINHO et al., 2017; 2018). Apesar destas pesquisas mostrarem resultados que esclarecem os efeitos da fadiga mental sobre o comportamento coletivo das equipes, não necessariamente o nível de sincronia apresentado pelos jogadores deve ser considerado um indicador de desempenho tático. Além disso, ainda não são encontradas pesquisas que consideraram variáveis cognitivas, táticas e físicas em estudo único.

Com o propósito de avançar nesta área de conhecimento, considerar as soluções práticas adotadas pelos jogadores para a resolução dos problemas do jogo, juntamente com suas interações com os aspectos cognitivos e físicos, poderá fornecer informações dos efeitos da fadiga mental sobre o desempenho dos jogadores. Desta forma, o objetivo do presente estudo consiste em verificar a influência da fadiga mental sobre o desempenho de jogadores de futebol, considerando aspectos cognitivos, táticos e físicos.

OBJETIVOS

Geral

Verificar a influência da fadiga mental sobre o desempenho de jogadores de futebol.

Específicos

Verificar, através de uma revisão sistemática, o estado da arte, os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho no futebol e as lacunas científicas existentes na literatura.

Verificar os efeitos da fadiga mental sobre a eficiência do comportamento tático e a intensidade da distância percorrida em jogadores de futebol.

Verificar como a fadiga mental influencia a percepção periférica, o comportamento tático e o desempenho físico de jogadores de futebol.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em concordância com as normas estabelecidas para dissertações e teses da Universidade Federal de Viçosa. Foi utilizada a estrutura do modelo escandinavo, sendo composta por três artigos científicos sobre o tema de pesquisa. Este formato permite apresentar os artigos científicos em ordem lógica e sequencial ao longo do processo de formação que são relevantes para a apresentação e discussão do problema de pesquisa.

A estrutura desta dissertação é composta por uma introdução geral, onde encontram-se os conceitos básicos, o problema de pesquisa, a justificativa e relevância do tema investigado, os objetivos gerais e específicos do estudo. Após a introdução geral, a dissertação foi organizada em três artigos, sendo eles:

O primeiro artigo, intitulado “**Fadiga Mental no Futebol: Uma Revisão Sistemática**” teve o objetivo de verificar o estado da arte, os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho de jogadores de futebol e as lacunas científicas existentes na literatura.

O segundo artigo, um artigo empírico intitulado “**A Fadiga Mental Como Condicionante da Resposta Tática e Física em Jogadores de Futebol: Um Estudo Piloto**” teve o objetivo de verificar os efeitos da fadiga mental sobre a eficiência do comportamento tático e a intensidade da distância percorrida em jovens jogadores de futebol.

O terceiro artigo, um artigo empírico intitulado “**A Influência da Fadiga Mental Sobre a Percepção Periférica, o Comportamento Tático e o Desempenho Físico em Jogadores de Futebol**” teve o objetivo de verificar como a fadiga mental influencia a percepção periférica, o comportamento tático e o desempenho físico em jogadores de futebol.

Após a apresentação dos artigos, segue uma discussão geral e as considerações finais da dissertação.

REFERÊNCIAS

- AMANN, M.; ELDRIDGE, M. W.; LOVERING, A. T.; STICKLAND, M.; PEGELOW, D.; DEMPSEY, M. Arterial oxygenation influences central motor output and exercise performance via effects on peripheral locomotor muscle fatigue in humans. **Journal of Physiology**, v. 575, n. 3, p. 937–952, 2006.
- BLANCHFIELD, A.; HARDY, J.; MORREE, H. M.; STAIANO, W.; MARCORA, S. Talking yourself out of exhaustion: The effects of self-talk on endurance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 46, n. 5, p. 998–1007, 2014.
- BOKSEM, M.; TOPS, M. Mental fatigue: Costs and benefits. **Brain Research Reviews**, v. 59, n. 1, p. 125–139, 2008.
- BROWNSBERGER, J.; EDWARDS, A.; CROWTHER, R.; COTTRELL, D. Impact of mental fatigue on self-paced exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 34, n. 12, p. 1029–1036, 2013.
- COUTINHO, D.; GONÇALVES, B.; TRAVASSOS, B.; WONG, D.; COUTTS, A.; SAMPAIO, J. Mental fatigue and spatial references impair soccer players’ physical and tactical performances. **Frontiers in Psychology**, v. 8, p. 1–12, 2017.
- COUTINHO, D.; GONÇALVES, B.; WONG, D.; TRAVASSOS, B.; COUTTS, A.; SAMPAIO, J. Exploring the effects of mental and muscular fatigue in soccer players’ performance. **Human Movement Science**, v.58, p.287–296, 2018. DI GIULIO, C. Angelo Mosso: A holistic approach to muscular fatigue. **Archives Italiennes de Biologie**, v. 149, n. Supl.4, p. 69–76, 2011.
- COUTTS, A. Fatigue in football: it’s not a brainless task! **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 14, p. 1296–1296, 2016.
- DI SALVO, V.; GREGSON, W.; ATKINSON, G.; TORDOFF, P.; DRUST, B. Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 3, p. 205–212, 2009.
- ENOKA, R.; DUCHATEAU, J. Translating fatigue to human performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 11, p. 2228–2238, 2016.
- GARGANTA, J. **Modelação tática do jogo de futebol: Estudo da organização da fase ofensiva em equipas de alto rendimento**. 1997. 312 p. (Tese de Doutoramento). Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade do Porto, Porto, 1997.
- HILL, A.; LONG, C.; LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. **Proceedings of Royal Society**, v. 97, p. 155–176, 1924.
- MARCORA, S. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart, and lungs. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, p. 2060–2062, 2009.

- MARCORA, S. M. **Effort: Perception of.** In: Encyclopedia of Perception. p. 380–383, 2010.
- MARCORA, S.; STAIANO, W. The limit to exercise tolerance in humans: Mind over muscle? **European Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 4, p. 763–770, 2010.
- MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 3, p. 857–864, 2009.
- MARTIN, K.; STAIANO, W.; MENASPÀ, P.; HENNESSEY, T.; MARCORA, S.; KEEGAN, R.; THOMPSON, K.; MARTIN, D.; HALSON, S.; RATTRAY, B. Superior inhibitory control and resistance to mental fatigue in professional road cyclists. **PLoS ONE**, v. 11, n. 7, p. 1–15, 2016.
- MCMORRIS, T.; BARWOOD, M.; HALE, B.; DICKS, M.; CORBETT, J. Cognitive fatigue effects on physical performance: A systematic review and meta-analysis. **Physiology and Behavior**, v. 188, 2017, p. 103–107, 2018.
- MCPHERSON, S. L. The Development of Sport Expertise: Mapping the Tactical Domain. **Quest**, v. 46, n. 2, p. 223–240, 1994.
- MOHR, M.; KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. **Journal of Sports Sciences**, v. 21, p. 519–528, 2003.
- NÉDELÉC, M.; MCCALL, A.; CARLING, C.; LEGALL, F.; BERTHOIN, S.; DUPONT, G. Recovery in Soccer: Part I - Post-match fatigue and time course of recovery in soccer. **Sports Medicine**, v. 42, n. 12, p. 997–1015, 2012.
- NOAKES, T. D.; GIBSON, A. S. C. Logical limitation to the “catastrophe” models of fatigue during exercise in humans. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 5, p. 648–649, 2004.
- NOAKES, T. D. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 10, p. 123-145, 2000.
- PAGEAUX, B. The Psychobiological Model of Endurance Performance: An Effort-Based Decision-Making Theory to Explain Self-Paced Endurance Performance. **Sports Medicine**, v. 44, n. 9, p. 11–12, 2014.
- PAGEAUX, B.; LEPERS, R. The effects of mental fatigue on sport-related performance. **Progress in Brain Research**, v. 240, p. 291-315, 2018.
- PERREY, S.; BESSON, P. Studying brain activity in sports performance: Contributions and issues. **Progress in Brain Research**, v. 240, p. 247-267, 2018.
- RAMPININI, E.; IMPELLIZZERI, F.; CASTAGNA, C.; COUTTS, A.; WISLOFF, U. Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 1, p. 227–233, 2009.
- SILVA-JUNIOR, F. L. E.; EMANUEL, P.; SOUSA, J.; SILVA, M.; TEIXEIRA, S.; PIRES, F.; MACHADO, S.; ARIAS-CARRION, O. Prior acute mental exertion in exercise and sport. **Clinical Practice and Epidemiology in Mental Health**, v. 12, p. 94–107, 2016.
- SLONIGER, M. A.; CURETON, K. J.; PRIOR, B. M.; EVANS, E. M. Anaerobic capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. **Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 1, p. 262–269, 1997a.
- SLONIGER, M. A.; CURETON, K. J.; PRIOR, B. M.; EVANS, E. M. Lower extremity muscle activation during horizontal and uphill running. **Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 6, p. 2073–2079, 1997b.

SMIRMAUL, B. P. C.; DANTAS, J. L.; NAKAMURA, F. Y.; PEREIRA, G. The psychobiological model: a new explanation to intensity regulation and (in) tolerance in endurance exercise. **Brazilian Journal of Physical Education and Sport**, v. 27, n. 2, p. 333–340, 2013.

SMITH, M. R.; COUTTS, A.; MERLINI, M.; DEPREZ, D.; LENOIR, M.; MARCORA, S. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 2, p. 267–276, 2016a.

SMITH, M. R.; FRANSEN, J.; DEPREZ, D.; LENOIR, M.; COUTTS, A. Impact of mental fatigue on speed and accuracy components of soccer-specific skills. **Science and Medicine in Football**, v. 1, n. 1, p. 48–52, 2017.

SMITH, M. R.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Mental fatigue impairs intermittent running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.47, n.8, p.1682-1690, 2015.

SMITH, M. R.; THOMPSON, C.; MARCORA, S.; SKORSKI, S.; MEYER, T.; COUTTS, A. Mental fatigue and soccer: Current knowledge and future directions. **Sports Medicine**, v.48, n.7, p.1-8, 2018.

TEOLDO, I.; GARGANTA, J.; GUILHERME, J. **Para um Futebol jogado com ideias: Concepção, treinamento e avaliação do desempenho tático de jogadores e equipes**. 1º ed. Curitiba: Appris, 2015. 319 p.

TEOLDO, I.; GRECO, P. J.; GARGANTA, J.; COSTA, V.; MESQUITA I. Ensino-aprendizagem treinamento comportamentos tático-técnicos no futebol. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 9, n. 2, p. 41-64, 2010.

VAN CUTSEM, J.; MARCORA, S.; DE PAUW, K.; BAILEY, S.; MEEUSEN, R.; ROELANDS, B. The effects of mental fatigue on physical performance: A systematic review. **Sports Medicine**, v. 47, n. 8, p. 1–20, 2017.

ESTUDO 1

Título: Fadiga Mental no Futebol: Uma Revisão Sistemática

Caito André Kunrath, Felipe Cardoso, Tomás García-Calvo, Israel Teoldo

*Artigo publicado: *Fadiga mental no futebol: Uma revisão sistemática. Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 26, p. 172-178, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.1590/1517-869220202602208206>

Resumo: No futebol, a fadiga é tradicionalmente investigada sob uma perspectiva neuromuscular e metabólica. Entretanto, considerado uma das modalidades esportivas com maior demanda cognitiva, acredita-se que a exigência de elevados níveis atencionais e as frequentes tomadas de decisões sejam fatores que influenciem o desempenho de jogadores de futebol. Para tanto, o objetivo deste estudo foi verificar, por meio de uma revisão sistemática, os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho em jogadores de futebol. Foram realizadas buscas nas bases de dados eletrônicas *Pubmed*, *Web of Science* e *Scopus* até 30 de abril de 2018. Incluiu-se artigos que utilizaram um protocolo de fadiga mental através de tarefas cognitivas realizadas previamente a uma tarefa física ou cognitiva relacionada ao futebol. Somente foram selecionados estudos que apresentaram um desenho experimental com a condição controle (sem fadiga mental) e experimental (com fadiga mental). No total, foram selecionados seis estudos que atenderam aos critérios estabelecidos, sendo incluso um estudo por busca reversa e outro por indicação dos autores. Os resultados indicaram menores distâncias percorridas em testes físicos, enquanto os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho físico em jogos reduzidos não foram claros. Em testes técnicos, houve maior número de penalizações em passes e menor precisão e velocidade da bola nos chutes na condição de fadiga mental. Em relação às variáveis táticas, foram encontrados efeitos prejudiciais da fadiga mental sobre a sincronização entre os jogadores das equipes e do desempenho tático individual em ações defensivas. Em testes cognitivos, também foram verificados efeitos negativos sobre o tempo e a precisão para a tomada de decisão dos jogadores em testes de vídeo. A partir dos resultados dos estudos analisados, torna-se possível inferir que a fadiga mental é um fator que influencia negativamente o desempenho de jogadores de futebol.

Palavras-chave: Fadiga Cognitiva, Esforço Mental, Fisiologia do Exercício, Psicologia do Esporte, Desempenho Atlético.

STUDY 1

Title: Mental Fatigue in Soccer: A Systematic Review

Caito André Kunrath, Felipe Cardoso, Tomás Garcia-Calvo, Israel Teoldo

Abstract: In soccer, fatigue is traditionally investigated from a neuromuscular and metabolic perspective. However, considered one of the sports with greater cognitive demand, it is believed that the requirement of high levels of attention and frequent decision-making are factors that influence the performance of soccer players. Therefore, the aim of this study was to verify, through a systematic review, the effects of mental fatigue on the soccer players' performance. We searched the electronic databases Pubmed, Web of Science and Scopus until April 30, 2018. We included articles that used a protocol of mental fatigue through cognitive tasks performed prior to a physical or cognitive task related to soccer. Only studies that presented an experimental design with the control condition (without mental fatigue) and experimental (with mental fatigue) were selected. In total, six studies were selected that met the established criteria, including one study by backward search and another by indication of the authors. The results indicated smaller distances covered in physical tests, while the effects of mental fatigue on physical performance in small-sided games were not clear. In technical tests, there were more penalties in passes and less accuracy and speed of the ball kicking in the condition of mental fatigue. Regarding the tactical variables, we found detrimental effects of mental fatigue on the synchronization between team players and individual tactical performance in defensive actions. In cognitive tests, negative effects on time and accuracy were also verified for players' decision-making in video tests. From the results of the studies analyzed, it is possible to infer that mental fatigue is a factor that negatively influences soccer players' performance.

Key words: Cognitive Fatigue, Mental Effort, Exercise Physiology, Sport Psychology, Athletic Performance.

1. Introdução

A fadiga mental é conceituada como uma sensação experimentada durante ou depois de prolongado período de atividade cognitiva, caracterizado pelo sentimento de cansaço e falta de energia (BOKSEM; TOPS, 2008; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009). Recentes investigações que objetivaram compreender este fenômeno têm encontrado efeitos negativos da fadiga mental sobre o desempenho físico em exercícios de resistência e em modalidades esportivas (PENNA et al., 2017; MACMAHON et al., 2014; PAGEAUX et al., 2014; MARTIN et al., 2016; VENESS et al., 2017; ALARCÓN; UREÑA, 2017). Embora seja um tema atual de pesquisa, uma das primeiras investigações sobre os efeitos da fadiga mental no desempenho físico são datados do final do século XIX e início do século XX (MOSSO, 1915; DI GIULIO, 2011). Em 1891, o fisiologista Angelo Mosso conduziu investigações que permitiram identificar um desempenho inferior na capacidade de gerar força em professores após horas de trabalho intelectual. Apesar dos resultados deste experimento permitirem inferir que os mecanismos da fadiga estariam relacionados aos aspectos mentais, estudos subsequentes às evidências de Mosso pouco consideraram o papel dos aspectos mentais nos mecanismos da fadiga (DI GIULIO, 2011; NOAKES, 2012).

Apesar de ser considerada um fenômeno complexo e multifatorial (ACKERMAN, 2011), a fadiga tem sido tradicionalmente investigada sob uma perspectiva neuromuscular e metabólica no futebol (MOHR; KRUSTRUP; BANGSBO, 2005). Na literatura, os estudos têm associado a fadiga à uma menor frequência de movimentações como acelerações e *sprints* (MOHR; KRUSTRUP; BANGSBO, 2003; DI SALVO et al., 2009), um baixo aproveitamento de passes e finalizações (RAMPININI et al., 2009), além de uma maior incidência de gols nos minutos finais de uma partida (ARMATAS; YIANNAKOS; SILELOGLOU, 2007; ALBERTI et al., 2013). No entanto, estes fatos são considerados consequências restritas apenas à fadiga muscular, sendo atribuída pouca atenção aos aspectos psicológicos e cognitivos relacionados ao desempenho dos jogadores no decorrer do jogo (PAUL; BRADLEY; NASSIS, 2015).

A nível cognitivo e psicológico, o desempenho no futebol está diretamente ligado à competência dos jogadores em direcionar a atenção às informações do ambiente e integrá-las ao conhecimento existente, de forma a selecionar e executar respostas apropriadas (WILLIAMS, 2002). Ao longo do jogo de futebol, a exigência cognitiva para manter elevados níveis atencionais, antecipar ações dos oponentes e tomar decisões em espaço e tempo restritos, combinado a uma constante situação de pressão do ambiente

(ex. situações do jogo, oponentes, torcida, etc.) induz os jogadores a experimentarem um esforço mental (NÉDELÉC et al., 2012; SMITH et al., 2018). Somando-se a isto, em competições importantes que oferecem alta gratificação financeira e prestígio social, há consequências emocionais, afetivas e motivacionais marcadas por recompensas ou perdas significativas (GONZAGA et al., 2014). Nesse sentido, estudos têm demonstrado que o esforço mental prévio (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015) ou simultâneo (GREIG et al., 2007) a uma tarefa física, bem como estresse e ansiedade (BROADBENT et al., 2018) causam alterações sobre o desempenho no futebol. Sendo assim, ao considerar as exigências cognitivas e psicológicas específicas do futebol, sobretudo ao longo de uma partida, supõe-se que o engajamento cognitivo dos jogadores para dar soluções práticas ao jogo possa ocasionar uma fadiga mental (COUTTS, 2016; WALSH, 2014).

Considerando a elevada demanda cognitiva/psicológica que o jogador de futebol necessita suportar em sua atividade profissional, acredita-se que a fadiga mental seja, potencialmente, um dos fatores a influenciar o desempenho (COUTTS, 2016; WALSH, 2014). Dada a relevância deste tema, observa-se o número crescente de publicações acerca da influência da fadiga mental sobre desempenho no exercício e no esporte, inclusive de revisões sistemáticas (VAN CUTSEM et al., 2017; MCMORRIS et al., 2018). No entanto, ainda não há uma revisão sistemática sobre os efeitos da fadiga mental no futebol. Sendo assim, esta revisão sistemática tem como objetivo verificar os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho físico, técnico, tático e cognitivo em jogadores de futebol.

2. Métodos

Esta revisão sistemática foi realizada de acordo com as recomendações estabelecidas pelo método PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (LIBERATI et al., 2009). O critério de inclusão dos artigos seguiu as diretrizes do acrônimo PICO (Tabela 1).

Tabela 1. PICO (População, intervenção, comparação e *outcomes* - resultados)

Componentes	Informações
População	Jogadores de futebol
Intervenção	Protocolo de fadiga mental
Comparação	Grupo controle e grupo experimental
Resultados	Desempenho físico, técnico, tático ou cognitivo no futebol

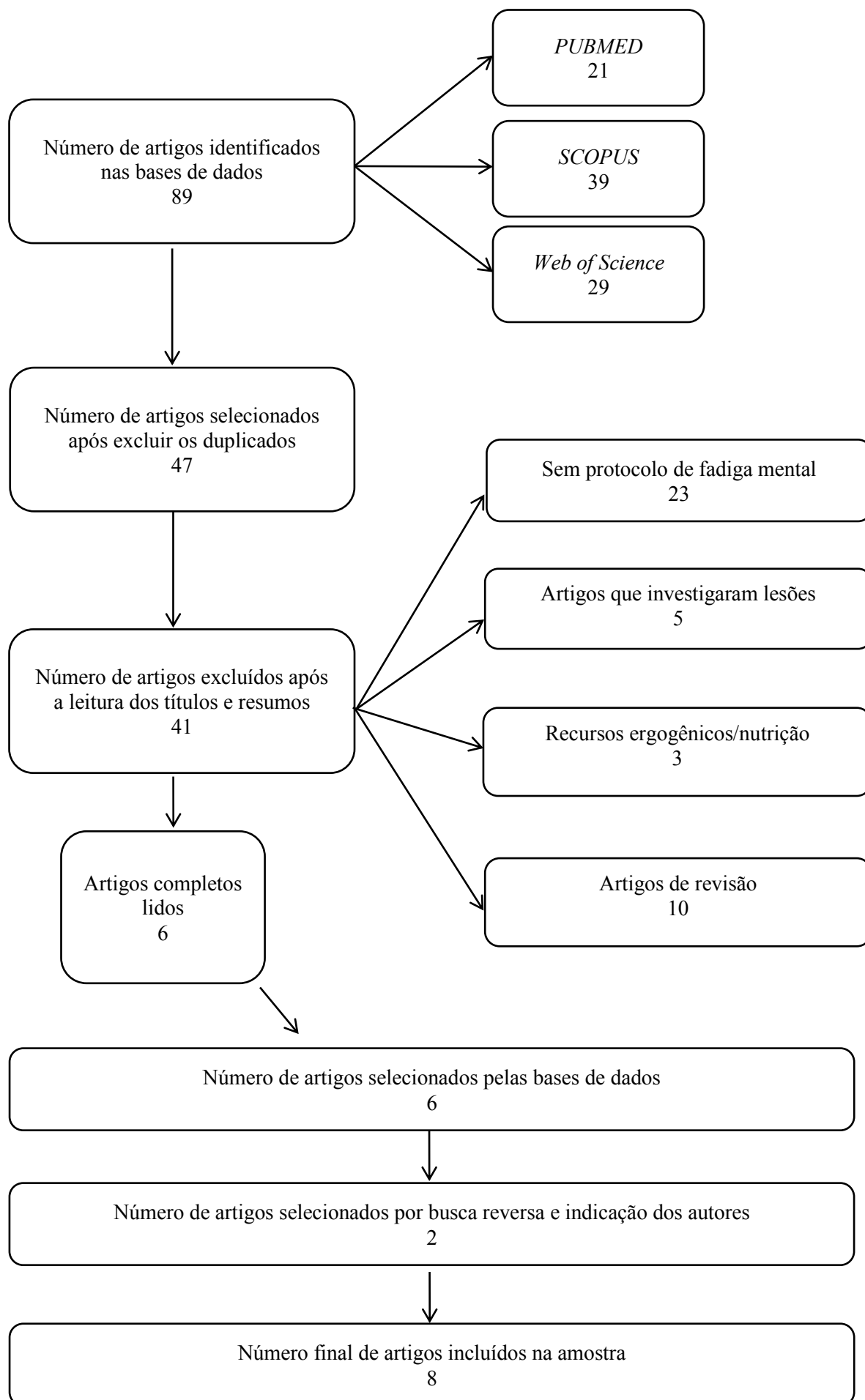
Após a definição das palavras-chave utilizadas para selecionar os artigos com maior relevância, dois pesquisadores realizaram as buscas de forma independente nas bases de dados. A seleção dos artigos era iniciada pela leitura do título e resumo, e caso considerado os pesquisadores faziam a leitura completa do documento a fim de verificar se atendiam a todos os critérios de inclusão. Foram selecionados artigos experimentais publicados apenas em língua inglesa.

Fontes de pesquisa e estratégias de busca

As pesquisas foram realizadas em três bases de dados, *Pubmed*, *Web of Science* e *Scopus*, sem limite de data inicial de busca até abril de 2018. As seguintes palavras-chave foram usadas de forma combinada, utilizando os operadores booleanos AND ou OR: (Soccer OR Football) AND (“Mental Fatigue” OR “Cognitive Fatigue” OR “Mental Effort” OR “Cognitive Effort” OR “Mental Exertion”). Após as buscas, foi realizada uma busca reversa a partir das referências dos artigos selecionados para complementar a seleção dos artigos.

Seleção dos estudos

A pesquisa inicial nas três bases de dados totalizou 89 artigos. Após a exclusão dos artigos duplicados, a triagem inicial foi feita pela leitura do título e resumo e, em seguida, pela leitura do artigo completo, conforme apresentado na figura 1 (LIBERATI et al., 2009).

Figura 1: Fluxograma do processo para pesquisa dos artigos

3. Resultados

Os principais resultados dos estudos estão resumidos no Quadro 1.

Quadro 1. Sumário dos protocolos de intervenção de fadiga mental, protocolos de exercício e principais resultados

Estudo	Amostra	Protocolo de Fadiga Mental	Controle	Tarefa	Principais resultados
Smith e colaboradores (2015)	Praticantes de esportes intermitentes 10 H 22 ± 2 anos	AX-CPT 90'	Documentário de TV 90'	Protocolo de corrida intermitente de ritmo autodeterminado por 45 min	↔ PSE por estágio ↑ PSE da sessão ↓ Velocidade em baixa intensidade ↔ DT em alta intensidade ↓ DT e em baixa intensidade ↔ FC ↔ [Ia] ↔ Glicose ↓ VO ₂
Badin e colaboradores (2016)	Jogadores de futebol 20 H 17,8 ± 1,0 anos	Stroop computadorizado 30'	Documentário de TV 30'	15' de jogo de futebol em campo reduzido 5x5	↑ PSE durante teste ↔ PSE na exaustão ↓ FC ↔ Perfil de movimentação ↓ Envolvimento no jogo ↓ Posse de bola ↓ % Acerto de passe ↓ Desarmes ↑ Erro de controle de bola
Smith e colaboradores (2016a) Estudo 1	Praticantes recreativos de futebol 12 H 24 ± 0,4 anos	Stroop <i>paper version</i> 30'	Leitura de revista 30'	Yo-Yo IR1	↑ PSE ↔ FC ↓ DT
Smith e colaboradores (2016a) Estudo 2	Jogadores de futebol 14 H 19,6 ± 3,5 anos	Stroop <i>paper version</i> 30'	Leitura de revista 30'	LSST e LSPT Testes técnicos específicos do futebol	<u>LSPT</u> ↔ Tempo do teste ↔ Tempo de performance ↑ Penalizações <u>LSST</u> ↓ Pontos por chute ↓ Velocidade do chute ↔ Tempo de sequência do chute

Smith e colaboradores (2016b)	Jogadores de futebol 12H 19,3 ± 1,5 anos	Stroop <i>paper version</i> 30'	Leitura de revista 30'	33 cenas de tomada de decisão com Eye-tracking system	↑ PSE ↓ Acertos ↑ Tempo de resposta ↔ Busca visual (fixações por segundo e duração da fixação)
Smith e colaboradores (2017)	Jogadores de futebol 14 H 19,6 ± 3,5 anos	Stroop <i>paper version</i> 30'	Leitura de revistas 30'	LSPT Testes técnicos Específicos do futebol	↑ PSE ↑ Erros de passe ↓ Passes perfeitos ↔ Tempo do teste ↔ Velocidade do movimento
Coutinho e colaboradores (2017)	Jovens jogadores de futebol 12 H 15,9 ± 0,8	Tarefa coordenativa 20'	Exercícios de aquecimento 20'	3 x 6' de jogo reduzido na configuração de 6x6	↑ PSE ↓ sincronia lateral ↓ velocidade de dispersão ↓ velocidade de contração
Coutinho e colaboradores (2018)	Jovens jogadores de futebol 10H 13,7 ± 0,5 anos	Stroop computadorizado 30'	Nenhuma tarefa	3 x 6' de jogo reduzido na configuração 5 vs 5	↑ PSE ↓ distância total percorrida ↓ sincronia longitudinal
Kunrath e colaboradores (2018)	Jovens jogadores de futebol 6H 14,7 ± 0,59 anos	Stroop computadorizado 30'	Nenhuma tarefa	3 x 4' do teste de campo FUT-SAT	↑ DP de 10 a 12,9 km/h ↑ DP ≥ 18 km/h ↓ princípio do equilíbrio ↓ princípio da unidade defensiva

↓ Redução no grupo experimental; ↑ Aumento no grupo experimental; ↔ Sem diferença entre grupos experimental e controle; DT – Distância total percorrida; DP – Distância parcial percorrida; VO₂ – consumo de oxigênio; FC – frequência cardíaca; [la] – concentração de lactato; PSE – percepção subjetiva de esforço; LSPT – Loughborough Soccer Passing Test; LSST – Loughborough Soccer Shooting Test; FUT-SAT – Sistema de Avaliação Tática no Futebol; Yo-Yo IRI – Yo-Yo Intermittent Recovery Test – Level 1; AX-CPT – AX-Continuous Performance Test

Tarefas cognitivas

Foram utilizadas quatro diferentes tarefas cognitivas como protocolo para indução da fadiga mental: AX-CPT com duração de 90 minutos (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015), *Stroop* versão papel (SMITH et al., 2016a; SMITH et al., 2016b; SMITH et al., 2017; COUTINHO et al., 2018) e *Stroop* versão computadorizada (BADIN et al., 2016; KUNRATH et al., 2018) com duração de 20 a 30 minutos e tarefa coordenativa/mental (COUTINHO et al., 2017) com duração de 20 minutos. Na condição controle, os avaliados deveriam ler revistas (SMITH et al., 2016a; SMITH et al., 2016b; SMITH et al., 2017), assistir a documentários (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015; BADIN et al., 2016) ou executar movimentos aeróbicos de aquecimento pelo mesmo período de tempo (COUTINHO et al., 2017).

Respostas subjetivas

Para verificar a eficácia das tarefas para induzir fadiga mental, foram aplicadas escalas subjetivas antes e após as tarefas cognitivas. Seis estudos utilizaram a Escala Visual Analógica (EVA) para mensurar o nível de fadiga mental, esforço mental e motivação (SMITH et al., 2016a; SMITH et al., 2016b; SMITH et al., 2017; COUTINHO et al., 2018; BADIN et al., 2016; COUTINHO et al., 2017), um estudo aplicou o questionário de BRUMS para avaliar as medidas de fadiga e a escala de Matthews, Campbell e Falconer (2001) para motivação, enquanto um estudo não aplicou escalas subjetivas (KUNRATH et al., 2018). Para mensurar o índice de esforço percebido na tarefa física subsequente à tarefa cognitiva, os estudos fizeram uso da Escala de Borg - 6 a 20 (SMITH et al., 2016a) e de sua versão adaptada - CR-10 (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015; COUTINHO et al., 2018; BADIN et al., 2016; COUTINHO et al., 2017). Os estudos que monitoraram as respostas subjetivas de fadiga mental após as tarefas cognitivas identificaram maiores níveis de fadiga mental no momento posterior à realização de tarefas cognitivas na condição de fadiga mental. Quanto aos resultados da condição controle, somente um artigo encontrou valores subjetivos maiores de fadiga mental e de percepção do esforço após a tarefa controle (COUTINHO et al., 2017). Nenhum dos artigos encontrou diferença do índice de motivação entre as condições fadiga mental e controle.

Desempenho físico-fisiológico

Três artigos controlaram variáveis fisiológicas como frequência cardíaca – FC (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015; SMITH et al., 2016a; BADIN et al., 2016) concentração de lactato [la], glicose e consumo de oxigênio - VO₂ (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015). Entre os estudos que controlaram as variáveis fisiológicas, apenas um encontrou decréscimo nos valores de VO₂ durante o protocolo de exercício em fadiga mental (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015). Seis artigos consideraram as variáveis físicas (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015; SMITH et al., 2016a; COUTINHO et al., 2018; BADIN et al., 2016; COUTINHO et al., 2017; KUNRATH et al., 2018) sendo utilizado um protocolo laboratorial (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015) e cinco de campo (SMITH et al., 2016a; COUTINHO et al., 2018; BADIN et al., 2016; KUNRATH et al., 2018; COUTINHO et al., 2017). No protocolo laboratorial, Smith, Marcora e Coutts (2015) verificaram um decréscimo na distância total percorrida em teste na esteira e em distâncias percorridas em velocidades mais baixas. Nos protocolos de campo, Smith e colaboradores (2016a) encontraram uma redução de 16,3% no Yo-Yo Intermittent Recovery Test – Level 1. Nos outros dois estudos, não foram identificados efeitos claros da fadiga mental em jogos reduzidos (BADIN et al., 2016; COUTINHO et al., 2017). Ainda, Coutinho e colaboradores (2018) observaram menores distâncias totais percorridas e Kunrath e colaboradores, (2018) encontraram valores de distância percorrida superiores em velocidades entre 10 e 12,9 km/h e ≥ 18 km/h. Ainda, no estudo de Coutinho e colaboradores (2018) foi utilizada uma tarefa de controle através do salto vertical, não encontrando alterações na força explosiva dos jogadores em fadiga mental.

Desempenho técnico

Quanto às variáveis técnicas, dois artigos se propuseram a avaliar o desempenho através do *Loughborough Soccer Passing and Shooting Test* - LSPT e LSST (SMITH et al., 2016a; SMITH et al., 2017) e um através de jogos reduzidos (BADIN et al., 2016). Em fadiga mental, ocorreram mais penalizações (SMITH et al., 2016a), maior número de erros totais e menor número de passes perfeitos no LSPT (SMITH et al., 2017), enquanto que foi verificada menor precisão e velocidade da bola no chute no LSST (SMITH et al., 2016a). Também foram observados decréscimos na qualidade das ações técnicas de envoltimentos (soma das ações técnicas) e na posse de bola (passes recebidos,

interceptados e desarmes), além de maior número de erros técnicos que resultaram em perda da posse de bola – sem contabilizar passes errados (BADIN et al., 2016).

Desempenho tático e cognitivo

Em relação às variáveis cognitivas, um estudo verificou que os jogadores em fadiga mental precisam de maior tempo para tomar decisões, além de apresentarem menor acurácia nas tomadas de decisões (SMITH et al., 2016b). Dos artigos que consideraram variáveis táticas, Coutinho e colaboradores (2017) encontrou menores valores de sincronização lateral, sincronização longitudinal e velocidade de contração da equipe, enquanto que no outro estudo, os autores verificaram menores valores apenas para sincronização longitudinal (COUTINHO et al., 2018). Para os valores de desempenho tático individual, Kunrath e colaboradores (2018) encontraram prejuízos à qualidade das ações táticas relacionadas aos princípios táticos fundamentais de equilíbrio e unidade defensiva.

4. Discussão

O objetivo desta revisão sistemática foi verificar os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho de jogadores de futebol. Os principais resultados indicam que a fadiga mental causa prejuízos sobre o desempenho físico, técnico, tático e cognitivo em jogadores de futebol.

Aspectos metodológicos dos estudos

Um dos pontos que facilita a compreensão do fenômeno investigado é a semelhança do desenho experimental e dos instrumentos adotado pelos pesquisadores. Com o propósito de induzir fadiga mental, foram utilizados os testes cognitivos de *Stroop* e *AX-CPT*. Estes testes cognitivos requerem atenção e inibição de resposta automática, sendo tarefas que, potencialmente, induzem à fadiga mental quando empregados em período prolongado (MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; SHOU; DING, 2013). Em relação à duração do teste cognitivo, apesar dos estudos selecionados para esta revisão não apresentarem justificativa sobre o seu tempo total, o ponto de corte estabelecido foi de ≥ 20 minutos. Isto, pois, há evidências que comprovam um decréscimo na capacidade de atenção sustentada após este período de atividade cognitiva (NUECHTERLEIN; PARASURAMAN; JIANG, 1983), inclusive no desempenho subsequente em tarefas físicas/motoras (ALARCÓN; UREÑA, 2017; KUNRATH et al., 2018).

Apesar de não serem tarefas ecológicas, os testes de *Stroop* e AX-CPT requerem habilidades cognitivas relevantes e necessárias para o desempenho no futebol, a saber: atenção seletiva e sustentada, e controle inibitório. Na prática do futebol, a atenção seletiva e sustentada permite o processamento ativo das informações a partir da enorme quantidade de informação disponível durante o jogo (FAUBERT, 2013). Diante das informações disponíveis no ambiente, a habilidade dos jogadores para inibir respostas automáticas, ações ou comportamentos iniciados julgados inadequados, ou ainda estímulos distratores concorrentes que possam comprometer o desempenho é considerada importante (VESTBERG et al., 2012). Em relação ao avanço nos aspectos metodológicos dos estudos nesta área, percebe-se pouco controle das respostas comportamentais (i.g. acerto/erro, tempo de reação) e fisiológicas (atividade cerebral, comportamento pupilar) sendo um aspecto importante a ser considerado em futuras investigações. Por outro lado, pesquisadores da área também têm sugerido tarefas cognitivas que sejam aplicadas ao futebol, como proposto por Coutinho e colaboradores (2017) através de variações de exercícios coordenativos de membros inferiores combinado com atividades manuais com bola de tênis. Embora seja uma tarefa mais aplicada, a pouca representatividade no futebol (SMITH et al., 2018) e a limitada possibilidade de controle sejam aspectos a ser considerados.

Para mensurar os níveis de fadiga mental e física, esforço mental e motivação, foram aplicadas a Escala Visual Analógica (EVA) e a Escala de Borg (RPE e CR-10). Além das respostas subjetivas, apenas Smith, Marcora e Coutts (2015) utilizaram indicadores de desempenho cognitivo que pudessem identificar a fadiga mental. Neste estudo, os autores verificaram que os indivíduos apresentaram maior número de erros nos 15 minutos finais quando comparado aos 15 minutos iniciais no AX-CPT. Quanto ao intervalo entre a intervenção controle e experimental, os pesquisadores respeitaram um período entre dois a sete dias para a coleta dos dados. Acerca dos métodos adotados nesse tipo de estudo, Smith, Marcora e Coutts (2015) justificam que investigar os efeitos da fadiga mental durante uma partida de futebol não seria prático pois seus efeitos poderiam influenciar o resultado do jogo. Além do mais, o ambiente não forneceria condições controladas necessárias para avaliar com precisão os mecanismos fisiológicos e psicológicos subjacentes aos possíveis efeitos negativos da fadiga mental (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015). No entanto, o avanço das pesquisas e das evidências dos efeitos da fadiga mental sobre o desempenho físico (MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; BROWNSBERGER et al., 2013; SMITH; MARCORA; COUTTS,

2015) e o rendimento esportivo (MACMAHON et al., 2014; MARTIN et al., 2016; SMITH et al., 2016a) permitiram que fossem adotados protocolos experimentais com maior aplicabilidade prática.

Desempenho físico-fisiológico

Os artigos que investigaram os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho físico utilizaram testes físicos e jogos reduzidos. Nos estudos que utilizaram testes físicos, os jogadores foram submetidos a um esforço físico semelhante a uma partida de futebol, através de um protocolo intermitente autorregulado em esteira e do Yo-Yo Test IR1. Ambos os estudos apontaram efeitos negativos da fadiga mental sobre o desempenho físico, encontrando resultados que mostraram uma redução na distância total percorrida e menor média de velocidade em estágios que compreenderam velocidades mais baixas, como caminhada e corrida em baixa intensidade. Vale destacar que, apesar de não serem encontrados valores superiores dos indicadores fisiológicos de glicose, [la], VO₂ e da FC (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015; SMITH et al., 2016a), foram observados maiores índices de esforço percebido durante o teste e no momento de desengajamento na tarefa física.

As interpretações para estes resultados estão centralizadas no modelo psicobiológico (MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009). O modelo psicobiológico é um modelo de tomada de decisão baseado no esforço (PAGEAUX, 2014) onde pressupõe-se que a regulação consciente (tomada de decisão) do ritmo do exercício é determinada pela motivação e, sobretudo, pela percepção do esforço. Nesse sentido, supõe-se que a atividade cognitiva prolongada cause um aumento na concentração extracelular de adenosina no cérebro, inclusive no córtex cingulado anterior (LOVATT et al., 2012). Por sua vez, o acúmulo de adenosina no córtex cingulado anterior estaria relacionado ao aumento da sensação consciente de percepção do esforço, o que consequentemente influenciaria na regulação do desempenho físico e na tolerância ao exercício (PAGEAUX et al., 2015). Estes pressupostos são distintos daqueles tradicionalmente priorizados pela fisiologia do exercício, na qual a fadiga é entendida como um processo inteiramente de procedência neuromuscular e metabólico, associado a um marcador fisiológico (HILL; LONG; LUPTON, 1924; GANDEVIA, 2001; MARCORA, 2009).

Embora seja observado prejuízos ao desempenho em testes físicos nos estudos supracitados, a característica dos jogos reduzidos modificou a tendência dos resultados

(COUTINHO et al., 2018; BADIN et al., 2016; KUNRATH et al., 2018; COUTINHO et al., 2017). Dois estudos mostram resultados que indicam aumento no número de ações físicas, nos *sprints* repetidos (BADIN et al., 2016) e na distância percorrida em velocidades que compreendem de 10 a 12,9 km/h e acima de ≥ 18 km/h (KUNRATH et al., 2018). Outros dois artigos publicados recentemente mostram resultados contrários aos supracitados (COUTINHO et al., 2018; COUTINHO et al., 2017). Estes achados, parecem ocorrer, pois a característica dinâmica dos jogos reduzidos permite maior liberdade aos jogadores para ajustarem seus esforços e modificarem o ritmo de jogo (BADIN et al., 2016), visto que os jogadores não são exigidos até o máximo de sua tolerância ao exercício. Embora haja uma tendência para maiores índices de esforço percebido nas respostas subjetivas (BADIN et al., 2016; COUTINHO et al., 2017), os pressupostos do modelo psicobiológico parecem não atender totalmente à especificidade do jogo de futebol. Apesar das exigências metabólicas aeróbicas e de resistência predominantes do jogo, as frequentes situações de tomada de decisão são baseadas nos problemas acerca da ocupação do campo e da gestão do espaço de jogo (TEOLDO; GARGANTA; GUILHERME, 2015) e não no esforço, conforme preconiza o modelo psicobiológico (PAGEAUX, 2014).

Desempenho técnico

Quanto ao desempenho técnico, dois estudos avaliaram os efeitos da fadiga mental sobre os fundamentos de passe e chute através do *Loughborough Soccer Passing and Shooting Test* (SMITH et al., 2016a; SMITH et al., 2017). No teste de passe, os jogadores deveriam executar 16 passes no menor tempo possível, acertando passes em bancos posicionados ao redor de si, sendo que a cada erro cometido os jogadores eram penalizados com acréscimo de tempo (s) na tarefa. Verificou-se maior número de penalizações cometidas por erros, maior quantidade de passes perfeitos e maior número de erros nos alvos (SMITH et al., 2016a; SMITH et al., 2017) em fadiga mental. Já no teste de chute, os jogadores deveriam realizar movimentações como acelerações, mudanças de direção, controle de bola e finalização à baliza. Na condição de fadiga mental, houve uma diminuição na acurácia do chute e na velocidade da bola na finalização à baliza (SMITH et al., 2016a). Ao testar a hipótese que a fadiga mental causaria efeitos negativos no desempenho técnico em jogos reduzidos, Badin e colaboradores (2016) verificou que os jogadores apresentaram um decréscimo na qualidade das ações técnicas de envolvimento (soma das ações técnicas), posse de bola (passes recebidos,

interceptados e desarmes) e em desarmes. De acordo com Smith e colaboradores, (2016a), supõe-se que o desempenho técnico tenha sido prejudicado na condição de fadiga mental devido a uma redução na quantidade de atenção alocada à tarefa. Isto pois, em situações de restrição de tempo, é possível que os jogadores priorizem a execução das ações técnicas em detrimento de sua qualidade (SMITH et al., 2017). Nesse sentido, as teorias de atenção de recursos centrais sugerem que, quando as atividades simultâneas competem pela atenção, assegura-se que a atenção seja direcionada para a conclusão da tarefa principal (KAHNEMAN, 1973).

Desempenho tático e cognitivo

Em relação ao desempenho cognitivo, Smith e colaboradores (2016b) verificaram efeitos negativos da fadiga mental sobre o tempo e a precisão para a tomada de decisão dos jogadores em testes de vídeo. Possivelmente, o comprometimento das habilidades cognitivas, tais como o decréscimo dos níveis atencionais (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2005) e da eficiência do processamento das informações (VAN DER LINDEN; FRESE; MEIJMAN, 2003) tenha influenciado na tomada de decisão dos jogadores (SMITH et al., 2016b). Os resultados deste estudo também mostram impactos mínimos da fadiga mental sobre a busca visual dos jogadores, permitindo inferir que, apesar de causar efeitos negativos no tempo e na acurácia para tomar decisões, a fadiga mental tenha causado pouca influência na busca pela informação. Ou seja, embora buscassem informações no ambiente em locais semelhantes (portador da bola, bola, oponentes, espaço vazio), os jogadores apresentaram reduzida capacidade para identificar e utilizar estas informações. Sabe-se que, para lidar com a complexidade do jogo de futebol e alcançar bons níveis de desempenho, os jogadores devem apresentar habilidades cognitivas bem desenvolvidas que permitam identificar e selecionar os estímulos relevantes disponíveis no ambiente, antecipar ações dos adversários e tomar decisões adequadas aos constrangimentos do jogo (WARD; WILLIAMS, 2003; CASANOVA et al., 2009). Neste ponto, estabelecida a importância das habilidades cognitivas para o desempenho no futebol, espera-se que os efeitos da fadiga mental sejam potencializados na dimensão tática.

Quanto às variáveis táticas, ao investigar os efeitos da fadiga mental no comportamento coletivo das equipes, Coutinho e colaboradores (2017) observaram menor sincronização lateral, menor velocidade de dispersão e de contração da equipe em

jogos reduzidos na configuração de 6 vs 6. Neste estudo, os pesquisadores ainda investigaram uma variação utilizando linhas verticais/horizontais no campo para verificar se informações adicionais poderiam modificar o comportamento coletivo das equipes, com ambas as equipes em fadiga mental em situações de campo normal e com acréscimo de linhas. Na variação com linhas, os jogadores apresentaram valores menores apenas de sincronização longitudinal das equipes. Em estudo semelhante, Coutinho e colaboradores (2018) utilizaram jogos reduzidos na configuração de 5 vs 5 com ambas as equipes em condição de fadiga mental e encontrou resultados que apontaram menor sincronização longitudinal entre os jogadores. De fato, nos estudos de Coutinho e colaboradores (2017) e Coutinho e colaboradores (2018) são apresentados resultados que indicam efeitos prejudiciais da fadiga mental sobre o comportamento coletivo das equipes. Nesse sentido, é plausível inferir que os efeitos prejudiciais da fadiga mental na capacidade dos jogadores perceberem e sustentarem suas decisões baseados nas informações disponíveis no ambiente tenha influenciado na sincronia entre os jogadores. No entanto, não necessariamente estes resultados devem ser interpretados como indicadores de desempenho tático, mas de comportamento tático coletivo. Isto, pois, as variáveis mensuradas no estudo, tais como sincronização longitudinal/lateral e velocidade de contração da equipe não consideram o resultado das ações táticas. Por exemplo, o grau de sincronia apresentado entre os jogadores de uma equipe não necessariamente deve resultar em situações ofensivas que ofereçam perigo ao gol adversário, ou ainda em situações defensivas com a maior proteção defensiva.

Considerando o desempenho tático individual, o estudo piloto de Kunrath e colaboradores (2018) encontrou resultados que mostram prejuízos da fadiga mental às ações relacionadas aos princípios táticos fundamentais do equilíbrio e da unidade defensiva. Traduzindo ao jogo, o esforço mental prolongado influenciou na eficiência do comportamento tático, prejudicando a capacidade dos jogadores em oferecer segurança aos jogadores envolvidos diretamente com ações defensivas próximos à bola, deixando de cobrir espaços e linhas de passes (princípio do equilíbrio). Da mesma forma, a fadiga mental também causou prejuízos à capacidade dos jogadores em organizar o espaço necessário para que os jogadores de defesa pressionem a equipe adversária (compactação), disponibilizando um espaço maior para a organização ofensiva dos jogadores adversários (princípio da unidade defensiva). Somando-se a isto, os valores superiores de distância percorrida após esforço mental prolongado encontrados neste estudo foram interpretados como uma estratégia dos jogadores, sendo uma possível

compensação física em detrimento à diminuição do desempenho tático.

Com o intuito de direcionar as pesquisas nesta temática, são sugeridas novas investigações com o propósito de compreender as relações entre fadiga mental e a dimensão tática. Conforme mencionado anteriormente, apesar dos estudos de Coutinho e colaboradores (2017) e Coutinho e colaboradores (2018) considerarem variáveis táticas de sincronia, estas não representam indicadores de desempenho. Além do mais, as interações entre o comportamento tático e o desempenho físico em teste de campo demonstrados no estudo piloto de Kunrath e colaboradores (2018) são passíveis de novas investigações. Nesse sentido, é possível que a observação dos efeitos da fadiga mental sobre variáveis cognitivas, táticas e físicas em estudo único possa fornecer novas informações sobre esta temática.

Futuros estudos também podem se beneficiar de investir na compreensão dos mecanismos que sustentam o impacto negativo da fadiga mental sobre o desempenho de jogadores de futebol. Embora o recente modelo proposto por Smith e colaboradores, (2018) esclareça importantes aspectos relacionados à fadiga mental, estudos que priorizem controlar respostas comportamentais e fisiológicas nos testes cognitivos são necessários. Nesse sentido, monitorar as respostas comportamentais e fisiológicas dos testes cognitivos permitirá observar indicativos psicológicos/cognitivos de motivação, do esforço cognitivo investido na tarefa e da capacidade dos jogadores em suportar a carga oriunda das tarefas cognitivas. Controlar as respostas comportamentais através do número de acertos/erros e o tempo de reação ao longo dos testes cognitivos, utilizando técnicas de EEG ou de pupilometria para observar as respostas fisiológicas podem ser estratégias úteis para investigações nesta área. Estes instrumentos podem fornecer informações que identifiquem jogadores eficientes ao suportar altos níveis de carga cognitiva durante longos períodos de atividade. Considerando as características do jogo de futebol, acredita-se que investigar os mecanismos subjacentes à fadiga mental, relacionado-os à componente tática seja um fértil campo de investigação.

Considerações finais

A fadiga mental e sua influência sobre o desempenho no futebol tem sido, recentemente, uma área de crescente interesse entre os pesquisadores. Os estudos selecionados para este artigo de revisão apresentam desenhos experimentais semelhantes, sendo analisado o desempenho dos jogadores em condição controle (sem fadiga mental)

e experimental (com fadiga mental), facilitando a comparação entre os resultados. Com os resultados obtidos até o momento, parece razoável inferir que a fadiga mental é um fator que influencia negativamente no desempenho físico, técnico, tático e cognitivo em jogadores de futebol.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos também às agências de fomento que possibilitaram a realização deste trabalho: SEESP-MG através da LIE, FAPEMIG, CNPq, FUNARBE, Reitoria, PróReitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, P. L. **Cognitive fatigue: Multidisciplinary perspectives on current research and future applications**. American Psychological Association Inc., 2011.
- ALARCÓN, F.; UREÑA, N. La fatiga mental deteriora el rendimiento en el tiro libre en baloncesto. **Revista de Psicología del Deporte**, v. 26, n. Supl.1, p. 33–36, 2017.
- ALBERTI, G.; IAIA, F.; ARCELLI, E.; CAVAGGIONI, L.; RAMPININI, E. Goal scoring patterns in major European soccer leagues. **Sport Sciences for Health**, v. 9, n. 3, p. 151–153, 2013.
- ARMATAS, V.; YIANNAKOS, A.; SILELOGLOU, P. Relationship between time and goal scoring in soccer games: Analysis of three World Cups. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 7, n. 2, p. 48–58, 2007.
- BADIN, O.; SMITH, M.; CONTE, D.; COUTTS, A. Mental fatigue impairs technical performance in small-sided soccer games. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 8, p. 1110–1105, 2016.
- BOKSEM, M.; MEIJMAN, T. F.; LORIST, M. M. Effects of mental fatigue on attention: An ERP study. **Cognitive Brain Research**, v. 25, n. 1, p. 107–116, 2005.
- BOKSEM, M.; TOPS, M. Mental fatigue: Costs and benefits. **Brain Research Reviews**, v. 59, n. 1, p. 125–139, 2008.
- BROADBENT, D. P.; GREDIN, N. V.; RYE, J. L.; WILLIAMS, M.; BISHOP, D. The impact of contextual priors and anxiety on performance effectiveness and processing efficiency in anticipation. **Cognition and Emotion**, Ahead of Print, p. 1–8, 2018.
- BROWNSBERGER, J.; EDWARDS, A.; CROWTHER, R.; COTTRELL, D. Impact of mental fatigue on self-paced exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 34, n. 12, p. 1029–1036, 2013.
- CASANOVA, F.; OLIVEIRA, J.; WILLIAMS, M.; GARGANTA, J. Expertise and perceptual-cognitive performance in soccer: a review. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 9, n. 1, p.115–122, 2009.
- COUTINHO, D.; GONÇALVES, B.; TRAVASSOS, B.; WONG, D; COUTTS, A.; SAMPAIO, J. Mental fatigue and spatial references impair soccer players' physical and tactical performances. **Frontiers in Psychology**, v. 8, p. 1–12, 2017.
- COUTINHO, D.; GONÇALVES, B.; WONG, D.; TRAVASSOS, B.; COUTTS, A.; SAMPAIO, J. Exploring the effects of mental and muscular fatigue in soccer players' performance. **Human Movement Science**, v.58, p.287–296, 2018.
- COUTTS, A. Fatigue in football: it's not a brainless task! **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 14, p. 1296–1296, 2016.
- DI GIULIO, C. Angelo Mosso: A holistic approach to muscular fatigue. **Archives Italiennes de Biologie**, v. 149, n. Supl.4, p. 69–76, 2011.
- DI SALVO, V.; GREGSON, W.; ATKINSON, G.; TORDOFF, P.; DRUST, B. Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 3, p. 205–212, 2009.
- FAUBERT, J. Professional athletes have extraordinary skills for rapidly learning complex and neutral dynamic visual scenes. **Scientific Reports**, v. 3, p. 22–24, 2013.
- GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 4, p. 1725–89, 2001.

- GONZAGA, A. D. S.; ALBUQUERQUE, M.; MALLOY-DINIZ, L.; GRECO, P. J.; TEOLDO, I. Affective decision-making and tactical behavior of under-15 soccer players. **Plos One**, v. 9, n. 6, p. 1–6, 2014.
- GREIG, M.; MARCHANT, D.; LOVELL, R.; CLOUGH, P.; MCNAUGHTON, L. A continuous mental task decreases the physiological response to soccer-specific intermittent exercise. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 12, p. 908–913, 2007.
- HILL, A.; LONG, C.; LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. **Proceedings of Royal Society**, v. 97, p. 155–176, 1924.
- KAHNEMAN, D. **Attention and effort**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1973.
- KUNRATH, C. A.; CARDOSO, F.; NAKAMURA, F. Y.; TEOLDO, I. Mental fatigue as a conditioner of the tactical and physical response in soccer players: a pilot study. **Human Movement**, v. 19, n. 3, p. 16–22, 2018.
- LIBERATI, A.; ALTMAN, D.; TETZLAFF, J.; MULROW, C.; GOTZSCHE, P.; IOANNIDIS, J.; CLARKE, M.; DEVEREAUX, P.; KLEIJNEN, J.; MOHER, D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. **PLoS Medicine**, v. 6, n. 7, p. 1–28, 2009.
- LOVATT, D.; XU, Q.; LIU, W.; TAKANO, T.; SMITH, N. A.; SCHNERMANN, J.; TIEU, K.; NEDERGAARD, M. Neuronal adenosine release, and not astrocytic ATP release, mediates feedback inhibition of excitatory activity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 16, p. 6265–6270, 2012.
- MACMAHON, C.; SCHIJKER, L.; HAGEMANN, N.; STRAUSS, B. Cognitive fatigue effects on physical performance during running. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, v. 36, n. 4, p. 375–381, 2014.
- MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 3, p. 857–864, 2009.
- MARCORA, S. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart, and lungs. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, p. 2060–2062, 2009.
- MARTIN, K.; STAIANO, W.; MENASPÀ, P.; HENNESSEY, T.; MARCORA, S.; KEEGAN, R.; THOMPSON, K.; MARTIN, D.; HALSON, S.; RATTRAY, B. Superior inhibitory control and resistance to mental fatigue in professional road cyclists. **PLoS ONE**, v. 11, n. 7, p. 1–15, 2016.
- MATTHEWS, G.; CAMPBELL, S.; FALCONER, S. Assessment of motivational states in performance environments. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, p. 906–910, 2001.
- MCMORRIS, T.; BARWOOD, M.; HALE, B.; DICKS, M.; CORBETT, J. Cognitive fatigue effects on physical performance: A systematic review and meta-analysis. **Physiology and Behavior**, v. 188, 2017, p. 103–107, 2018.
- MOHR, M.; KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. Fatigue in soccer: A brief review. **Journal of Sports Sciences**, v. 23, n. 6, p. 593–599, 2005.
- MOHR, M.; KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. **Journal of Sports Sciences**, v. 21, p. 519–528, 2003.
- MOSSO, A. **Fatigue**. London: Allen & Unwin Ltd, 1915.

NÉDELÉC, M.; MCCALL, A.; CARLING, C.; LEGALL, F.; BERTHOIN, S.; DUPONT, G. Recovery in Soccer: Part I - Post-match fatigue and time course of recovery in soccer. **Sports Medicine**, v. 42, n. 12, p. 997–1015, 2012.

NOAKES, T. D. Fatigue is a brain-derived emotion that regulates the exercise behavior to ensure the protection of whole-body homeostasis. **Frontiers in Physiology**, v. 3, p. 1–13, 2012.

NUECHTERLEIN, K. H.; PARASURAMAN, R.; JIANG, Q. Visual sustained attention: image degradation produces rapid sensitivity decrement over time. **Science**, v. 220, n. 4594, p. 327–9, 1983.

PAGEAUX, B.; LEPERS, R.; DIETZ, K.; MARCORA, S. Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 5, p. 1095–1105, 2014.

PAGEAUX, B. The Psychobiological Model of Endurance Performance: An Effort-Based Decision-Making Theory to Explain Self-Paced Endurance Performance. **Sports Medicine**, v. 44, n. 9, p. 11–12, 2014.

PAGEAUX, B.; MARCORA, S.; ROZAND, V.; LEPERS, R. Mental fatigue induced by prolonged self-regulation does not exacerbate central fatigue during subsequent whole-body endurance exercise. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 9, p. 1–12, 2015.

PAUL, D. J.; BRADLEY, P. S.; NASSIS, G. P. Factors affecting match running performance of elite soccer players: shedding some light on the complexity. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 10, n. 4, p. 516–519, 2015.

PENNA, E.; CAMPOS, B.; FILHO, E.; PIRES, D.; NAKAMURA, F. Y.; MENDES, T.; LOPES, T.; SMITH, M.; PRADO, L. Mental fatigue does not alter heart rate recovery but impairs performance in handball players. **Brazilian Journal of Sports Medicine**, v.24, n. 5, p.347-351, 2018.

RAMPININI, E.; IMPELLIZZERI, F.; CASTAGNA, C.; COUTTS, A.; WISLOFF, U. Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 1, p. 227–233, 2009.

SMITH, M. R.; COUTTS, A.; MERLINI, M.; DEPREG, D.; LENOIR, M.; MARCORA, S. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 2, p. 267–276, 2016a.

SMITH, M. R.; FRANSEN, J.; DEPREG, D.; LENOIR, M.; COUTTS, A. Impact of mental fatigue on speed and accuracy components of soccer-specific skills. **Science and Medicine in Football**, v. 1, n. 1, p. 48–52, 2017.

SMITH, M. R.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Mental fatigue impairs intermittent running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.47, n.8, p.1682-1690, 2015.

SMITH, M. R.; THOMPSON, C.; MARCORA, S.; SKORSKI, S.; MEYER, T.; COUTTS, A. Mental fatigue and soccer: Current knowledge and future directions. **Sports Medicine**, v.48, n.7, p.1-8, 2018.

SMITH, M. R.; ZEuwTS, L.; LENOIR, M.; HENS, N.; DE JONG, L.; COUTTS, A. Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 14, p. 1–8, 2016b.

TEOLDO, I.; GARGANTA, J.; GUILHERME, J. **Para um Futebol jogado com ideias: Conceção, treinamento e avaliação do desempenho tático de jogadores e equipes**. 1º ed. Curitiba: Appris, 2015.

- VAN CUTSEM, J.; MARCORA, S.; DE PAUW, K.; BAILEY, S.; MEEUSEN, R.; ROELANDS, B. The effects of mental fatigue on physical performance: A systematic review. **Sports Medicine**, v. 47, n. 8, p. 1–20, 2017.
- VAN DER LINDEN, D.; FRESE, M.; MEIJMAN, T. F. Mental fatigue and the control of cognitive processes: Effects on perseveration and planning. **Acta Psychologica**, v. 113, n. 1, p. 45–65, 2003.
- VENESS, D.; PATTERSON, S.; JEFFRIES, O.; WALDRON, M. The effects of mental fatigue on cricket-relevant performance among elite players. **Journal of Sports Sciences**, v. 16, p. 1–7, 2017.
- VESTBERG, T.; GUSTAFSON, R.; MAUREX, L.; INGVAR, M.; PETROVIC, P. Executive functions predict the success of top-soccer players. **PLoS ONE**, v. 7, n. 4, p. 1–5, 2012.
- WALSH, V. Is sport the brain's biggest challenge? **Current Biology**, v. 24, n. 18, p. 859–860, 2014.
- WARD, P.; WILLIAMS, M. Perceptual and cognitive skill development in soccer: The multidimensional nature of expert performance. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, v. 25, p. 93–111, 2003.
- WILLIAMS, A. Perceptual and cognitive expertise in sport. **Psychologist**, v. 15, n. 8, p. 416–417, 2002.

ESTUDO 2

Título: A Fadiga Mental Como Condicionante da Resposta Tática e Física em Jogadores de Futebol: Um Estudo Piloto

Caito André Kunrath, Felipe Cardoso, Fábio Yuzo Nakamura e Israel Teoldo

*Artigo publicado: *Mental fatigue as a conditioner of the tactical and physical response in soccer players: a pilot study. Human Movement*, v. 19, n. 3, p. 16-22, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.5114/hm.2018.76075>

Resumo: O objetivo deste estudo foi verificar os efeitos da fadiga mental sobre a eficiência do comportamento tático e a intensidade da distância percorrida em jogadores de futebol. A amostra foi composta por seis jovens jogadores de futebol da categoria Sub-15 ($14,7 \pm 0,59$ anos) de um clube amador. O teste de *Stroop* com duração de 20 minutos foi utilizado para induzir fadiga mental. Para avaliar o comportamento tático dos jogadores foi utilizado o Sistema de Avaliação Tática no Futebol (FUT-SAT) e para monitorar o desempenho físico foram utilizadas unidades do GPSports® (SPI-HPU). Os indivíduos foram avaliados em duas condições, “Controle” e “Fadiga Mental” (com e sem o teste de *Stroop*). Os resultados indicaram diferenças nas ações relacionadas aos princípios táticos de equilíbrio ($p=0,028$), unidade defensiva ($p=0,008$), total de ações defensivas ($p=0,028$) e na intensidade das distâncias percorridas relacionadas às zonas 3 ($p=0,032$) e 6 ($p=0,002$). Em fadiga mental, os jogadores apresentaram uma redução na eficiência do comportamento tático referente às movimentações que buscaram a estabilidade numérica nas relações de oposição e em movimentações que objetivaram defender em unidade ou em bloco, percorrendo maior distância em velocidades que compreendem entre 10-12,9 km/h e ≥ 18 km/h. Dessa forma, conclui-se que fadiga mental modificou a dinâmica de movimentações dos jogadores no campo de jogo, no que se refere à eficiência do comportamento tático e a intensidade da distância percorrida.

Palavras-chave: Cognição, Fadiga Cognitiva, Princípios Táticos, FUT-SAT, Desempenho Físico.

STUDY 2

Title: Mental Fatigue As a Conditioner Of The Tactical And Physical Response in Soccer Players: A Pilot Study

Caito André Kunrath, Felipe Cardoso, Fábio Yuzo Nakamura e Israel Teoldo

Abstract: The aim of the study was to verify mental fatigue effects on the tactical behavior efficiency and intensity of distance covered in soccer players. The sample comprised six young soccer players in the Under-15 category (14.7 ± 0.59 years) of an amateur club. Stroop test lasting 20 minutes was used to induce mental fatigue. The System of Tactical Assessment in Soccer (FUT-SAT) was used to assess players' tactical behavior efficiency. The GPSports® units (SPI-HPU) were used to assess soccer players' physical performance. The players were evaluated in two conditions: "Control" and "Mental Fatigue"(with and without Stroop task). The results displayed significant differences in actions related to principles of balance ($p=0.028$), defensive unity ($p=0.008$), and total defensive actions ($p=0.028$), as well as in the covered distance in intensity related to zones 3 ($p=0.032$) and 6 ($p=0.002$). In mental fatigue, the players presented a decrease in tactical action efficiency referring to movements that aimed at numerical stability in relations of opposition and at defending in unity and in block, and covered greater distances in zones 3 (10 to 12.9 km/h) and 6 (≥ 18 km/h). Thus, it is concluded that mental fatigue has modified the dynamics of players' movements in the field of play, regarding the efficiency of tactical behavior and the intensity of distance covered.

Key words: Cognition, Cognitive Fatigue, Tactical Principles, FUT-SAT, Physical Performance.

1. Introdução

A fadiga mental é conceituada como a sensação experimentada durante ou depois de prolongado período de atividade cognitiva, caracterizado pelo sentimento de cansaço e falta de energia (BOKSEM; TOPS, 2008; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009). No jogo de futebol, a fadiga mental pode ser gerada através da elevada demanda cognitiva dos jogadores em perceber, processar e interpretar diversas informações simultâneas, ao antecipar as ações dos adversários e tomar decisões sob frequente pressão de tempo (NÉDELÉC et al., 2012; WILLIAMS; REILLY, 2000). Os estudos têm demonstrado que os efeitos da fadiga mental estão relacionados com a redução das capacidades de processar informações (LORIST et al., 2000), de manter elevados níveis atencionais (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2005), de antecipar ações (DUNCAN et al., 2015) e de tomar decisões (SMITH et al., 2016b). Além do mais, recentes trabalhos sugerem que a fadiga mental promove efeitos negativos em atividades de *endurance* (VAN CUTSEM et al., 2017), em testes físicos e na execução de habilidades técnicas (SMITH et al., 2016a).

Na literatura, uma das teorias que explica a regulação do desempenho físico é o modelo psicobiológico proposto por Marcora, Staiano e Manning (2009). Neste modelo, os aspectos psicológicos, entre eles os perceptivos e motivacionais, possuem grande importância na regulação do desempenho e na tolerância ao exercício (PAGEAUX, 2014). A primeira evidência empírica que a fadiga oriunda de um esforço mental poderia prejudicar o desempenho físico é encontrado no estudo de Marcora, Staiano e Manning (2009). Este estudo mostrou que em teste de carga constante no cicloergômetro, os indivíduos, quando induzidos à fadiga mental chegam à exaustão em um período reduzido quando comparado à condição controle. Além disso, não foram verificadas diferenças nos indicadores fisiológicos como consumo de oxigênio, frequência cardíaca e concentração de lactato entre as condições controle e fadiga mental. A partir desta evidência, nota-se um crescente interesse em investigações que verificam o efeito da fadiga mental no desempenho esportivo, em especial no futebol (CÁRDENAS; CONDE-GONZÁLEZ; PERALES, 2015; BADIN et al., 2016).

Especificamente no futebol, os estudos têm indicado que a fadiga mental causa prejuízos no desempenho físico e técnico. Por exemplo, no estudo de Smith, Marcora e Coutts (2015) dez indivíduos, entre jogadores de futebol e rugby realizaram um protocolo autorregulado com seis intensidades (parado, caminhada, corrida lenta, corrida, corrida rápida e *sprint*) na esteira. Ao comparar o desempenho físico dos jogadores entre as

condições controle e experimental, os resultados indicaram menor distância total percorrida no teste, além de menor média de velocidade em estágios que compreenderam velocidades mais baixas, como em caminhadas e corridas de baixa intensidade em fadiga mental. Em outro estudo que investigou variáveis físicas em jogadores de futebol recreacionais, Smith e colaboradores (2016a) encontraram resultados que apontaram uma redução de 16,3% da distância percorrida no *Yo-Yo Intermittent Recovery Test – Level 1*.

Ao investigar variáveis técnicas, o estudo de Smith e colaboradores (2016a) identificou que, além de causar prejuízos ao desempenho físico, a fadiga mental também influenciaria no desempenho técnico. Através de testes técnicos com fundamentos de passe e chute, os jogadores apresentaram maior número de penalizações por infrações no teste de passe, além de uma menor acurácia no chute e na velocidade da bola na finalização à baliza (Smith et al., 2016a). Adicionalmente, o estudo de Badin e colaboradores (2016) teve como propósito verificar os efeitos da fadiga mental no desempenho técnico e físico em jogos reduzidos no futebol. Os resultados desta pesquisa mostraram um efeito prejudicial da fadiga mental sobre ações técnicas como passes e desarmes; entretanto, os resultados não mostraram prejuízos da fadiga mental no desempenho físico dos jogadores, tais como em acelerações, número de *sprints* e distância percorrida. Essas pesquisas demonstram que compreender os efeitos da fadiga mental tem sido considerado um desafio para os pesquisadores da área do futebol (SMITH et al., 2016a; CÁRDENAS; CONDE-GONZÁLEZ; PERALES, 2015).

Apesar dos indicativos sobre as consequências da fadiga mental no desempenho físico, técnico e cognitivo no futebol (BADIN et al., 2016; SMITH et al., 2016a; SMITH et al., 2016b), investigações são necessárias para identificar os possíveis efeitos da fadiga mental na componente tática. Nesse sentido, as interações entre o desempenho tático e físico dos jogadores também são desconhecidas. Considerar os princípios táticos fundamentais do futebol fornecerá informações sobre o comportamento tático adotado pelos jogadores nestas condições. Portanto, o objetivo do estudo foi verificar os efeitos da fadiga mental sobre a eficiência do comportamento tático e a intensidade da distância percorrida em jogadores de futebol.

Baseada nestas evidências (BADIN et al., 2016; SMITH et al., 2016a; SMITH et al., 2016b), a hipótese do presente estudo é que a fadiga mental cause prejuízos no comportamento tático e no desempenho físico em jogadores de futebol. Dada a importância e a dificuldade em gerenciar a fadiga mental e seus efeitos no futebol,

investigar as consequências da fadiga mental permitirá uma melhor compreensão dos potenciais fatores que influenciam o desempenho esportivo (COUTTS, 2016).

2. Métodos

Amostra

Participaram do estudo seis jogadores de futebol do sexo masculino ($14,7 \pm 0,59$ anos) que realizaram um total de 421 ações táticas. Os jogadores pertenciam à categoria Sub-15 de um clube de futebol que participava de campeonatos a nível regional e estadual. Foram utilizados critérios de seleção dos jogadores e de distribuição das equipes conforme o nível tático, técnico e físico (CASAMICHANA; CASTELLANO, 2010) estabelecidos pelo treinador principal da equipe. Como critério de inclusão, todos os jogadores deveriam participar de treinamentos sistematizados, com no mínimo três sessões semanais de 1h e 30 min de duração e de competições a nível regional e estadual.

Procedimentos éticos

Esse trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CAAE: 70049717.0.0000.5153) e atendeu às normas estabelecidas pela resolução do Conselho Nacional em Saúde (466/2012) e do tratado de Ética de Helsinque (2013). A coleta dos dados foi realizada com o consentimento dos responsáveis pelos clubes. Os jogadores e seus responsáveis legais assinaram um Termo de Assentimento e de Consentimento Livre e Esclarecido.

Teste de Stroop

O teste de *Stroop* teve o propósito de induzir os jogadores a uma fadiga mental por meio de estímulos incongruentes, onde os jogadores deveriam verbalizar a cor da palavra e ignorar o significado delas. Neste teste, quatro palavras (vermelho, azul, verde e amarelo) eram apresentadas individualmente em ordem aleatória em um *notebook*, em que os avaliados deveriam responder verbalmente a cada estímulo com duração de 1 segundo. Por exemplo, quando a palavra “vermelho” era apresentada em cor “verde”, a resposta correta a ser verbalizada era “verde”.

O teste foi realizado em um ambiente fechado, livre de interferência sonora e ministrada no mesmo momento com todos os participantes. Os participantes foram direcionados para salas separadas e orientados individualmente pelos integrantes do

grupo de pesquisa, com instruções padronizadas sobre o teste. No total, os participantes foram submetidos a 1200 estímulos, durante o total de 20 minutos.

Eficiência do comportamento tático

Para a coleta dos dados referente à eficiência do comportamento tático dos jogadores foi utilizado o Sistema de Avaliação Tática no Futebol (FUT-SAT) (TEOLDO et al., 2011). O FUT-SAT fornece informações referentes aos comportamentos táticos desempenhados pelos jogadores em situações de jogo baseado nos princípios táticos fundamentais do futebol. Esta avaliação considera os dez princípios táticos fundamentais do futebol, sendo cinco da fase ofensiva (Penetração, Cobertura Ofensiva, Espaço, Mobilidade e Unidade Ofensiva) e cinco da fase defensiva (Contenção, Cobertura Defensiva, Equilíbrio, Concentração e Unidade Defensiva).

O FUT-SAT é composto por duas Macro-Categorias. A Macro-Categoria Observação refere-se às variáveis advindas dos Princípios Táticos, da Localização da Ação no campo de jogo e do Resultado da Ação. Já a Macro-Categoria Produto é relacionada ao Índice de Performance Tática (IPT), Ações Táticas, Percentual de Acertos e Localização da Ação Relativa aos Princípios (LARP). A medida do FUT-SAT utilizada para descrever a qualidade das ações táticas foi o percentual de acerto apresentado pelos jogadores.

O teste do FUT-SAT foi estruturado em um campo com 36 metros de comprimento por 27 metros de largura (Figura 1), conduzido em três períodos consecutivos de 4 minutos, com duração total de 12 minutos. Para a realização deste teste os jogadores foram divididos em duas equipes, cada uma com três jogadores de linha e um goleiro (goleiro + 3 vs 3 + goleiro), compostas por um defensor, um meio campista e um atacante. Cada equipe utilizava um jogo de colete numerado e de cores diferentes. Durante a aplicação do teste foi solicitado aos jogadores que jogassem de acordo com as regras oficiais do jogo. Foram concedidos 30 segundos para a familiarização dos jogadores com o teste.

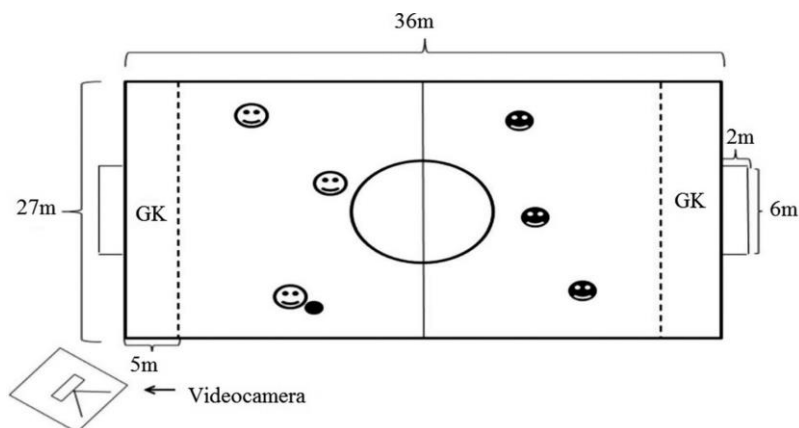


Figura 1. Representação da estrutura física do teste de campo do FUT-SAT

Para análise dos dados do teste de campo do FUT-SAT, foram seguidos os procedimentos propostos por Teoldo et al. (TEOLDO et al., 2011) onde após a gravação dos vídeos do teste, o material de vídeo obtido foi introduzido, em formato digital, em um computador portátil (DELL modelo *Inspiron N4030* processador *Intel Core™ i3*) via cabo USB, e convertido em arquivo “avi.” através do software *Format Factory Video Converter. Inc.* Para o tratamento das imagens e análise dos jogos foi utilizado o *software Soccer Analyzer®*. As análises dos jogos foram realizadas por um avaliador treinado, que foi submetido a um processo de treinamento sobre os procedimentos e métodos de análise com o FUT-SAT.

Monitoramento da distância percorrida

Para a coleta dos dados físicos foram utilizadas seis unidades de um dispositivo de rastreamento global (SPI-HPU - GPSports®, Canberra) durante o teste de campo. A frequência de sinal deste dispositivo é de 15Hz para identificar a posição do jogador no campo. As zonas de intensidade da distância percorrida utilizada no estudo foram divididas em Zona 1 (0 a 6,9 km/h), Zona 2 (7 a 9,9 km/h), Zona 3 (10 a 12,9 km/h), Zona 4 (13 a 15,9 km/h), Zona 5 (16 a 17,9 km/h) e Zona 6 (≥ 18 km/h), baseado em Aguiar e colaboradores (2013).

Protocolo experimental

Os jogadores foram avaliados em dois momentos distintos, com intervalo de sete dias entre cada avaliação. Na primeira condição “Controle” os jogadores participaram do teste de campo do FUT-SAT. Na segunda condição “Fadiga Mental”, os jogadores tiveram de realizar o teste de *Stroop* durante 20 minutos antes de realizarem o teste de campo do FUT-SAT. O intervalo entre a realização do teste de campo do FUT-SAT e o

teste de *Stroop* foi de aproximadamente 40 segundos, sendo este tempo relativo ao deslocamento dos participantes do local da realização do teste de *Stroop* até o campo.

Os participantes foram aconselhados a não realizar qualquer tipo de exercício físico vigoroso até 24 horas antes das intervenções, bem como a dormir pelo menos 7h na noite anterior. Os jogadores também foram aconselhados a não consumir quaisquer bebidas contendo álcool ou café na refeição e no período anterior às intervenções do experimento.

Análise estatística

Foi realizada análise descritiva (média e desvio padrão) para obter informações da amostra. A normalidade da distribuição dos dados foi testada através do teste *Kolmogorov-Smirnov*. Para os dados paramétricos foi utilizado o teste t pareado e para os dados não paramétricos foi utilizado o teste de *Wilcoxon*. Para verificar o tamanho de efeito entre as comparações de médias foi utilizado o *d* de Cohen, considerando as classificações: nulo (< 0,20), pequeno (0,21 a 0,60), médio (0,61 a 1,20) e grande (> 1,20). Para os dados gerados através do FUT-SAT, foi utilizado o método teste-reteste para verificar o coeficiente de confiabilidade das análises realizadas pelo avaliador, em que foram utilizados os valores de Kappa de Cohen na descrição dos resultados.

As análises de confiabilidade intra-avaliador foram realizadas respeitando o intervalo de 21 dias, para evitar problemas de familiaridade com a tarefa. De um total de 421 ações táticas, foram analisadas 50 ações táticas, que representam 11,87 % da amostra, valor superior ao de referência (10 %) apontado pela literatura (TABACHNICK; FIDELL, 2007). O valor de confiabilidade encontrado foi de 81 %, situando entre os valores denominados “quase perfeitos” (0,81 a 1), o que demonstra alto nível de concordância intra-avaliador (LANDIS; KOCH, 1977). O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. Para o tratamento dos dados foi utilizado o *software* SPSS (*Statistical Package for Social Science*) para Windows, versão 23.0.

3. Resultados

A tabela 1 apresenta os dados referentes à qualidade das ações táticas dos princípios táticos ofensivos e defensivos na condição “Controle” e “Fadiga Mental”.

Tabela 1. Média e desvio padrão da eficiência do comportamento tático

	Controle % acerto	Fadiga Mental % acerto	P	d
<i>Princípios Ofensivos</i>				
Penetração	88,85 ± 13,21	91,56 ± 05,15	0,461	0,567
Cobertura Ofensiva	99,43 ± 01,41	97,17 ± 04,09	0,286	1,139
Mobilidade	80,00 ± 24,49	88,89 ± 27,22	1,000	0,150
Espaço	97,76 ± 01,88	93,82 ± 08,47	0,223	0,991
Unidade Ofensiva	87,90 ± 07,08	92,87 ± 05,37	0,346	0,949
Totais ofensivos	94,40 ± 02,80	93,53 ± 04,30	0,758	0,324
<i>Princípios Defensivos</i>				
Contenção	71,83 ± 12,85	83,30 ± 10,88	0,116	1,733
Cobertura Defensiva	95,11 ± 08,37	77,62 ± 22,19	0,144	1,461
Equilíbrio	91,57 ± 06,57	66,65 ± 12,46	0,028*	3,297
Concentração	95,48 ± 08,10	92,41 ± 12,92	0,715	0,376
Unidade Defensiva	88,45 ± 03,94	73,35 ± 08,93	0,008*	3,743
Totais defensivos	88,52 ± 02,72	75,87 ± 06,58	0,028*	5,461

*diferença significativa no nível de $p < 0,05$

Os resultados mostram um decréscimo da qualidade das ações táticas na condição de “fadiga mental” quando comparados à condição “Controle” nos princípios táticos defensivos “equilíbrio” [$z_{(6)} = -2,216$; $p = 0,028$; $d = 3,297$], “unidade defensiva” [$t = 4,209$; $p = 0,008$; $d = 3,743$] e “total defensivo” [$z_{(6)} = -2,201$; $p = 0,028$; $d = 5,461$].

Tabela 2. Média e desvio padrão dos dados de desempenho físico

Distância (m)	Controle	Fadiga Mental	P	d
Distância total	1316,83 ± 94,93	1398 ± 77,64	0,164	1,453
Zona 1 (0-6,9 km/h ⁻¹)	845,83 ± 62,58	811 ± 38,21	0,131	1,614
Zona 2 (7-9,9 km/h ⁻¹)	172,33 ± 37,20	190,5 ± 28,60	0,436	0,757
Zona 3 (10-12,9 km/h ⁻¹)	69,16 ± 11,09	81,67 ± 10,05	0,032*	2,610
Zona 4 (13-15,9 km/h ⁻¹)	6,16 ± 03,49	6,17 ± 02,79	1,000	0,000
Zona 5 (16-17,9 km/h ⁻¹)	55,5 ± 17,66	65,17 ± 14,02	0,190	1,350
Zona 6 (≥18 km/h ⁻¹)	167,33 ± 41,16	242,66 ± 56,07	0,002*	5,220

*diferença significativa no nível de $p < 0,05$

Os resultados da tabela 2 mostram um aumento da distância percorrida na zona 3 [$t = -2,968$; $p = 0,032$; $d = 2,610$] e na zona 6 [$t = -5,874$; $p = 0,002$; $d = 5,220$] na condição “Fadiga Mental” em comparação com a condição “Controle”. Embora os resultados não apontem diferença significativa, vale destacar que em fadiga mental os jogadores também percorreram maiores distâncias totais e menores distâncias em velocidades mais baixas.

4. Discussão

O objetivo do estudo foi verificar os efeitos da fadiga mental sobre o comportamento tático e a distância percorrida por jogadores de futebol em diferentes intensidades. Os resultados indicaram que ao serem submetidos à fadiga mental, os jogadores apresentaram menores índices de eficiência do comportamento tático em ações relacionadas aos princípios táticos defensivos de equilíbrio, unidade defensiva e no total de ações defensivas. Em relação aos resultados de desempenho físico, verificou-se um aumento da distância percorrida em velocidades correspondentes às zonas 3 (10 a 12,9 km/h) e de intensidade mais elevadas (≥ 18 km/h).

A redução na eficiência do comportamento tático está relacionada à exposição dos jogadores à fadiga mental. Neste contexto, a fadiga mental pode não determinar a capacidade dos indivíduos em realizar a tarefa, mas influencia na dificuldade em manter elevados níveis de desempenho dos jogadores (CÁRDENAS; CONDE-GONZÁLEZ; PERALES, 2015). Quanto às ações táticas, nota-se que a exposição dos jogadores à fadiga mental causou prejuízos em posicionamentos e movimentações relacionadas aos princípios táticos defensivos, sobretudo em ações mais distantes do centro de jogo. O centro de jogo é o espaço em que o jogo ocorre com maior intensidade e velocidade, sendo o local onde a transmissão da bola entre os companheiros é facilitada (TEOLDO; GARGANTA; GUILHERME, 2015).

O princípio tático do equilíbrio tem como propósito assegurar a organização defensiva por meio da igualdade ou superioridade numérica dos jogadores de defesa, que estejam posicionados entre a bola e a própria baliza (TEOLDO et al., 2009). A realização de ações táticas pouco qualificadas relacionadas a este princípio não permitem oferecer segurança aos jogadores que estejam envolvidos diretamente com ações defensivas no centro de jogo, deixando de cobrir espaços, linhas de passes e de marcação de potenciais jogadores que possam receber a bola (TEOLDO; GARGANTA; GUILHERME, 2015). Já o princípio da unidade defensiva possui forte relação com a compreensão do jogo e a organização do posicionamento dos jogadores (TEOLDO et al., 2009). As diretrizes deste princípio visam assegurar linhas orientadoras que coordenem o comportamento dos jogadores fora do centro de jogo. A realização pouco qualificada dessas ações não proporciona a organização necessária para que os jogadores de defesa pressionem a equipe adversária, disponibilizando um espaço maior para a organização ofensiva dos jogadores adversários (TEOLDO; GARGANTA; GUILHERME, 2015).

Os resultados do presente estudo também revelaram que ao serem submetidos à fadiga mental, os jogadores percorreram maiores distâncias em velocidades correspondentes às zonas 3 (10 a 12,9 km/h) e 6 (≥ 18 km/h). Desta forma, especula-se que o aumento da distância percorrida nessas intensidades tenha sido uma consequência da redução da eficiência do comportamento tático nas ações defensivas. Isto acontece, pois, as ações relacionadas aos princípios táticos de equilíbrio e unidade defensiva são realizadas mais distantes da bola, requisitando dos jogadores uma aproximação ao centro de jogo a fim de possibilitar uma intervenção adequada. Nesse sentido, entende-se que o aumento da distância percorrida em velocidades correspondentes às zonas 3 e 6 tenha sido uma estratégia adotada pelos jogadores a fim de compensar o decréscimo da qualidade das ações táticas.

Em relação a esta estratégia, Badin e colaboradores (2016) destacam que os jogos reduzidos permitem a realização de ajustes no ritmo do jogo, onde os jogadores procuram equilibrar o desempenho conforme as diferentes situações do jogo. Os resultados observados no estudo de Badin e colaboradores (2016) também não sugerem um efeito prejudicial da fadiga mental no desempenho físico, entretanto nesta condição foram verificados prejuízos na qualidade das ações técnicas como passes, desarmes e condução de bola. Vale ressaltar que os presentes resultados não contrariam os resultados anteriores na literatura (SMITH et al., 2016a; SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015) reportando que a fadiga mental causa prejuízo em testes de *endurance* com carga constante ou em testes físicos porque, durante um jogo, os jogadores têm liberdade para alterar seu “ *pacing*” e não são exigidos até o máximo de sua tolerância ao exercício.

Outras pesquisas realizadas no futebol indicam resultados contrários comparados aos deste estudo, verificando que a fadiga mental causa um decréscimo no desempenho físico. Essas pesquisas encontraram resultados que mostram prejuízos ao desempenho (SMITH et al., 2016a; SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015) de corrida intermitente em um teste físico na esteira, e a diminuição de 16,3 % da distância percorrida no *Yo-Yo Intermittent Recovery Test, level 1*. Entretanto, os resultados oriundos da utilização de testes físicos com o propósito de verificar os efeitos da fadiga mental no desempenho físico não devem ser necessariamente transferidos para o jogo, pois não se aproximam do ambiente de jogo. Já o estudo de Badin e colaboradores (2016) apresentou regras que modificaram o objetivo principal do jogo, como a realização de seis passes consecutivos entre os jogadores da equipe para a obtenção de um “ponto” e a ausência dos goleiros. Nesse sentido, este estudo priorizou conservar a lógica interna e as regras oficiais do jogo,

por entender que dessa forma os resultados poderiam ter maior representatividade das condições de um jogo formal.

A hipótese que a fadiga mental causaria prejuízos na qualidade das ações táticas e na intensidade da distância percorrida por jogadores foi confirmada. Estudos mostram que a fadiga mental causa um decréscimo no desempenho físico em esportes como corrida (MACMAHON et al., 2014), ciclismo (MARTIN et al., 2016), críquete (VENESS et al., 2017), e em testes físicos no futebol (SMITH et al., 2016a; SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015). No entanto, apesar de encontrarmos resultados que indicam um aumento na distância percorrida em velocidades correspondentes à zona 3 (10 a 12,9 km/h) e na zona de maior intensidade (≥ 18 km/h), entendemos que percorrer maiores distâncias em velocidades elevadas em consequência de ações táticas pouco qualificadas possa trazer prejuízos ao desempenho dos jogadores no futebol.

Como implicação prática, os resultados indicam que, além de prejudicar a qualidade das ações táticas, a fadiga mental induz os jogadores a percorrerem maiores distâncias em velocidades elevadas. Nesse sentido, aumentar a distância percorrida em velocidades elevadas trará maior dificuldade no processo de recuperação durante as partidas e no intervalo entre treinos e jogos (REILLY; EKBLUM, 2005), de forma a aumentar o risco de lesões musculares nos jogadores (FATOUROS et al., 2010). Essas informações destacam a importância de considerar a fadiga mental como uma variável relevante no futebol.

Uma das limitações do estudo é a ausência de dados referentes aos indicadores perceptivos e cognitivos, pois estes dados poderiam fornecer informações adicionais que ajudariam a compreender o comportamento apresentado pelos jogadores. Futuros estudos devem considerar as interações entre a componente cognitiva, tática e física em contexto de jogo para compreender de forma mais consistente como a fadiga mental influencia o desempenho de jogadores de futebol.

Por fim, estes resultados sugerem que a fadiga mental prejudicou o desempenho dos jogadores, induzindo-os a realizarem ações táticas defensivas pouco qualificadas e a percorrerem maiores distâncias em velocidades correspondentes às zonas 3 (10 a 12,9 km/h) e 6 (≥ 18 km/h). Dessa forma, conclui-se que a fadiga mental modificou a dinâmica de movimentação dos jogadores no campo de jogo, no que se refere à eficiência do comportamento tático e a intensidade da distância percorrida.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos também às agências de fomento que possibilitaram a realização deste trabalho: SEESP-MG através da LIE, FAPEMIG, CNPq, FUNARBE, Reitoria, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M.; BOTELHO, G.; GONÇALVES, B.; SAMPAIO, J. Physiological responses and activity profiles of football small-sided games. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 5, p. 1287–1294, 2013.
- BADIN, O.; SMITH, M.; CONTE, D.; COUTTS, A. Mental fatigue impairs technical performance in small-sided soccer games. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 8, p. 1110-1105, 2016.
- BOKSEM, M.; MEIJMAN, T. F.; LORIST, M. M. Effects of mental fatigue on attention: An ERP study. **Cognitive Brain Research**, v. 25, n. 1, p. 107–116, 2005.
- BOKSEM, M.; TOPS, M. Mental fatigue: Costs and benefits. **Brain Research Reviews**, v. 59, n. 1, p. 125–139, 2008.
- CÁRDENAS, D.; CONDE-GONZÁLEZ, J.; PERALES, J. C. The role of mental workload in sport training. **Revista de Psicología del Deporte**, v. 24, n. 1, p. 91–100, 2015.
- CASAMICHANA, D.; CASTELLANO, J. Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: Effects of pitch size. **Journal of Sports Sciences**, v. 28, n. 14, p. 1615–1623, 2010.
- COUTTS, A. Fatigue in football: it's not a brainless task! **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 14, p. 1296–1296, 2016.
- DUNCAN, M.; FOWLER, N.; GEORGE, O.; JOYCE, S.; HANKEY, J. Mental fatigue negatively influences manual dexterity and anticipation timing but not repeated high-intensity exercise performance in trained adults. **Research in Sports Medicine**, v. 23, n. 1, p. 1–13, 2015.
- FATOUROS, I.; CHATZINIKOLAOU, A.; DOUROUDOS, I.; NIKOLAIDIS, M.; KYPAROS, A.; MARGONIS, K.; MICHAILEDIS, Y.; VANTARAKIS, A.; TAXILDARES, K.; KATRABASAS, I.; MANDALIDIS, D.; KOURETAS, D. JAMURTAS, A. Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 12, p. 3278–3286, 2010.
- LANDIS, J.; KOCH, G. **The measurement of observer agreement for categorical data.** *Biometrics*, v. 33, p. 159–174, 1977.
- LORIST, M.; KLEIN, M.; NIEUWENHUIS, S.; DE JONG, R.; MULDER, G.; MEIJMAN, T. Mental fatigue and task control: Planning and preparation. **Psychophysiology**, v. 37, n. 5, p. 614–625, 2000.
- MACMAHON, C.; SCHIJKER, L.; HAGEMANN, N.; STRAUSS, B. Cognitive fatigue effects on physical performance during running. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, v. 36, n. 4, p. 375–381, 2014.
- MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 3, p. 857–864, 2009.
- MARTIN, K.; STAIANO, W.; MENASPÀ, P.; HENNESSEY, T.; MARCORA, S.; KEEGAN, R.; THOMPSON, K.; MARTIN, D.; HALSON, S.; RATTRAY, B. Superior inhibitory control and resistance to mental fatigue in professional road cyclists. **PLoS ONE**, v. 11, n. 7, p. 1–15, 2016.
- NÉDELÉC, M.; MCCALL, A.; CARLING, C.; LEGALL, F.; BERTHOIN, S.; DUPONT, G. Recovery in Soccer: Part I - Post-match fatigue and time course of recovery in soccer. **Sports Medicine**, v. 42, n. 12, p. 997–1015, 2012.

PAGEAUX, B. The Psychobiological Model of Endurance Performance: An Effort-Based Decision-Making Theory to Explain Self-Paced Endurance Performance. **Sports Medicine**, v. 44, n. 9, p. 11–12, 2014.

REILLY, T.; EKBLUM, B. The use of recovery methods post-exercise. **Journal of Sports Sciences**, v. 23, n. 6, p. 619–627, 2005.

SMITH, M. R.; COUTTS, A.; MERLINI, M.; DEPREZ, D.; LENOIR, M.; MARCORA, S. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 2, p. 267–276, 2016a.

SMITH, M. R.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Mental fatigue impairs intermittent running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.47, n.8, p.1682-1690, 2015.

SMITH, M. R.; ZEuwTS, L.; LENOIR, M.; HENS, N.; DE JONG, L.; COUTTS, A. Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 14, p. 1–8, 2016b.

TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistics**. 6th. ed. New York: Harper e Row, 2007.

TEOLDO, I.; GARGANTA, J.; GRECO, P. J.; MESQUITA, I. Princípios táticos do jogo de futebol: conceitos e aplicação. **Motriz**, v. 15, n. 3, p. 657–668, 2009.

TEOLDO, I.; GARGANTA, J.; GRECO, P. J.; MESQUITA, I. Proposta de avaliação do comportamento tático de jogadores de Futebol baseada em princípios fundamentais do jogo. **Motriz**, v. 17, n. 3, p. 511–524, 2011.

TEOLDO, I.; GARGANTA, J.; GUILHERME, J. **Para um Futebol jogado com ideias: Concepção, treinamento e avaliação do desempenho tático de jogadores e equipes**. 1º ed. Curitiba: Appris, 2015.

VAN CUTSEM, J.; MARCORA, S.; DE PAUW, K.; BAILEY, S.; MEEUSEN, R.; ROELANDS, B. The effects of mental fatigue on physical performance: A systematic review. **Sports Medicine**, v. 47, n. 8, p. 1–20, 2017.

VENESS, D.; PATTERSON, S.; JEFFRIES, O.; WALDRON, M. The effects of mental fatigue on cricket-relevant performance among elite players. **Journal of Sports Sciences**, v. 16, p. 1–7, 2017.

WILLIAMS, A. M.; REILLY, T. Talent identification and development in soccer. **Journal of Sports Sciences**, v.18, p.657-667, 2000.

ESTUDO 3

Título: A Influência da Fadiga Mental Sobre a Percepção Periférica, o Comportamento Tático e o Desempenho Físico em Jogadores de Futebol

Caito André Kunrath, Fábio Yuzo Nakamura, Israel Teoldo

*Artigo publicado: *How does mental fatigue affect soccer performance during small-sided games? A cognitive, tactical and physical approach. Journal of Sports Sciences, v. 38, n. 15, p. 1818-1828, 2020.*

DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1756681>

Resumo: O objetivo deste estudo foi verificar como a fadiga mental influencia a percepção periférica, o comportamento tático e o desempenho físico de jogadores de futebol. A amostra foi composta por 18 jogadores de futebol universitário ($21,78 \pm 02,47$ anos). O teste de *Stroop* com duração de 30 minutos foi utilizado para induzir fadiga mental. Para avaliar a percepção periférica dos jogadores foi utilizado o teste de percepção periférica contido no Sistema de Testes de Viena. Para avaliar o comportamento tático dos jogadores foi utilizado o Sistema de Avaliação Tática no Futebol (FUT-SAT) e para monitorar o desempenho físico foram utilizadas unidades do GPSports® (SPI-HPU). Os resultados mostram que a fadiga mental causou uma redução na percepção periférica dos jogadores ($p=0,035$). No campo de jogo, a fadiga mental influenciou os jogadores a realizarem com maior frequência ações relacionadas aos princípios táticos de penetração ($p=0,042$), mobilidade ($p=0,005$) e unidade defensiva ($p<0,001$), e com menor frequência os de cobertura defensiva ($p<0,001$) e equilíbrio ($p=0,043$). Em fadiga mental, os jogadores apresentaram menor eficiência do comportamento tático em ações relacionadas aos princípios de cobertura ofensiva ($p=0,001$), espaço ($p=0,001$) e unidade ofensiva ($p<0,001$), contenção ($p=0,003$), equilíbrio ($p<0,001$), concentração ($p=0,001$) e unidade defensiva ($p=0,001$). Os jogadores também percorreram maior distância total ($p=0,008$) e em corrida leve ($p=0,001$), além de menor distância em caminhada ($p=0,027$). Estes resultados sugerem que a fadiga mental reduziu a percepção periférica dos jogadores, condicionando-os a priorizarem comportamentos diretos em direção ao gol adversário e de proteção à baliza, apresentando mais erros na maioria das ações táticas. Com estes resultados, conclui-se que a fadiga mental modificou a dinâmica de movimentação dos jogadores no campo de jogo, no que se refere aos aspectos cognitivos, táticos e físicos.

Palavras-chave: Fadiga Cognitiva, Cognição, Campo de Visão, Ação Tática, Desempenho Atlético.

STUDY 3

Title: The Influence of Mental Fatigue on Peripheral Perception, Tactical Behavior and Physical Performance in Soccer Players.

Caito André Kunrath, Fábio Yuzo Nakamura, Israel Teoldo

Abstract: The aim of this study was to verify how mental fatigue influences peripheral perception, tactical behavior and physical soccer players' performance. The sample comprised of 18 university male soccer players (21.78 ± 02.47 years). Stroop test lasting 30 minutes was used to induce mental fatigue. The Vienna Test System, through the peripheral perception test was used to assess players' peripheral perception. The System of Tactical Assessment in Soccer (FUT-SAT) was used to assess players' tactical behavior. The GPSports® units (SPI-HPU) were used to assess soccer players' physical performance. The results displayed that mental fatigue caused a decrease in peripheral perception of the players ($p=0.035$). On the playing field, mental fatigue influenced players to more often perform actions related to the tactical principles of penetration ($p=0.042$), mobility ($p=0.005$) and defensive unity ($p=<0.001$), and less often defensive coverage ($p=<0.001$) and balance ($p=0.043$). In mental fatigue, players showed less efficiency of tactical behavior in actions related to the principles of offensive coverage ($p=0.001$), space ($p=0,001$) and offensive unity ($p=<0.001$), delay ($p=0.003$), balance ($p=<0.001$), concentration ($p=0.001$) and defensive unity ($p=0.001$). Players also covered greater overall distance ($p=0.008$) and jogging ($p=0.001$), as well as lower distance walking ($p=0.027$). These results suggest that mental fatigue has decreased peripheral perception of players, conditioning them to prioritize vertical behaviors toward the goal and protecting the goal, presenting more errors in most tactical actions. We conclude that mental fatigue has modified the dynamics of players' movements in the field of play, regarding cognitive, tactical and physical performance.

Key words: Cognitive Fatigue, Cognition, Visual Field, Tactical Action, Athletic Performance.

1. Introdução

A fadiga mental é conceituada como uma sensação experimentada durante ou depois de prolongado período de atividade cognitiva, caracterizada pelo sentimento de cansaço e falta de energia (BOKSEM; TOPS, 2008; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009). Estudos mostram que indivíduos fadigados mentalmente apresentam desempenho piorado em tarefas cognitivas que exigem testagem de hipóteses e planejamento de ações (LORIST et al., 2000; VAN DER LINDEN; FRESE; MEIJMAN, 2003), inibição de respostas automáticas (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2005) e atenção seletiva (FABER; MAUTIRS; LORIST, 2012). Recentemente, pesquisadores têm identificado efeitos negativos da fadiga mental sobre o desempenho em exercícios de *endurance* (VAN CUTSEM et al., 2017) e em esportes caracterizados por elevada demanda cognitiva, em especial o futebol (COUTINHO et al., 2018).

No futebol, a fadiga mental pode ser ocasionada pela requisição contínua das habilidades perceptivo-cognitivas com a finalidade de reconhecer, interpretar e processar diversas informações simultâneas, tomar decisões e antecipar ações dos oponentes em situações de elevada pressão de tempo e espaço (NÉDELÉC, 2012). No decorrer de uma partida oficial, por exemplo, os jogadores permanecem vigilantes durante longos períodos, ajustando os comportamentos estratégicos e táticos às constantes mudanças do jogo através da captação das informações disponíveis no ambiente (WALSH, 2014). Por este motivo, é provável que os jogadores experimentem uma fadiga mental durante jogos e competições, contribuindo para uma redução de desempenho principalmente ao final dos jogos (SMITH et al., 2018).

A detecção de informações do ambiente é possibilitada por meio dos órgãos sensoriais, entre os quais a visão assume importante função em esportes como o futebol (STERNBERG, 2010). A percepção visual é investigada a partir da visão central, caracterizada por reduzida amplitude de informações e maior resolução de imagens, e periférica, em que há maior amplitude de informações captadas e sensibilidade aos movimentos, além de menor resolução de imagens (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2008). Em relação à contribuição da percepção periférica para o desempenho no futebol, estudos mostram que para realizar comportamentos táticos eficientes, é preciso que os jogadores possuam habilidade apurada de percepção periférica, visto que as respostas motoras observadas no jogo são realizadas a partir da extração de informações do ambiente (GONÇALVES et al., 2017).

Em importante estudo da área, Smith e colaboradores (2016b) investigaram os efeitos da fadiga mental sobre a busca visual e a tomada de decisão em cenas ofensivas de futebol. Os resultados desta pesquisa mostraram impactos mínimos da fadiga mental sobre a visão central, permitindo inferir que, apesar de causar prejuízos na acurácia e no tempo de decisão, não foram modificados os padrões de busca visual das informações (bola, espaço vazio, oponente) sob fadiga mental. Embora os pesquisadores não considerem esta hipótese, supõe-se que a fadiga mental resulte em prejuízos sobre a percepção periférica e, conseqüentemente, à tomada de decisão no futebol baseada nessa fonte informacional. Essa é uma hipótese plausível, uma vez comprovada a sensibilidade da percepção periférica em situações de elevada demanda cognitiva (JAHN et al., 2005) e sua contribuição para a tomada de decisão no esporte (RYU et al., 2013).

Corroborando essa hipótese, um estudo recente que investigou os efeitos da fadiga mental sobre o comportamento coletivo no futebol encontrou valores reduzidos de sincronia em movimentações laterais entre os jogadores e na velocidade de contração da equipe (COUTINHO et al., 2017). Estes resultados foram atribuídos aos efeitos da fadiga mental sobre o comprometimento da capacidade dos jogadores em captar informações do ambiente, em especial dos companheiros e oponentes. Desta forma, os resultados sugerem a importância da visão periférica para a realização destas movimentações, visto que há a necessidade de extrair informações de movimentações mais abrangentes e, paralelamente, sugerem a sensibilidade da percepção periférica à fadiga mental. No entanto, eles não avaliaram diretamente esse efeito.

Em relação aos efeitos negativos da fadiga mental sobre o desempenho físico no futebol, o principal argumento encontrado nos estudos é centralizado no aumento da percepção do esforço durante a tarefa física (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015; SMITH et al., 2016a). Em termos fisiológicos, a atividade cognitiva prolongada causaria um aumento na concentração extracelular de adenosina no cérebro (LOVATT et al., 2012), em especial no córtex cingulado anterior e, por conseguinte, a percepção do esforço seria elevada durante o esforço físico (SMITH et al., 2018; MARTIN et al., 2018). Estudos que mostraram prejuízos da fadiga mental sobre o desempenho físico foram realizados, em sua maioria, utilizando testes físicos, sendo que durante um jogo de futebol os jogadores têm liberdade para alterar seu “*spacing*” e não são exigidos até o máximo de sua tolerância ao exercício (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015; SMITH et al., 2016a). Dessa forma, é possível que durante o jogo a fadiga mental não se manifeste apenas em forma de redução de desempenho físico, mas, ao invés disso, no investimento

inadequado do esforço físico, inclusive na forma de compensação (aumento) em detrimento de outros componentes do desempenho, como a tática (KUNRATH et al., 2018).

No futebol, ainda que as exigências metabólicas aeróbias e de resistência sejam predominantes, as situações de tomada de decisão são baseadas na criação de situações propícias à finalização no gol adversário e, pelo contrário, na anulação de situações que levam perigo à própria baliza (GRÉHAIGNE; GODBOUT, 1995; TEOLDO et al., 2009). Assumindo preponderância nestes objetivos, a componente tática e os processos cognitivos subjacentes à tomada de decisão, dentre eles a percepção periférica, são considerados requisitos essenciais para o desempenho no futebol (MCPHERSON, 1994; TEOLDO; GUILHERME; GARGANTA, 2015). Estabelecida a importância das habilidades perceptivo-cognitivas para o desempenho no futebol (CASANOVA et al., 2009; GONZAGA et al., 2014), espera-se que os efeitos da fadiga mental sejam potencializados na dimensão tática. Entretanto, o número de estudos verificando os efeitos da fadiga mental sobre parâmetros táticos de desempenho ainda é muito reduzido.

Apesar do crescente interesse em pesquisas que investigaram este fenômeno, ainda não são encontrados estudos que observaram os efeitos da fadiga mental a partir de uma perspectiva cognitiva, tática e física em um estudo único. Para isso, considerar os princípios táticos fundamentais do futebol (TEOLDO et al., 2009) irá fornecer informações sobre as soluções táticas encontradas pelos jogadores em condições de fadiga mental. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo verificar como a fadiga mental influencia a percepção periférica, o comportamento tático e o desempenho físico em jogadores de futebol durante um jogo reduzido padronizado.

2. Método

Amostra

Participaram do estudo dezoito jogadores amadores de futebol do sexo masculino ($21,78 \pm 02,47$ anos) com média de $12,22 \pm 3,13$ anos de tempo de prática na modalidade. Os jogadores pertenciam à categoria adulto de uma equipe universitária que participava de campeonatos nacionais e estaduais. Foram utilizados critérios de seleção dos jogadores e de distribuição das equipes conforme o nível tático, técnico e físico (CASAMICHANA; CASTELLANO, 2010) estabelecidos pelo treinador principal da equipe. Como critério

de inclusão, todos os jogadores deveriam participar de treinamentos regulares, com no mínimo três sessões semanais de 1h e 30 min de duração.

Procedimentos éticos

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CAAE: 70049717.0.0000.5153) e atendeu às normas estabelecidas pela resolução do Conselho Nacional em Saúde (466/2012) e do tratado de Ética de Helsinque (2013). A coleta de dados foi realizada com o consentimento dos voluntários da pesquisa através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Instrumentos de coleta de dados

Teste de Stroop

O teste de *Stroop* foi utilizado com o propósito de induzir os jogadores à fadiga mental através de um esforço mental prolongado. Quatro palavras (vermelho, azul, verde e amarelo) foram apresentadas repetidamente em ordem randomizada com duração de 1,5 segundos cada. Os participantes deveriam responder verbalmente aos estímulos, ignorando o sentido e considerando apenas a cor da palavra. Para aumentar a dificuldade do teste, foi acrescentada a regra em que as palavras apresentadas na cor “vermelha” seriam corretamente respondidas pelo seu significado. Deste modo, a palavra “verde” apresentada na cor “azul” seria corretamente respondida como “azul” enquanto a palavra “verde” apresentada na cor “vermelho” seria corretamente respondida como “verde”.

O teste foi realizado em ambiente fechado e livre de interferência sonora. Na aplicação do teste, os participantes foram direcionados para salas e orientados individualmente por um pesquisador através de instruções padronizadas sobre o teste. Foi concedido um período de 5 minutos para a familiarização dos jogadores com o teste de *Stroop*. No total, os participantes foram submetidos a 1200 estímulos, durante 30 minutos.

Escala Visual Analógica (EVA)

Para avaliar a sensação de fadiga mental foi aplicada a EVA. Esta escala possui um formato unidimensional traçada em uma linha reta horizontal de 100 mm, ancorada por limites extremos da sensação “mínimo” e “máximo”. Foi solicitado aos jogadores realizarem um traço vertical à caneta na linha da escala para determinar a percepção de fadiga mental no momento da avaliação. Antes e após o teste de *Stroop*, os jogadores

deveriam responder individualmente à seguinte pergunta: “Qual é a sua sensação de fadiga mental no momento?”.

Percepção Periférica

O teste de Percepção Periférica (PP) - versão S1, contido no Sistema de Testes de Viena (Figura 1), foi utilizado para avaliar a percepção periférica dos jogadores (SCHUHFRIED et al., 2011). O Sistema de Testes de Viena é um sistema computadorizado, composto pelos seguintes dispositivos: Monitor, CPU de computador, painel periférico, painel de respostas e pedais. O Sistema de Testes de Viena foi desenvolvido para avaliar de maneira objetiva dimensões como inteligência, habilidades cognitivas, bem como personalidade e liderança.

O teste de PP consiste em duas tarefas simultâneas, uma referente à percepção de sinais luminosos periféricos e outra ao rastreamento de um objeto em forma de círculo. Neste teste, o avaliado é instruído a perseguir os movimentos do objeto através do comando manual de um rodízio enquanto surgem estímulos luminosos nos painéis periféricos laterais. Ao identificar um padrão de estímulos luminosos, o avaliado é requerido a reagir rapidamente e pressionar um pedal com o pé dominante. Previamente ao início do teste, foi concedido um período para aprendizagem da tarefa, sendo a duração total do teste de 10 minutos. As principais medidas utilizadas neste teste foram: campo visual (graus), desvio do *tracking* (s), tempo de reação e número de reações omitidas.

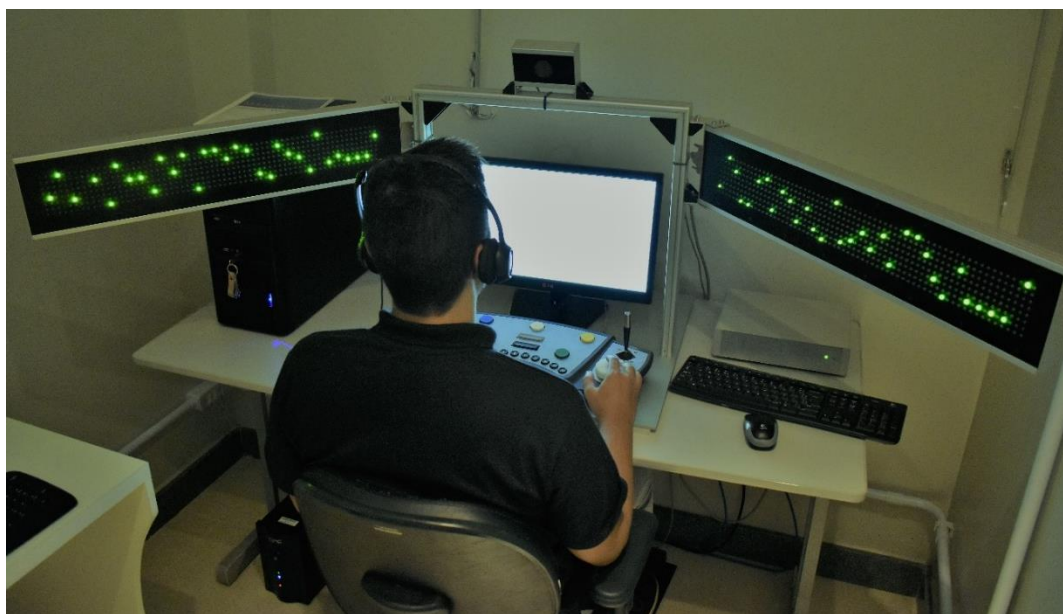


Figura 1. Aplicação do teste de Percepção Periférica no Sistema de Testes de Viena

Sistema de Avaliação Tática no Futebol

O Sistema de Avaliação Tática no Futebol (FUT-SAT) foi utilizado para avaliar o comportamento tático dos jogadores através do teste de campo padrão “Goleiro + 3 vs 3 + Goleiro” (TEOLDO et al., 2011). O FUT-SAT fornece informações referentes aos comportamentos táticos desempenhados pelos jogadores em situações de jogo baseado nos princípios táticos fundamentais do futebol. Esta avaliação considera os dez princípios táticos fundamentais do futebol, sendo cinco da fase ofensiva e cinco da fase defensiva (Quadro 1).

O FUT-SAT é composto por duas Macro-Categorias. A Macro-Categoria Observação refere-se às variáveis advindas dos Princípios Táticos, da Localização da Ação no campo de jogo e do Resultado da Ação. Já a Macro-Categoria Produto é relacionada ao Índice de Performance Tática (IPT), Ações Táticas, Percentual de Acertos e Localização da Ação Relativa aos Princípios (LARP). Neste estudo, as medidas do FUT-SAT utilizadas para descrever a eficiência e a frequência das ações táticas foram, respectivamente, percentual de acerto e ações táticas.

Categoria	Sub-categorias	Variáveis	Definições
<i>Princípios táticos fundamentais</i>	Ofensivo	Penetração	Redução da distância entre o portador da bola e a baliza ou linha de fundo.
		Cobertura Ofensiva	Oferecimento de apoios ofensivos ao portador da bola.
		Mobilidade	Criação de instabilidade na organização defensiva adversária.
		Espaço	Utilização e ampliação dos espaços de jogo efetivo em largura e profundidade.
		Unidade Ofensiva	Movimentação de avanço ou apoio ofensiva do(s) jogador(es) que compõe(m) a(s) última(s) linha(s) transversais da equipe.
	Defensivo	Contenção	Realização de oposição ao portador da bola.
		Cobertura Defensiva	Oferecimento de apoios defensivos ao jogador de contenção.
		Equilíbrio	Estabilidade ou superioridade numérica nas relações de oposição.
		Concentração	Aumento da proteção defensiva na zona de maior risco à baliza.
		Unidade Defensiva	Redução do espaço de jogo efetivo da equipe adversária.

Quadro 1. Princípios táticos fundamentais do jogo de futebol.

Fonte: Teoldo e colaboradores (2009)

O teste foi estruturado com medidas de campo de 36 metros de comprimento por 27 metros de largura (Figura 2), sendo conduzido em três períodos consecutivos de 4 minutos, totalizando 12 minutos. Para a realização deste teste, os jogadores foram divididos em duas equipes, cada uma com três jogadores de linha e um goleiro (goleiro +

3 vs 3 + goleiro), compostas por um defensor, um meio campista e um atacante. Durante a aplicação do teste foi solicitado aos jogadores que jogassem de acordo com as regras oficiais do jogo, inclusive a regra de impedimento. Foram concedidos 30 segundos para a familiarização dos jogadores com o teste. Como critério de observação das ações táticas foi utilizado o conceito de posse de bola proposto por Garganta (1997), que determina que uma equipe/jogador está em posse de bola a partir da realização de pelo menos um dos seguintes critérios: i) finalização ao gol adversário; ii) passe bem sucedido e, iii) pelo menos três contatos consecutivos na bola.

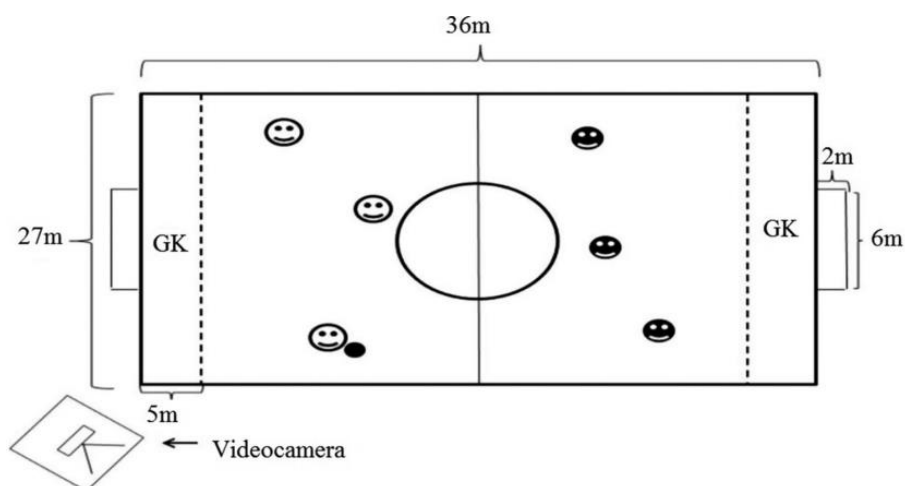


Figura 2. Representação da estrutura física do teste de campo do FUT-SAT

Para análise dos dados, foram seguidos os procedimentos propostos por Teoldo e colaboradores (2011) onde após a gravação dos vídeos do teste, o material de vídeo obtido foi introduzido, em formato digital, em um notebook (ACER modelo M5 Z09 processador Intel Core™ i3) via cabo USB. Para o procedimento de análise dos jogos foi utilizado o *software* Soccer View®. As análises dos jogos foram realizadas por avaliadores treinados cegados para a condição analisada, submetidos anteriormente a um processo de treinamento sobre os procedimentos e métodos de análise com o FUT-SAT.

Monitoramento do desempenho físico

Para a coleta dos dados físicos foram utilizadas dezoito unidades de um dispositivo de rastreamento global (SPI-HPU - GPSports®, Canberra) acoplados a um acelerômetro triaxial. A frequência de sinal deste dispositivo é de 15 Hz para identificar a posição do jogador no campo e de 100 Hz para o acelerômetro. Uma vez ativada, a unidade de GPS calculou a distância exata percorrida com base no recebimento do tempo de satélite e dados posicionais.

As zonas de intensidade da distância percorrida foram baseadas em Bradley e colaboradores (2009), divididas em: Parado (< 0,7 km/h), Caminhada (0,8 a 7,1 km/h), Corrida leve (7,2 a 14,3 km/h), Corrida (14,4 a 19,7 km/h), Corrida alta velocidade (19,8 a 25,1 km/h) e *Sprint* (> 25,1 km/h). Foram considerados também os seguintes parâmetros: Distância percorrida total, Velocidade máxima e Velocidade média.

Protocolo experimental

Inicialmente, foi agendada uma visita dos participantes ao laboratório com o propósito de explicar os procedimentos relacionados à EVA, ao teste de PP e ao teste de *Stroop*. Após um período de familiarização, os voluntários realizaram, em sequência, uma bateria de testes cognitivos na seguinte ordem: i) Teste de PP; ii) Teste de *Stroop*; iii) Teste de PP. Antes e após o Teste de *Stroop*, foi solicitado aos participantes que indicassem sua sensação de fadiga mental do momento através da EVA.

Em atividade no campo, os jogadores foram avaliados em duas condições com intervalo mínimo de 48 horas entre as avaliações. Na primeira condição “Controle”, os jogadores assistiram um documentário (sem tarefa cognitiva específica) e logo após participaram do teste de campo “Goleiro + 3 vs 3 + Goleiro”. Na segunda condição “Fadiga Mental” os jogadores realizaram o teste de *Stroop* previamente ao teste de campo “Goleiro + 3 vs 3 + Goleiro”. O intervalo entre a realização do teste de *Stroop*/documentário e o teste de campo foi de aproximadamente 3 minutos, que foi o tempo necessário para o deslocamento dos participantes até o campo de futebol.

Os participantes foram aconselhados a não realizar qualquer tipo de exercício físico até 24 horas antes das intervenções, bem como dormir no mínimo 6 a 8 horas na noite anterior. Os jogadores também foram aconselhados a não consumir qualquer bebida contendo cafeína ou álcool na refeição e no período anterior às intervenções do experimento.

Análise estatística

A análise descritiva dos dados (média e desvio padrão) foi realizada para a obtenção de informações da amostra, e a normalidade dos dados foi testada através do teste *Shapiro Wilk*. Após verificar a normalidade dos dados, foram aplicados os testes t pareado e *Wilcoxon* para a comparação de médias dos dados. Para os dados oriundos do FUT-SAT, foi utilizado o método teste-reteste a fim de verificar o coeficiente de confiabilidade das análises realizadas pelo avaliador, em que foram utilizados os valores

de Kappa de Cohen na descrição dos resultados. As análises de confiabilidade intra-avaliador foram realizadas respeitando o intervalo de 21 dias, para evitar problemas de familiaridade com a tarefa (ROBINSON; O'DONOGHUE, 2007). De um total de 2423 ações táticas, foram analisadas 266 ações táticas, que representam 11 % da amostra, valor superior ao de referência (10 %) apontado pela literatura (TABACHNICK; FIDELL, 2007). Neste procedimento participaram quatro avaliadores e os valores de confiabilidade encontrados situaram entre o mínimo de 84 % e o máximo de 97 % para a confiabilidade intra-avaliador, e entre 83 % e o máximo de 93 % para a confiabilidade inter-avaliadores, situando-se entre os valores denominados “quase perfeitos” (0,81 a 1), o que demonstra alto nível de concordância entre os avaliadores (LANDIS; KOCH, 1977).

Para verificar o tamanho de efeito entre as comparações de médias foi utilizado o d de Cohen, considerando as classificações: nulo ($< 0,20$), pequeno (0,21 a 0,60), médio (0,61 a 1,20) e grande ($> 1,20$). Os procedimentos estatísticos adotaram um nível de significância de $P < 0,05$ e foram realizados através do *software* SPSS (*Statistical Package for Social Science*) para Windows®, versão 23.0.

3. Resultados

Os participantes indicaram maior sensação de fadiga mental no momento pós (média=06,40 \pm 01,79) comparado ao momento pré-teste de *Stroop* (média=02,20 \pm 01,23; $t_{(17)}=-9,894$; $p<0,001$; $d=2,764$) (Figura 3). No teste de percepção periférica, foi encontrada redução no campo visual entre os momentos pré (média=189,9° \pm 12,03°) e pós (média=181,6° \pm 7,69°; $t_{(17)}=2,309$; $p=0,035$; $d=0,821$) (Figura 4). Não foram verificadas diferenças nas comparações para as variáveis desvio de *tracking* (média pré=5,46; média pós=5,44; $t_{(17)}=0,148$; $p=0,884$), tempo de reação (mediana pré=0,606; mediana pós=0,612; $z=-0,378$; $p=0,705$) e número de reações omitidas (mediana pré=5,59; mediana pós=5,00; $z=-0,235$; $p=0,814$).

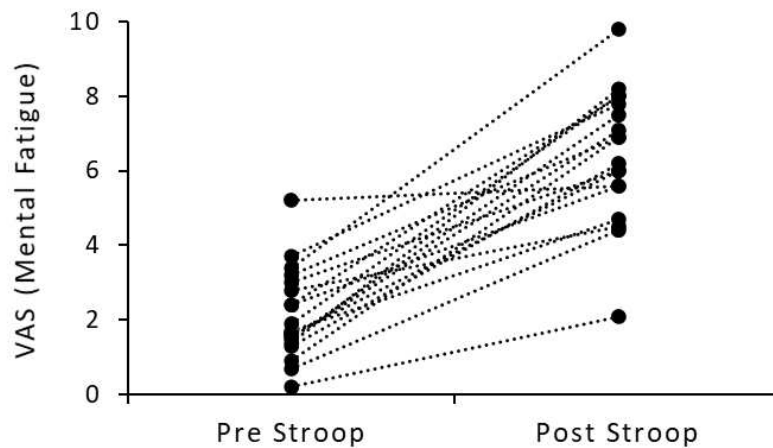


Figura 3. Comparação das medidas subjetivas de fadiga mental nos momentos pré e pós ao teste de *Stroop*.

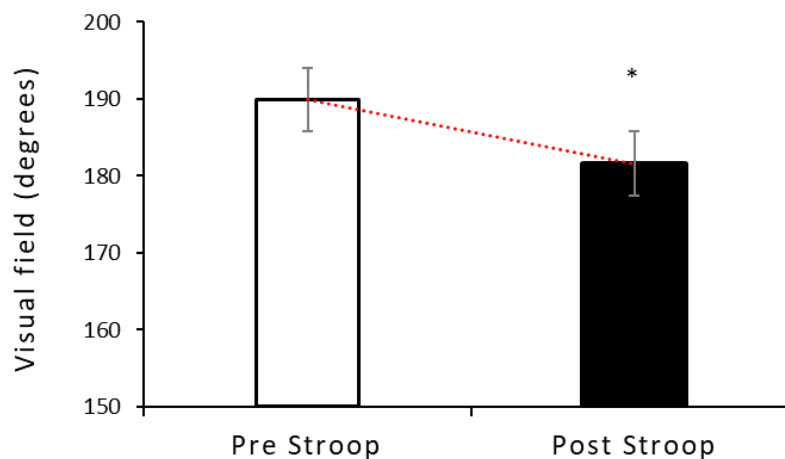


Figura 4: Comparação da média do campo visual da amostra nos momentos pré e pós ao teste de *Stroop*.

Comportamento tático

A tabela 1 apresenta os valores de média e desvio padrão da frequência do comportamento tático.

Tabela 1. Média e desvio padrão da frequência do comportamento tático

Princípios táticos	Controle		Fadiga Mental		<i>P</i>	<i>d</i>
	<i>M</i>	<i>DP</i>	<i>M</i>	<i>DP</i>		
<u>Ofensivos</u>						
Penetração	7,38 ± 04,53		10,16 ± 5,00*		0,042	0,583
Cobertura Ofensiva	19,50 ± 06,38		18,50 ± 6,20		0,447	0,150
Mobilidade	2,27 ± 01,36		4,38 ± 2,97*		0,005	0,913
Espaço	44,50 ± 13,62		40,61 ± 12,33		0,321	0,299
Unidade Ofensiva	19,66 ± 08,31		23,00 ± 4,20		0,245	0,507
<u>Defensivos</u>						
Contenção	20,27 ± 06,37		23,05 ± 7,08		0,184	0,413
Cobertura Defensiva	9,11 ± 03,23		5,00 ± 2,44*		<0,001	1,430
Equilíbrio	29,22 ± 13,40		22,38 ± 7,17*		0,043	0,636
Concentração	12,11 ± 03,95		13,16 ± 5,00		0,326	0,233
Unidade Defensiva	35,77 ± 09,89		45,00 ± 8,61*		<0,001	0,995
<u>Totais</u>						
Ofensivos	93,33 ± 11,21		96,66 ± 15,84		0,357	0,243
Defensivos	106,50 ± 13,99		108,61 ± 17,50		0,617	0,133

*diferença significativa no nível de $p < 0,05$.

Na fase ofensiva, os princípios táticos de Penetração ($t_{(17)} = -2,202$; $p = 0,042$; efeito pequeno) e Mobilidade ($z = -2,833$; $p = 0,005$; efeito médio) apresentaram maior frequência na condição “Fadiga Mental”. Na fase defensiva, houve menor frequência dos princípios de Cobertura Defensiva ($t_{(17)} = 4,362$; $p = < 0,001$; efeito grande) e Equilíbrio ($t_{(17)} = 2,189$; $p = 0,043$; efeito médio), além de maior frequência no princípio de Unidade Defensiva ($t_{(17)} = -5,193$; $p = < 0,001$; efeito médio) na condição “Fadiga Mental”.

A tabela 2 apresenta os valores de média e desvio padrão do percentual de acerto do comportamento tático.

Tabela 2. Média e desvio padrão do percentual de acerto do comportamento tático

Princípios táticos	Controle		Fadiga Mental		P	d
	M	DP	M	PD		
<u>Ofensivos</u>						
Penetração	72,65 ± 32,23		77,19 ± 14,26		0,913	0,182
Cobertura Ofensiva	95,40 ± 05,79		77,31 ± 16,83*		0,001	1,430
Mobilidade	68,52 ± 36,99		58,70 ± 28,09		0,258	0,299
Espaço	89,86 ± 06,68		74,83 ± 12,02*		0,001	1,460
Unidade Ofensiva	90,10 ± 05,70		66,18 ± 15,78*		<0,001	2,010
<u>Defensivos</u>						
Contenção	79,53 ± 09,19		59,47 ± 17,64*		0,003	1,426
Cobertura Defensiva	76,37 ± 19,38		67,06 ± 28,98		0,287	0,378
Equilíbrio	83,89 ± 07,36		59,14 ± 15,09*		<0,001	2,085
Concentração	92,25 ± 07,15		79,70 ± 13,52*		0,001	1,160
Unidade Defensiva	89,21 ± 09,57		69,92 ± 15,79*		0,001	1,478
<u>Totais</u>						
Ofensivos	89,53 ± 04,22		71,75 ± 09,88*		<0,001	2,340
Defensivos	85,06 ± 04,19		67,26 ± 07,31*		<0,001	2,980

*diferença significativa no nível de $p < 0,05$.

Na condição “Fadiga Mental”, foram encontrados valores reduzidos do percentual de acerto nos princípios táticos ofensivos de Cobertura Ofensiva ($z = -3,290$; $p = 0,001$; efeito grande), Espaço ($t_{(17)} = 4,242$; $p = 0,001$; efeito grande) e Unidade Ofensiva ($z = -3,680$; $p < 0,001$; efeito grande). Além disso, houve prejuízo nos princípios táticos defensivos de Contenção ($z = -3,006$; $p = 0,003$; efeito grande), Equilíbrio ($t_{(17)} = 8,276$; $p < 0,001$; efeito grande), Concentração ($z = -3,243$; $p = 0,001$; efeito médio) e Unidade Defensiva ($t_{(17)} = 4,001$; $p = 0,001$; efeito grande).

Desempenho físico

Na tabela 3, são apresentados os dados de média e desvio padrão relativos ao desempenho físico.

Tabela 3. Média e desvio padrão dos dados físicos

Variáveis físicas	Controle		Fadiga Mental		<i>P</i>	<i>d</i>
	<i>M</i>	<i>DP</i>	<i>M</i>	<i>DP</i>		
Distância total percorrida (m)	1335,9 ± 94,3		1375,4 ± 105,0*		0,008	0,396
Parado (< 0,7 km/h ⁻¹)	4,6 ± 1,6		4,3 ± 1,3		0,556	0,214
Caminhada (0,8 a 7,1 km/h ⁻¹)	608,2 ± 48,9		575,8 ± 43,2*		0,027	0,702
Corrida leve (7,2 a 14,3 km/h ⁻¹)	559,5 ± 87,8		623,8 ± 104,0*		0,001	0,669
Corrida (14,4 a 19,7 km/h ⁻¹)	140,7 ± 42,1		144,8 ± 37,1		0,731	0,102
Corrida alta velocidade (19,8 a 25,1 km/h ⁻¹)	22,6 ± 14,4		26,0 ± 14,4		0,284	0,236
<i>Sprint</i> (> 25,1 km/h ⁻¹)	0,3 ± 1,5		0,6 ± 1,8		0,180	0,247
Velocidade máxima	22,7 ± 1,5		23,4 ± 1,6		0,122	0,530
Velocidade média	6,6 ± 0,5		6,8 ± 0,5*		0,027	0,380

*diferença significativa no nível de $p < 0,05$.

Foram encontrados valores superiores de Distância total percorrida ($t=-3,051$; $p=0,008$; efeito pequeno), Corrida leve ($t=-3,930$; $p=0,001$; efeito médio) e Velocidade média ($t=-2,446$; $p=0,027$; efeito pequeno) na condição “Fadiga Mental”. Em contrapartida, os valores de Caminhada ($t=2,445$; $p=0,027$; efeito médio) foram superiores na condição “Controle”.

4. Discussão

O objetivo do presente estudo foi verificar como a fadiga mental influencia a percepção periférica, o comportamento tático e o desempenho físico de jogadores de futebol. Os resultados mostraram que a fadiga mental causou uma redução na percepção periférica dos jogadores. No comportamento tático, a fadiga mental condicionou os jogadores a realizarem com maior frequência ações de penetração, mobilidade e unidade defensiva, e com menor frequência ações de cobertura defensiva e equilíbrio. Em fadiga mental, houve uma redução na eficiência do comportamento tático na maioria das ações táticas relacionadas aos princípios. Os jogadores também apresentaram maiores valores de Distância total percorrida e de Corrida leve sob o estado de fadiga mental, sem diminuir em outras faixas mais intensas de velocidade.

Neste estudo, a instalação da fadiga mental foi verificada por meio das respostas objetivas e subjetivas dos jogadores ao esforço mental prolongado. Embora não seja observado o comprometimento do desempenho em variáveis como desvio de *tracking*, tempo de reação e número de reações omitidas, foi verificada uma redução no campo visual dos jogadores no teste de percepção periférica e índices superiores nas respostas subjetivas de fadiga mental após o teste de *Stroop*. A partir destes resultados, torna-se possível inferir que o teste de *Stroop* com duração de 30 minutos, é uma maneira eficaz de induzir fadiga mental.

Na literatura, a percepção periférica é considerada um importante fator relacionado à fadiga mental em áreas tradicionais de pesquisa que investigam os efeitos da carga de trabalho em motoristas e pilotos (DESMOND; MATTHEWS, 1997). Nestes estudos, geralmente observa-se uma redução na capacidade dos indivíduos em identificar informações periféricas proporcionalmente à carga mental experimentada e ao aumento da complexidade da tarefa (RANTANEN; GOLDBERG, 1999; ROGÉ et al., 2002; JAHN et al., 2005). Este fenômeno, denominado “visão de túnel”, pressupõe uma redução do campo visual e, conseqüentemente, um decréscimo na capacidade de detectar

informações periféricas em condições de elevada demanda mental (WILLIAMS, 1985; CHAN; COURTNEY, 1993).

No futebol, uma das importantes funções da percepção periférica é a de perceber informações em amplitude, através da sensibilidade em detectar movimentos e deslocamentos de companheiros e oponentes que estejam posicionados em corredores laterais mais próximos ou distantes (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2008). Conforme estudos nesta área, jogadores que possuem níveis superiores de percepção periférica apresentam maior eficácia do comportamento tático, inclusive os jogadores que possuem maior campo visual são mais eficientes em ações táticas ofensivas (GONÇALVES et al., 2017). Sendo assim, considerando a importância que a visão assume para o desempenho no futebol (WILLIAMS; DAVIDS; WILLIAMS, 1999), a redução do campo visual provocada pela fadiga mental poderia limitar a quantidade de informações disponíveis no ambiente de jogo. Por sua vez, o reduzido aporte de informações comprometeria a percepção, o processamento das informações e, conseqüentemente, o desempenho dos jogadores no campo.

Em relação ao comportamento tático, verificou-se que a fadiga mental condicionou os jogadores a realizarem com maior frequência ações táticas ofensivas de progressão com a bola e dribles em direção à linha de fundo ou baliza adversária, bem como a executar movimentações em profundidade ou largura “nas costas” da última linha de defensores. Além do mais, sob o efeito da fadiga mental os jogadores apresentaram menor eficiência do comportamento tático, cometendo maiores erros em ações ofensivas que buscaram criar espaços e linhas de passe, através do oferecimento de apoio próximo ao portador da bola, da ampliação do espaço efetivo de jogo e da realização de ações de ataque em bloco (TEOLDO et al., 2009).

Uma das explicações para estes comportamentos está relacionada aos efeitos negativos da fadiga mental sobre o desempenho cognitivo, especialmente no que se refere ao planejamento de ações e controle cognitivo (VAN DER LINDEN et al., 2003; VAN DER WEL et al., 2018). Quanto a estes efeitos, estudos mostram que indivíduos mentalmente fadigados apresentam menor capacidade de testar hipóteses e planejar ações, apresentando inclusive uma tendência a respostas automáticas (LORIST et al., 2000; VAN DER LINDEN et al., 2003). Estas conseqüências implicam em maior dificuldade na exploração dos espaços no campo de jogo e favorecem a respostas menos elaboradas por parte dos jogadores. Deste modo, supõe-se que a dificuldade em criar espaços e linhas de passe favoráveis à participação dos jogadores nas seqüências

ofensivas tenha sido um dos motivos para a preferência por comportamentos diretos e verticais. De acordo com os resultados encontrados neste estudo, é possível que o estreitamento do campo visual tenha causado a omissão de informações de companheiros dispostos em zonas laterais ou em locais distantes do portador da bola, o que consequentemente favoreceu os jogadores a priorizarem ações diretas e verticais. Tais comportamentos também podem ter sido motivados por alterações corticais ocorridas em regiões frontais e pré-frontais em consequência da fadiga mental (WASCHER et al., 2014; KÄTHNER et al., 2014). Segundo estudos, um possível mecanismo que explica estas alterações estaria ligado ao acúmulo de adenosina cerebral em regiões como o córtex pré-frontal, orbitofrontal e cíngulo anterior (LOVATT et al., 2012; QI et al., 2016). Tal fato implicaria na redução da ativação cerebral nestas regiões e, como resultado, reduziria a capacidade dos jogadores em planejar ações, inibir respostas automáticas e tomar decisões (BOKSEM; TOPS, 2008; VAN DER LINDEN, 2011).

No que diz respeito às ações táticas defensivas, a fadiga mental condicionou os jogadores a preterirem movimentações que objetivaram obstruir linhas de passe próximas ao portador da bola e assegurar a estabilidade defensiva em zonas laterais ao centro de jogo. Em contrapartida, foram priorizadas ações mais distantes da bola, através de movimentações que buscaram diminuir a amplitude adversária em largura ou profundidade a fim de reduzir o espaço de jogo efetivo (TEOLDO et al., 2009). Dessa forma, o reforço da marcação em setores mais distantes da bola pode demonstrar a preocupação em aspectos essenciais do jogo, realizando uma marcação recuada e apresentando como prioridade a proteção da baliza. Em relação a estes comportamentos, estudos mostram que indivíduos submetidos a tarefas mentais exigentes apresentam tendência a priorizar ações cruciais em detrimento a ações menos importantes (HOCKEY, 1997; VAN DER LINDEN, 2011), sendo o primeiro caso a proteção da baliza.

Com base nos resultados observados neste estudo, é possível supor que os jogadores tenham adotado comportamentos defensivos distantes da bola em consequência do estreitamento do campo visual e do comprometimento dos recursos cognitivos superiores provocados pela fadiga mental (VAN DER LINDEN, 2011). Isto se torna possível, uma vez que o distanciamento em relação às ações que ocorrem próximas à bola possibilitaria aos jogadores melhor percepção dos acontecimentos do jogo e, por outro lado, menor envolvimento em ações que exigem alta percepção como as ocorridas no centro de jogo. Resultados semelhantes a estes são observados em estudos que investigaram a sincronização coletiva de equipes de futebol em situações de superioridade

e inferioridade numérica (SAMPAIO et al., 2014; TRAVASSOS et al., 2014). Nestes estudos, verificou-se que em situações de inferioridade numérica, por exemplo, os jogadores ocuparam locais mais propícios à finalização, buscando a compactação da equipe próxima à própria baliza.

Sob o estado de fadiga mental, os jogadores também apresentaram maior número de erros em ações táticas que objetivaram diminuir a amplitude adversária em largura/profundidade, de condicionar o jogo adversário para zonas de maior risco do campo de jogo, de assegurar a estabilidade defensiva nas zonas laterais ao centro de jogo e de realizar marcação direta ao portador da bola (TEOLDO et al., 2009). Em virtude da contribuição das habilidades perceptivo-cognitivas para o desempenho no futebol (CASANOVA et al., 2009; GONZAGA et al., 2014), a deterioração do desempenho cognitivo causado pela fadiga mental ajudaria a esclarecer a redução da eficiência nas ações táticas encontrada em nossos resultados (FABER; MAURITS; LORIST, 2012). Neste contexto, estudos mostram que a fadiga mental não determina a capacidade dos indivíduos em completar tarefas, mas influencia a dificuldade em manter altos níveis de desempenho (FABER; MAURITS; LORIST, 2012; LORIST; BOKSEM; RIDDERINKHOF, 2005).

Quanto ao desempenho físico, os resultados mostraram que a fadiga mental condicionou os jogadores a percorrerem maior Distância total e em Corrida leve (7,2 a 14,3 km/h), além de menor distância em Caminhada (0,8 a 7,1 km/h). Estes resultados são interpretados como uma consequência da dificuldade apresentada na gestão do espaço de jogo ou uma possível compensação devido à redução da eficiência do comportamento tático apresentada pelos jogadores em fadiga mental. Considerando a redução na eficiência das ações táticas, esta interpretação é conjecturada em razão da característica dos jogos reduzidos que permitem ajustar o ritmo/intensidade em consonância com o desempenho ou estratégia adotada pelos jogadores, adversários ou companheiros (BADIN et al., 2016; KUNRATH et al., 2018). Em geral, estes resultados estão em conformidade com os encontrados no estudo de Kunrath e colaboradores (2018) e de Badin e colaboradores (2016). Neste último estudo citado, apesar dos autores não considerarem esta hipótese, é possível verificar uma maior quantidade de *sprints* repetidos sob o estado de fadiga mental, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

Na literatura, as principais evidências mostram efeitos negativos da fadiga mental sobre a tolerância ao exercício físico, especialmente em exercícios de *endurance* (VAN

CUTSEM et al., 2017). Inclusive, estudos realizados com jogadores de futebol confirmam esta hipótese, onde os resultados são interpretados de acordo com o modelo psicobiológico (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015; SMITH et al., 2016a; COUTINHO et al., 2018). No entanto, vale destacar que apenas Coutinho e colaboradores (2018) analisaram o desempenho dos jogadores em situações mais específicas de jogos reduzidos, enquanto outros aplicaram testes distantes da realidade do jogo de futebol, fato que deve ser considerado na interpretação destes resultados. Nota-se que, em jogos reduzidos com curta duração há uma tendência dos jogadores em percorrerem maior distância (BADIN et al., 2016; KUNRATH et al., 2018) e, ao contrário, distâncias menores ou resultados não conclusivos em jogos com maior duração (COUTINHO et al., 2017; COUTINHO et al., 2018). Dessa forma, parece razoável inferir que o desempenho inferior em variáveis técnico-táticas que são evidentes nos estudos supracitados, tenha consequências para o desempenho físico, principalmente para determinar o investimento do esforço físico no que se refere ao ritmo e à intensidade aplicada no jogo. Em outras palavras, o desempenho físico nos jogos de futebol não parece ser diretamente afetado pela fadiga mental, mas sim condicionado pelas alterações técnicas e táticas, que podem impor aumento da demanda física do jogo.

Devido à crescente relevância dos aspectos mentais que causam influência sobre o desempenho no futebol, futuros estudos podem se beneficiar de novas descobertas na área do controle de carga no treinamento com atenção especial ao caráter cognitivo e mental no futebol. Nesta perspectiva, a exemplo de instrumentos que permitem mensurar e monitorar as cargas físico-fisiológicas, sugere-se a validação de instrumentos e a criação de protocolos de avaliação que possibilitem a avaliação da fadiga mental no contexto prático do futebol. Por outro lado, também é importante verificar se a fadiga mental induzida por tarefas cognitivas normalmente utilizadas com este propósito, como o *Stroop* ou AX-CPT, é comparável à fadiga mental causada por atividades comuns na rotina dos jogadores, como em palestras e instruções demasiadas anteriores a jogos, interação virtual em redes sociais com dispositivos e *smartphones*, ou assistir aulas e estudar.

Por fim, os resultados do estudo sugerem que a fadiga mental reduziu o campo visual dos jogadores, condicionando-os a cometerem erros na criação de linhas de espaço e a priorizarem ações diretas e verticais na fase ofensiva, e de proteção da baliza na fase defensiva. Além do mais, observaram-se efeitos prejudiciais da fadiga mental sobre o desempenho físicos dos jogadores. Dessa forma, conclui-se que a fadiga mental

modificou a dinâmica de movimentação dos jogadores no campo de jogo, no que se refere aos aspectos cognitivos, táticos e físicos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos também às agências de fomento que possibilitaram a realização deste trabalho: SEESP-MG através da LIE, FAPEMIG, CNPq, FUNARBE, Reitoria, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

REFERÊNCIAS

- BADIN, O.; SMITH, M.; CONTE, D.; COUTTS, A. Mental fatigue impairs technical performance in small-sided soccer games. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 8, p. 1110-1105, 2016.
- BEAR, M.; CONNORS, B.; PARADISO, M. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. Porto Alegre: Artmed. 2008.
- BOKSEM, M.; MEIJMAN, T. F.; LORIST, M. M. Effects of mental fatigue on attention: An ERP study. **Cognitive Brain Research**, v. 25, n. 1, p. 107-116, 2005.
- BOKSEM, M.; TOPS, M. Mental fatigue: Costs and benefits. **Brain Research Reviews**, v. 59, n. 1, p. 125-139, 2008.
- BRADLEY, P. S.; SHELDON, W.; WOOSTER, B.; OLSEN, P.; BOANAS, P.; KRUSTRUP, P. High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 2, p. 159-168, 2009.
- CASAMICHANA, D.; CASTELLANO, J. Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: Effects of pitch size. **Journal of Sports Sciences**, v. 28, n. 14, p. 1615-1623, 2010.
- CASANOVA, F.; OLIVEIRA, J.; WILLIAMS, M.; GARGANTA, J. Expertise and perceptual-cognitive performance in soccer: a review. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 9, n. 1, p. 115-122, 2009.
- CHAN, H.; COURTNEY, A. Effects of cognitive foveal load on a peripheral single-target detection task. **Perceptual and Motor Skills**, v. 77, p. 515-533, 1993.
- COUTINHO, D.; GONÇALVES, B.; TRAVASSOS, B.; WONG, D.; COUTTS, A.; SAMPAIO, J. Mental fatigue and spatial references impair soccer players' physical and tactical performances. **Frontiers in Psychology**, v. 8, p. 1-12, 2017.
- COUTINHO, D.; GONÇALVES, B.; WONG, D.; TRAVASSOS, B.; COUTTS, A.; SAMPAIO, J. Exploring the effects of mental and muscular fatigue in soccer players' performance. **Human Movement Science**, v. 58, p. 287-296, 2018.
- DESMOND, P.; MATTHEWS, G. Implications of task-induced fatigue effects for in-vehicle countermeasures to driver fatigue. **Accident Analysis & Prevention**, v. 29, n. 4, p. 515-523, 1997.
- FABER, L.; MAURITS, N. M.; LORIST, M. M. Mental fatigue affects visual selective attention. **Plos One**, v. 7, n. 10, p. 1-10, 2012.
- GARGANTA, J. **Modelação táctica do jogo de futebol: Estudo da organização da fase ofensiva em equipas de alto rendimento**. 1997. 312 p. (Tese de Doutoramento). Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade do Porto, Porto, 1997.
- GONÇALVES, E.; NOCE, F.; BARBOSA, M. A.; FIGUEIREDO, J. A.; HACKFORT, D.; TEOLDO, I. Correlation of the peripheral perception with the maturation and the effect of the peripheral perception on the tactical behaviour of soccer players. **International Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. x, p. 1-13, 2017.
- GONZAGA, A. D. S.; ALBUQUERQUE, M.; MALLOY-DINIZ, L.; GRECO, P. J.; TEOLDO, I. Affective decision-making and tactical behavior of under-15 soccer players. **Plos One**, v. 9, n. 6, p. 1-6, 2014.
- GRÉHAIGNE, J.-F.; GODBOUT, P. Tactical knowledge in team sports from a constructivist and cognitivist perspective. **Quest**, v. 47, n. 4, p. 490-505. 1995.

- HOCKEY, G. Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. **Biological Psychology**, v. 45, n. (1-3), p. 73–93, 1997.
- JAHN, G.; OEHME, A.; KREMS, J.; GELAU, C. Peripheral detection as a workload measure in driving: Effects of traffic complexity and route guidance system use in a driving study. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 8, n. 3, p. 255–275, 2005.
- KÄTHNER, I.; WRIESSNEGGER, S.; MÜLLER-PUTZ, G.; KÜBLER, A.; HALDER, S. Effects of mental workload and fatigue on the P300, alpha and theta band power during operation of an ERP (P300) brain – computer interface. **Biological Psychology**, v. 102, p. 118–129, 2014.
- KUNRATH, C. A.; CARDOSO, F.; NAKAMURA, F. Y.; TEOLDO, I. Mental fatigue as a conditioner of the tactical and physical response in soccer players: A pilot study. **Human Movement**, v. 19, n. 3, p. 16–22, 2018.
- LANDIS, J.; KOCH, G. **The measurement of observer agreement for categorical data.** *Biometrics*, v. 33, p. 159–174, 1977.
- LORIST, M.; BOKSEM, M. A.; RIDDERINKHOF, K. Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. **Cognitive Brain Research**, v. 24, n. 2, p. 199–205, 2005.
- LORIST, M.; KLEIN, M.; NIEUWENHUIS, S.; DE JONG, R.; MULDER, G.; MEIJMAN, T. Mental fatigue and task control: Planning and preparation. **Psychophysiology**, v. 37, n. 5, p. 614–625, 2000.
- LOVATT, D.; XU, Q.; LIU, W.; TAKANO, T.; SMITH, N. A.; SCHNERMANN, J.; TIEU, K.; NEDERGAARD, M. Neuronal adenosine release, and not astrocytic ATP release, mediates feedback inhibition of excitatory activity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 16, p. 6265–6270, 2012.
- MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 3, p. 857–864, 2009.
- MARTIN, K.; STAIANO, W.; MENASPÀ, P.; HENNESSEY, T.; MARCORA, S.; KEEGAN, R.; THOMPSON, K.; MARTIN, D.; HALSON, S.; RATTRAY, B. Mental fatigue impairs endurance performance: A physiological explanation. **Sports Medicine**, v. 48, n. 9, p. 2041–2051, 2018.
- NÉDELÉC, M.; MCCALL, A.; CARLING, C.; LEGALL, F.; BERTHOIN, S.; DUPONT, G. Recovery in Soccer: Part I - Post-match fatigue and time course of recovery in soccer. **Sports Medicine**, v. 42, n. 12, p. 997–1015, 2012.
- QI, G.; AERDE, K.; ABEL, T.; FELDMEYER, D. Adenosine differentially modulates synaptic transmission of excitatory and inhibitory microcircuits in layer 4 of rat barrel cortex. **Cerebral Cortex**, v. 27, p. 1–12, 2016.
- RANTANEN, E.; GOLDBERG, H. The effect of mental workload on the visual field size and shape. **Ergonomics**, v. 42, n. 6, p. 816–834, 1999.
- ROBINSON, G.; O'DONOGHUE, P. A weighted kappa statistic for reliability testing in performance analyses of sport. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 7, n. 1, p. 9–12, 2007.
- ROGÉ, J.; PÉBAYLE, T.; KIEHN, L.; MUZET, A. Alteration of the useful visual field as a function of state of vigilance in simulated car driving. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 5, n. 3, p. 189–200, 2002.

RYU, D.; ABERNETHY, B.; MANN, D.; POOLTON, J.; GORMAN, A. The role of central and peripheral vision in expert decision making. **Perception**, v. 42, n. 6, p. 591–607, 2013.

SAMPAIO, J. E.; LAGO, C.; GONÇALVES, B.; MAÇÃS, B.; LEITEM N. Effects of pacing, status and unbalance in time motion variables, heart rate and tactical behaviour when playing 5-a-side football small-sided-games. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 17, n. 2, p. 229–233, 2014.

SCHUHFRIED, G.; PRIELER, J.; BAUER, W. Peripheral perception. In: Kallweit, D. (Ed.) **Vienna Test System: Psychological assessment**. Mödling: Paul Gerin Druckerei, Wolkersdorf, 2011. p. 57.

SMITH, M. R.; COUTTS, A.; MERLINI, M.; DEPREZ, D.; LENOIR, M.; MARCORA, S. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 2, p. 267–276, 2016a.

SMITH, M. R.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Mental fatigue impairs intermittent running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 47, n. 8, p. 1682–1690, 2015.

SMITH, M. R.; THOMPSON, C.; MARCORA, S.; SKORSKI, S.; MEYER, T.; COUTTS, A. Mental fatigue and soccer: Current knowledge and future directions. **Sports Medicine**, v. 48, n. 7, p. 1–8, 2018.

SMITH, M. R.; ZEuwTS, L.; LENOIR, M.; HENS, N.; DE JONG, L.; COUTTS, A. Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 14, p. 1–8, 2016b.

STERNBERG, R. **Psicologia Cognitiva**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistics**. 6th. ed. New York: Harper e Row, 2007.

TEOLDO, I.; GARGANTA, J.; GRECO, P. J.; MESQUITA, I. Princípios táticos do jogo de futebol: conceitos e aplicação. **Motriz**, v. 15, n. 3, p. 657–668, 2009.

TEOLDO, I.; GARGANTA, J.; GRECO, P. J.; MESQUITA, I. Proposta de avaliação do comportamento tático de jogadores de Futebol baseada em princípios fundamentais do jogo. **Motriz**, v. 17, n. 3, p. 511–524, 2011.

TEOLDO, I.; GARGANTA, J.; GUILHERME, J. **Para um Futebol jogado com ideias: Conceção, treinamento e avaliação do desempenho tático de jogadores e equipes**. 1º ed. Curitiba: Appris, 2015. 319 p.

TRAVASSOS, B.; VILAR, L.; DUARTE, A.; MCGARRY, T. Tactical performance changes with equal vs unequal numbers of players in small-sided football games. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 14, n. 2, p. 594–605, 2014.

VAN CUTSEM, J.; MARCORA, S.; DE PAUW, K.; BAILEY, S.; MEEUSEN, R.; ROELANDS, B. The effects of mental fatigue on physical performance: A systematic review. **Sports Medicine**, v. 47, n. 8, p. 1–20, 2017.

VAN DER LINDEN, D. **The urge to stop**. In: Cognitive fatigue: Multidisciplinary perspectives on current research and future applications, 2011. p. 149–164.

VAN DER LINDEN, D.; FRESE, M.; MEIJMAN, T. F. Mental fatigue and the control of cognitive processes: Effects on perseveration and planning. **Acta Psychologica**, v. 113, n. 1, p. 45–65, 2003.

VAN DER WEL, P.; VAN STEENBERGEN, H. Pupil dilatation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. **Psychonomic Bulletin and Review**, v. 25, n. 6, p. 1–11, 2018.

WALSH, V. Is sport the brain's biggest challenge? **Current Biology**, v. 24, n. 18, p. 859–860, 2014.

WASCHER, E.; RASCH, B.; SÄNGER, J.; HOFFMANN, S.; SCHNEIDER, D.; RINKENAUER, G.; HEUER, H.; GUTBERLET, I. Frontal theta activity reflects distinct aspects of mental fatigue. **Biological Psychology**, v. 96, p. 57–65, 2014.

WILLIAMS, A.; DAVIDS, K.; WILLIAMS, J. **Visual perception and action in sport**. London: Spon., E & FN, 1999.

WILLIAMS, L. J. Tunnel vision induced by a foveal load manipulation. **Human Factors**, v. 27, n. 2, p. 221–227, 1985.

DISCUSSÃO GERAL

A presente dissertação teve como objetivo verificar a influência da fadiga mental sobre o desempenho de jogadores de futebol. Os principais resultados encontrados nos estudos empíricos mostram que a fadiga mental causou redução na percepção periférica, modificou a frequência das ações táticas, diminuiu o percentual de acerto das ações relacionadas aos princípios táticos e condicionou os jogadores a percorrerem maiores distâncias. Dessa forma, jogadores mentalmente fadigados sofrem uma redução no campo visual, apresentam respostas táticas menos qualificadas e apresentam um investimento inadequado do esforço físico, inclusive na forma de compensação (aumento) em detrimento de outros componentes do desempenho. Com isso, é possível inferir que a fadiga mental ocasiona prejuízos para o desempenho de jogadores de futebol.

Conforme os resultados encontrados na revisão sistemática desta dissertação, atualmente são disponíveis oito artigos originais publicados em periódicos indexados que tiveram como objeto de estudo a fadiga mental no futebol. Os artigos selecionados mostram, sob diferentes pontos de vista, efeitos negativos da fadiga mental sobre o desempenho físico (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015; SMITH et al., 2016a), as ações técnicas (BADIN et al., 2016; SMITH et al., 2017), a tomada de decisão (SMITH et al., 2016b), em indicadores de comportamento coletivo (COUTINHO et al., 2017; COUTINHO et al., 2018) e no comportamento tático dos jogadores (KUNRATH et al., 2018). Quanto aos estudos supracitados, é importante destacar a semelhança dos procedimentos metodológicos adotados através de comparações entre variáveis de desempenho nas condições controle (sem fadiga mental) e experimental (com fadiga mental). Entre eles, destaca-se a utilização do teste de *Stroop* para a indução da fadiga mental na maioria dos estudos, que apesar da pouca validade ecológica e representatividade na prática do futebol, é um fator que facilita a comparação dos resultados e a discussão dos trabalhos.

Além de sumarizar os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho no futebol, outro aspecto importante a ser destacado pela revisão sistemática são as lacunas científicas que os estudos empíricos subsequentes objetivaram explorar. Embora os estudos selecionados investigassem os efeitos da fadiga mental no futebol, não foram encontradas pesquisas que consideraram os princípios táticos fundamentais do futebol e a análise de variáveis cognitivas, táticas e físicas em estudo único. Nesse sentido, as principais contribuições desta dissertação estão relacionadas à interpretação dos

resultados baseados na preponderância da componente tática no jogo de futebol (GARGANTA, 1997; TEOLDO; GARGANTA; GUILHERME, 2015). À luz dos princípios táticos fundamentais, o presente estudo acrescenta informações sobre os comportamentos adotados pelos jogadores após realizarem esforço mental prolongado, relacionando-os com o desempenho físico e, em especial, à percepção periférica. Dada a contribuição da percepção periférica para o desempenho no futebol (ANDRADE, 2016; GONÇALVES et al., 2017), parece razoável inferir que a redução da percepção periférica causada pela fadiga mental tenha sido um dos motivos que originaram os prejuízos ao desempenho observado nos estudos empíricos conduzidos nesta dissertação.

Por sua vez, as alterações no comportamento tático encontradas nos estudos estão relacionadas à exposição dos jogadores à fadiga mental. Os principais resultados desta pesquisa mostram que os jogadores realizaram com maior frequência ações táticas ofensivas diretas e verticais, e ações táticas defensivas mais distantes da bola que objetivaram oferecer segurança à própria baliza. As explicações para estes resultados estão pautadas na dificuldade que indivíduos mentalmente fadigados apresentam em ações que exigem maior controle cognitivo e planejamento de ações (VAN DER LINDEN; FRESE; MEIJMAN, 2003), e na priorização de ações cruciais em detrimento à ações menos importantes (VAN DER LINDEN, 2011). No que diz respeito à redução da eficiência em ações relacionadas aos princípios táticos, estudos mostram que a fadiga mental não determina a capacidade de indivíduos realizarem tarefas, no entanto, influencia a dificuldade na manutenção de elevados níveis de desempenho. Na prática, estas alterações podem ser traduzidas através da preferência pelo ataque direto ao adversário e pela proteção à própria baliza, apresentando ações táticas ofensivas e defensivas com pouca qualidade.

Um ponto importante a ser considerado nos estudos empíricos desta dissertação refere-se à congruência dos resultados encontrados. Embora os estudos tenham sido compostos por amostras distintas e adotado diferentes tempo de duração no teste de *Stroop*, percebeu-se uma redução na eficiência do comportamento tático especialmente nas ações defensivas. Nota-se, inclusive, que a magnitude dos resultados relacionados ao percentual de acerto nas ações táticas defensivas demonstrados pelos valores de tamanho de efeito, mostra-se superior para os princípios táticos de Equilíbrio e Unidade Defensiva em ambos os artigos.

Em relação aos resultados de desempenho físico, enquanto que são encontradas maiores distâncias percorrida em faixas de velocidade que compreendem entre 10 e 12,9

km/h e ≥ 18 km/h no estudo piloto, os resultados do artigo 3 mostram maior Distância total percorrida e em velocidades que compreendem entre 7,2 e 14,3 km/h, além de menor distância percorrida em Caminhada (0,8 a 7,1 km/h). Apesar desta diferença, os artigos indicam uma tendência dos jogadores a percorrerem distâncias superiores sob efeito da fadiga mental e, possivelmente, apresentarem maior desgaste físico. Com os resultados encontrados nos estudos empíricos, parece razoável inferir que a fadiga mental causa efeitos negativos na capacidade dos jogadores em determinar o esforço físico investido referente ao ritmo e a intensidade aplicada no jogo. Nesse sentido, é importante destacar que o teste de campo “Goleiro + 3 vs 3 + Goleiro” utilizado neste estudo teve duração inferior quando comparado a uma partida oficial e a outras investigações semelhantes (COUTINHO et al., 2017; COUTINHO et al., 2018). Sendo assim, é possível conjecturar que o desgaste físico oriundo da intensidade elevada observada neste estudo provoque uma redução do desempenho físico ao término de jogos oficiais, em sessões de treinamentos ou em testes com maior duração (SMITH et al., 2018).

Em termos práticos, apesar do teste de *Stroop* não ser específico ao futebol, as consequências da fadiga mental destacam a importância que os estímulos cognitivos assumem na resposta prática sobre a dinâmica dos jogadores em campo. Assim, é possível especular que, paralelamente às adaptações físico-fisiológicas impostas pelo treinamento conhecidas no treinamento desportivo (SELYE, 1946; BOMPA, 2003), os jogadores também sofram adaptações aos estímulos cognitivos oriundos dos exercícios das sessões de treinamento. Dada a importância do controle da carga cognitiva no treino, um fator importante a ser considerado pelas comissões técnicas é a utilização de ferramentas que auxiliam no planejamento e na estruturação do treino, como o SIATE (IBAÑEZ; FEU; CAÑADAS, 2016). Em síntese, o SIATE é um sistema metodológico que permite o registro e a análise dos diferentes fatores que influenciam no processo de treinamento em esportes coletivos, entre eles a demanda atencional exigida de acordo com as características do treino, número de jogadores envolvidos nos exercícios e situações de superioridade/inferioridade numérica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das lacunas científicas identificadas na revisão sistemática desta dissertação, os estudos empíricos subsequentes objetivaram verificar a influência da fadiga mental sobre o desempenho dos jogadores. Assim, as principais contribuições deste trabalho estão pautadas na interpretação dos resultados baseados na preponderância da componente tática, sendo considerados os princípios táticos fundamentais do jogo de futebol. Em geral, os resultados dos estudos empíricos mostraram que a fadiga mental causou efeitos negativos sobre a percepção periférica, o comportamento tático e o desempenho físico dos jogadores.

Através de um estudo piloto, verificou-se que os jogadores apresentaram menor eficiência do comportamento tático em ações defensivas e percorreram maiores distâncias em intensidades que compreenderam entre 10-12,9 km/h e ≥ 18 km/h. Com estes primeiros resultados, pôde-se inferir que a fadiga mental causou efeitos negativos sobre o comportamento tático dos jogadores, sendo que a maior distância percorrida foi considerada uma consequência ou uma forma de compensação à redução na eficiência das ações táticas.

Após o estudo piloto, conduziu-se um estudo em que foram consideradas variáveis cognitivas, táticas e físicas. Nele, foi verificado que a fadiga mental reduziu a percepção periférica dos jogadores, condicionando-os a priorizarem comportamentos diretos e verticais na fase ofensiva e de proteção à baliza na fase defensiva. Também foi observada uma redução na eficiência do comportamento tático na maioria das ações ofensivas e defensivas relacionadas aos princípios táticos fundamentais. Quanto ao desempenho físico, a fadiga mental condicionou os jogadores a percorrerem maior Distância total e em Corrida leve (7,2-14,3 km/h), além de menor distância em Caminhada (0,8-7,1 km/h).

Com estes resultados, verificou-se que a fadiga mental reduziu a percepção periférica, modificou a frequência e diminuiu a eficiência do comportamento tático, além de prejudicar o desempenho físico dos jogadores. Sendo assim, conclui-se que a fadiga mental é um fator condicionante do desempenho no futebol, causando influência nos aspectos cognitivos, táticos e físicos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. O. DE. **A influência da percepção periférica e da atenção sobre a eficiência do comportamento tático de jovens jogadores de futebol**. 2016. 83 p. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

BADIN, O.; SMITH, M.; CONTE, D.; COUTTS, A. Mental fatigue impairs technical performance in small-sided soccer games. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 8, p. 1110-1105, 2016.

BOMPA, T. **Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento deportivo**. Barcelona: Hispano Europea, 2003.

COUTINHO, D.; GONÇALVES, B.; TRAVASSOS, B.; WONG, D.; COUTTS, A.; SAMPAIO, J. Mental fatigue and spatial references impair soccer players' physical and tactical performances. **Frontiers in Psychology**, v. 8, p. 1–12, 2017.

COUTINHO, D.; GONÇALVES, B.; WONG, D.; TRAVASSOS, B.; COUTTS, A.; SAMPAIO, J. Exploring the effects of mental and muscular fatigue in soccer players' performance. **Human Movement Science**, v.58, p.287–296, 2018.

GARGANTA, J. **Modelação tática do jogo de futebol: Estudo da organização da fase ofensiva em equipas de alto rendimento**. 1997. 312 p. (Tese de Doutorado). Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade do Porto, Porto, 1997.

GONÇALVES, E.; NOCE, F.; BARBOSA, M. A.; FIGUEIREDO, J. A.; HACKFORT, D.; TEOLDO, I. Correlation of the peripheral perception with the maturation and the effect of the peripheral perception on the tactical behaviour of soccer players. **International Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. x, p. 1–13, 2017.

IBÁÑEZ, S. J.; FEU, S.; CAÑADAS, M. Sistema integral para el análisis de las tareas de entrenamiento, SIATE, en deportes de invasión. **Revista de Ciencias del Deporte**, v. 12, n. 1, p. 3–30, 2016.

KUNRATH, C. A.; CARDOSO, F.; NAKAMURA, F. Y.; TEOLDO, I. Mental fatigue as a conditioner of the tactical and physical response in soccer players: a pilot study. **Human Movement**, v. 19, n. 3, p. 16–22, 2018.

SELYE, H. The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 6, n. 2, p. 117-230, 1946.

SMITH, M. R.; COUTTS, A.; MERLINI, M.; DEPREZ, D.; LENOIR, M.; MARCORA, S. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 2, p. 267–276, 2016a.

SMITH, M. R.; FRANSEN, J.; DEPREZ, D.; LENOIR, M.; COUTTS, A. Impact of mental fatigue on speed and accuracy components of soccer-specific skills. **Science and Medicine in Football**, v. 1, n. 1, p. 48–52, 2017.

SMITH, M. R.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Mental fatigue impairs intermittent running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.47, n.8, p.1682-1690, 2015.

SMITH, M. R.; THOMPSON, C.; MARCORA, S.; SKORSKI, S.; MEYER, T.; COUTTS, A. Mental fatigue and soccer: Current knowledge and future directions. **Sports Medicine**, v.48, n.7, p.1-8, 2018.

SMITH, M. R.; ZEuwTS, L.; LENOIR, M.; HENS, N.; DE JONG, L.; COUTTS, A. Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 14, p. 1–8, 2016b.

TEOLDO, I.; GARGANTA, J.; GUILHERME, J. **Para um Futebol jogado com ideias: Concepção, treinamento e avaliação do desempenho tático de jogadores e equipes**. 1º ed. Curitiba: Appris, 2015.

VAN DER LINDEN, D. **The urge to stop**. In: Cognitive fatigue: Multidisciplinary perspectives on current research and future applications, 2011. p. 149–164.

VAN DER LINDEN, D.; FRESE, M.; MEIJMAN, T. F. Mental fatigue and the control of cognitive processes: Effects on perseveration and planning. **Acta Psychologica**, v. 113, n. 1, p. 45–65, 2003.

APÊNDICE 1

Aprovação do Comitê de Ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Influência da sobrecarga cognitiva no desempenho tático e físico de jogadores de futebol

Pesquisador: ISRAEL TEOLDO DA COSTA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 70049717.0.0000.5153

Instituição Proponente: Departamento de Educação Física

Patrocinador Principal: FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.160.715

Apresentação do Projeto:

O presente protocolo foi enquadrado como pertencente à Área Temática: Ciências da Saúde e Ciências Sociais, Humanas ou Filosofia aplicadas à Saúde

Conforme resumo apresentado no formulário online da Plataforma:

No jogo de futebol, os jogadores permanecem engajados em ações de alta demanda cognitiva durante longos períodos, o que pode originar uma sobrecarga cognitiva. Tal fato deixa os jogadores mais suscetíveis a cometer erros e ignorar sinais relevantes do jogo, prejudicando o seu desempenho. O presente projeto tem como objetivo verificar a influência da sobrecarga cognitiva no desempenho tático e físico em jogadores de

futebol. A amostra será composta por 24 jogadores de futebol do sexo masculino da Categoria Sub-20 de um clube de Futebol do Estado de Minas Gerais. Para a coleta de dados, será realizado o teste de FUT-SAT com a utilização do GPSports® (SPI-HPU) em duas condições. Os indivíduos serão avaliados na condição “normal” e “sobrecarga cognitiva” com um intervalo de 7 dias. Na condição “normal” os jogadores irão visualizar um

documentário do Discovery Channel durante 30 minutos e logo após realizarão o teste de FUT-SAT durante três períodos de 4 minutos com intervalo de 1 minuto. Na condição “sobrecarga cognitiva”

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br