

**FELIPPE DA SILVA LEITE CARDOSO**

**ESFORÇO COGNITIVO NO FUTEBOL: UMA PERSPECTIVA  
DE AVALIAÇÃO E CONTROLE**

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

Orientador: Israel Teoldo da Costa

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2020**

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

T

C268e  
2020  
Cardoso, Felipe da Silva Leite, 1986-  
Esforço cognitivo no futebol : uma perspectiva de avaliação  
e controle / Felipe da Silva Leite Cardoso. – Viçosa, MG, 2020.  
164 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Israel Teoldo da Costa.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Futebol. 2. Cognição. 3. Fadiga mental. 4. Decisões.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Educação  
Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.  
II. Título.

CDD 22. ed. 796.334

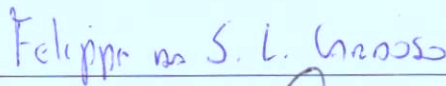
**FELIPPE DA SILVA LEITE CARDOSO**

**ESFORÇO COGNITIVO NO FUTEBOL: UMA PERSPECTIVA  
DE AVALIAÇÃO E CONTROLE**

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

APROVADA: 20 de outubro de 2020

Assentimento:



---

Felipe da Silva Leite Cardoso

Autor

---

Israel Tealdo da Costa

Orientador



Aos meus pais,  
Meus irmãos,  
Meus amigos,  
Meu amor

## AGRADECIMENTOS

Um desafio quase tão grande como a escrita desta tese é agradecer, em poucas páginas e palavras, as pessoas e instituições que foram importantes nessa jornada de pouco mais de 14 anos na Universidade Federal de Viçosa e 10 anos no Núcleo de Pesquisa e Estudos em Futebol - NUPEF.

Agradeço inicialmente aos meus pais, que foram os meus primeiros orientadores, primando pela minha formação humana, educacional e profissional. Sem o apoio do Sr. Roberto e da Sra. Marilene, que fizeram o possível e por vezes o impossível para que eu pudesse estudar, dificilmente chegaria até aqui! Além desse apoio, sou grato por serem pais presentes e amorosos sempre colocando os filhos a frente de suas próprias necessidades.

Agradeço também aos meus irmãos, Thaís, Ícaro, Roberta e Bárbara que sempre me incentivaram a seguir em frente, mesmo quando a distância era um obstáculo difícil de suportar. As minhas sobrinhas Maria e Serena, pontos de luz e amor.

A Mariana, amor da minha vida, sempre ao meu lado em todas as situações, sou infinitamente grato pelo seu apoio incondicional, incentivo nas horas mais difíceis e pela confiança no dia a dia. Sem você certamente não estaria onde estou hoje. A Amora, minha cãopanheira de todos os dias e “noites” que sempre enche meu coração de alegria ao chegar em casa depois de um dia cansativo.

Aos meus tios, tias e primos (não vou citar todos os nomes pois gastaria no mínimo uma página inteira) que sempre estiveram na torcida por mim, que compartilham sua alegria e entusiasmo nas minhas conquistas e conselhos nos momentos de dúvidas. Obrigado de coração!

Aos meus sogros e cunhados, agradeço por cada momento de alegria que compartilhamos juntos! Gratidão a cada um de vocês.

Aos meus amigos de infância (que fazem parte da família), meus amigos de Viçosa (em especial aos da minha antiga república - Toca do Lobo Mal) e aos inúmeros amigos que conquistei nos últimos anos de pós graduação, seja em eventos, congressos ou em viagens de trabalho ou descanso. Cada um de vocês tem um lugar especial no meu coração. Agradeço em especial aos amigos da pós graduação, meus companheiros de doutorado no NUPEF, Rodrigo, Guilherme, Iago e a todos amigos do mestrado, Adelson, Eder, Felipe Moniz, Henrique, Davi, João, Marcelo, Caito, Dambroz e Marcos. Obrigado pelas muitas horas de conversas, discussões e momentos descontraídos. Foi muito mais fácil o processo ao lado de pessoas boas e competentes. Torço pelo sucesso pessoal e profissional de cada um de vocês. Gratidão também a todos os alunos de IC e graduação

que contribuíram de alguma forma para que este trabalho pudesse ser realizado. Certamente, muitos de vocês em um futuro próximo, estarão fazendo a defesa de mestrado e doutorado com grande êxito.

Agradeço ainda todos os professores que fizeram parte da minha formação, seja no ensino básico, fundamental, médio e no superior. Procurei aprender com cada um de vocês, mas tenham certeza que o meu maior aprendizado não é aquele regido pelos conteúdos, meu maior aprendizado foi em relação aos valores de vida e da ética. Sou eternamente grato a cada um de vocês.

Agradeço aos excelentes professores e profissionais que aceitaram participar da minha banca de qualificação e de defesa da tese. Professor Dr. José Afonso, Professor Dr. André Roca, Professor Dr. Fábio Nakamura, Professor Dr. Próspero Paoli, Professor Dr. Varley Teoldo e professor Dr; Antônio José Natali. Obrigado pelas contribuições, orientações e cuidado ao analisarem o documento. Gratidão.

Agradeço também a todos os clubes e escolas de futebol, alunos e atletas que fizeram parte da pesquisa.

Agradeço a UFV e ao NUPEF por me proporcionarem uma formação de qualidade, primando pela excelência e com foco nos quatro pilares fundamentais da formação profissional: Ensino, pesquisa, extensão e inovação. Agradeço também a FDV por abrir as portas para que pudesse exercer e me apaixonar pela docência.

Faço um agradecimento especial ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. Israel Teoldo, que nos últimos 10 anos abriu mão de passar o tempo com sua família para poder proporcionar uma formação de qualidade a diversos estudantes. Tenho muito orgulho de citá-lo como um dos responsáveis pela minha formação profissional. Agradeço pela confiança, pela amizade, conselhos e paciência. Você é um exemplo profissional, todos que trabalham com você admiram sua dedicação e amor ao trabalho, a pesquisa e sua preocupação com uma sociedade mais justa e um futebol mais forte. Obrigado por tudo.

Por fim, agradeço a todas aquelas pessoas que passaram pela minha vida, mas que hoje olham por mim lá de cima, emanando luz e energias positivas e a Deus pelo dom da vida e por ter colocado pessoas e instituições tão boas no meu caminho!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. O trabalho também contou com apoio das seguintes agências, programas e departamentos: FAPEMIG, Secretaria de Estado de Desenvolvimento Social – SEDESE de Minas Gerais, em conformidade com a Lei Estadual de Incentivo ao Esporte, CNPQ, FUNARBE, o Programa de Pós Graduação em Educação Física da UFV e do Departamento de Educação Física da UFV.

Tudo tem começo e meio.  
O fim só existe para quem não percebe o recomeço.

**Luiz Gasparetto**

## RESUMO

CARDOSO, Felipe da Silva Leite, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2020. **Esforço cognitivo no futebol: Uma perspectiva de avaliação e controle.** Orientador: Israel Teoldo da Costa.

Algumas evidências têm sugerido que o esforço cognitivo é um fator mediador das consequências comportamentais e fisiológicas que leva o jogador a um estado de fadiga mental. Entretanto, o entendimento de alguns aspectos centrais sobre a relação entre esforço cognitivo e fadiga mental ainda necessitam ser melhor explorados, bem como a sua relação com a performance dos jogadores. A fim de esclarecer melhor estas evidências o presente estudo tem por objetivos: 1) verificar, através de uma revisão sistemática, o estado da arte sobre os efeitos da fadiga mental na performance de jogadores de futebol, bem como a relação da mesma com o esforço cognitivo; 2) avaliar quais as formas de medida do esforço cognitivo são mais adequadas para o contexto do futebol; 3) verificar as associações entre o esforço cognitivo e o estado de fadiga mental e o impacto destas variáveis na performance de jogadores de futebol; 4) verificar as associações entre o tempo de resposta na tomada de decisão com o esforço cognitivo e processos perceptivo-cognitivos e, 5) verificar as associações entre o esforço cognitivo e a performance tática de jogadores de futebol. Em relação ao primeiro objetivo, observamos um crescimento significativo nos estudos sobre fadiga mental no contexto do futebol apontando uma influência negativa desta variável na performance. É proposto ainda um olhar mais criterioso sobre o esforço cognitivo, considerando-o como um fator a induzir o jogador a entrar em estado de fadiga mental. Sobre o segundo objetivo, notamos que a medida fisiológica (avaliada a partir do comportamento pupilar) e comportamental (avaliada a partir do percentual de acertos em uma tarefa específica de futebol), são mais representativas para a avaliação do esforço cognitivo, com destaque para medida fisiológica. Em relação ao terceiro objetivo, este trabalho apresenta uma primeira evidência sobre a relação entre o esforço cognitivo e o estado de fadiga mental, sugerindo que o esforço cognitivo é um fator condicionante e potencializador do estado de fadiga mental. Já em relação ao quarto objetivo, verificamos que os jogadores que apresentam menor tempo de resposta nas tomadas de decisões apresentam formas de processamento de informações mais eficientes e rápidas, além de uma melhor utilização dos processos perceptivo-cognitivos, exigindo assim menor esforço cognitivo. Por fim, em relação ao quinto objetivo notamos que os jogadores que demandam um maior esforço

cognitivo em tarefas de vídeo específicas do futebol, apresentam menor eficiência do comportamento tático, destacando que, uma demanda menor de esforço cognitivo pode favorecer a realização das ações táticas no jogo. De modo geral, esta tese apresenta evidências do esforço cognitivo como uma variável interveniente ao estado de fadiga mental, além de apontar direcionamentos sobre as formas de avaliação e controle do esforço cognitivo, bem como suas associações com outros aspectos da cognição e da performance tática de jogadores de futebol.

**Palavras-Chave:** Futebol. Cognição. Fadiga mental. Tomada de decisão.

## ABSTRACT

CARDOSO, Felipe da Silva Leite, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2020. **Cognitive effort in soccer: A perspective of evaluation and control.** Adviser: Israel Teoldo da Costa.

Some evidence has suggested that cognitive effort is a mediating factor in the behavioral and physiological consequences that lead the player to a state of mental fatigue. However, the understanding of some central aspects about the relationship between cognitive effort and mental fatigue still needs to be better explored, as well as its relationship with the players' performance. In order to better elucidate this evidence, and to identify the forms of evaluation and control and the impact on the performance of soccer players, the present study aims to: 1) verify, through a systematic review, the state of the art with respect to the effects of mental fatigue on the performance of soccer players, as well as its relation with cognitive effort; 2) evaluate which forms of measuring cognitive effort are more appropriate for the context of soccer; 3) verify the associations between the state of mental fatigue and cognitive effort and the impact of these variables on the performance of soccer players; 4) verify the associations between the response time in decision making with the cognitive effort and perceptual-cognitive processes and, 5) verify the associations between the cognitive effort and the tactical performance of soccer players. In relation to the first aim, there is a significant increase in the number of studies on mental fatigue in the soccer context, pointing towards the influence of this variable on performance decrement. A more careful look at cognitive effort is also proposed, considering it as a factor that induces the player into a state of mental fatigue. Regarding the second aim, we note that the physiological (assessed from pupillary behavior) and behavioral (assessed from the percentage of correct answers in a specific soccer task) measures are more representative for the assessment of cognitive effort, with emphasis on the physiological measure. As for the third aim, this study provides a preliminary evidence on the relation between cognitive effort and the state of mental fatigue, suggesting that cognitive effort is a conditioning factor and a catalyst for the state of mental fatigue. In relation to the fourth aim, we found that players with shorter response time in decision making, present more efficient and faster ways of processing information, in addition to a better use of perceptual-cognitive processes, thus requiring less cognitive effort. Finally, in relation to the fifth aim, we note that players who demand greater cognitive effort in specific soccer video tasks, display less tactical behavior efficiency, highlighting that a lower demand

for cognitive effort may favor the performance of tactical actions in the game. In general, this thesis presents evidence of cognitive effort as an intervening variable to the state of mental fatigue, in addition to pointing out directions on the forms of assessment and control of cognitive effort, as well as its associations with other aspects of cognition and tactical performance of soccer players.

**Keywords:** Soccer. Cognition. Mental fatigue. Decision making.

## **LISTA DE ABREVIACOES**

ACh: Acetilcolina.

LC: Locus Coeruleus.

CCA: Córtex Cingulado Anterior.

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses.

PICO: Participants, Intervention, Comparators and Outcomes.

RS: Revisão Sistemática.

FUT-SAT: Sistema de Avaliao Tática no Futebol.

FD: Funo Discriminante.

EC: Esforço Cognitivo.

FM: Fadiga Mental.

ECT: Eficiência do Comportamento Tático.

RMF: Ressonância Magnética Funcional.

EEG: Eletroencefalograma.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo I

- Figura 1.** Diagrama de fluxo do processo de pesquisa.....38
- Figura 2.** Evolução das publicações em fadiga mental no futebol nos últimos dez anos..42
- Figura 3.** Fatores intervenientes ao estado de fadiga mental.....55

### Capítulo III

- Figura 1:** Diagrama do desenho experimental.....91
- Figura 2:** Separação dos grupos relação ao esforço cognitivo. Diferenças estatísticas são observadas entre os dois grupos a partir do teste t para medidas independentes.....95

### Capítulo IV

- Figura 1:** Resultados dos grupos rápidos e lentos em relação aos locais de preferência de fixação.....129
- Figura 2:** Resultados dos grupos rápido e lento em relação à variação do diâmetro da pupila entre os diferentes momentos do teste. Diferenças significativas são indicadas por (\*).....130
- Figura 3:** Resultados de grupos rápidos e lentos em relação às categorias de verbalização. Diferenças significativas são indicadas por (\*).....131

### Capítulo V

- Figura 1:** Eficiência do comportamento tático de jogadores com maior e menor esforço cognitivo.....153

# LISTA DE TABELAS

## Capítulo I

<b>Tabela 1.</b> Estratégia de pesquisa em cada banco de dados.....	36
<b>Tabela 2.</b> Lista de verificação e classificação da qualidade dos estudos selecionados..	41
<b>Tabela 3.</b> Síntese dos estudos incluídos na revisão sistemática.....	43

## Capítulo II

<b>Tabela 1:</b> Correlação entre as medidas Fisiológica, Comportamental e Subjetiva.....	73
<b>Tabela 2:</b> Comparação entre os grupos com maior e menor Eficiência do Comportamento Tático (ECT) e as medidas do esforço cognitivo.....	74
<b>Tabela 3:</b> Resumo das etapas do forward stepwise da função discriminante.....	74
<b>Tabela 4:</b> Matriz de classificação de maior e menor eficiência do comportamento tático de jovens jogadores de futebol brasileiros.....	75

## Capítulo III

<b>Tabela 1.</b> Média e desvio padrão da eficiência do comportamento tático em situação controle e após tarefa de fadiga mental.....	96
<b>Tabela 2.</b> Média e desvio padrão das variáveis físicas e fisiológicas em situação controle e após tarefa de fadiga mental.....	97
<b>Tabela 3.</b> Média e desvio padrão do percentual de acertos e do tempo de resposta em situação controle e após tarefa de fadiga mental.....	98
<b>Tabela 4.</b> Média e desvio padrão da eficiência do comportamento tático nos grupos com maior e menor esforço cognitivo.....	100
<b>Tabela 5.</b> Média e desvio padrão das variáveis físicas e fisiológicas nos grupos com maior e menor esforço cognitivo.....	102
<b>Tabela 6.</b> Média e desvio padrão do percentual de acertos e do tempo de resposta nos grupos com maior e menor esforço cognitivo.....	104

## Capítulo IV

<b>Tabela 1:</b> Percentual de acertos na tomada de decisão entre os grupos com diferentes tempos de resposta na tomada de decisão.....	127
<b>Tabela 2:</b> Valores descritivos e inferenciais das variáveis de busca visual entre os grupos	

com diferentes tempos de resposta de tomada de decisão.....128

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	16
Capítulo I.....	30
Artigo de Revisão .....	30
I.1 Atualização da literatura sobre fadiga mental no futebol: Uma revisão sistemática e uma nova perspectiva sobre o papel do esforço cognitivo sobre o estado de fadiga mental.....	31
Capítulo II .....	62
Artigo Experimental 1.....	62
I.2 Avaliação do esforço cognitivo no futebol: Uma visão sobre as medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas e sua relação com o desempenho tático em jovens jogadores de futebol.....	63
Capítulo III .....	86
Artigo Experimental 2.....	86
I.3 Como o esforço cognitivo e a fadiga mental afetam o desempenho em jogos reduzidos e em tarefas laboratoriais? .....	87
Capítulo IV .....	115
Artigo Experimental 3.....	115
I.4 Associação entre os processos perceptivo-cognitivos e o tempo de resposta na tomada de decisão de jovens jogadores de futebol .....	116
Capítulo V .....	143
Artigo Experimental 4.....	143
I.5 Como o esforço cognitivo influencia o comportamento tático dos jogadores de futebol? .....	144
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	160
IMPLICAÇÕES PRÁTICAS .....	163

## INTRODUÇÃO GERAL

---

Atualmente, sabe-se muito pouco sobre os mecanismos neurais que medeiam a decisão de investir mais ou menos esforço cognitivo em tarefas relacionadas com o futebol (Westbrook & Braver, 2015). Esse problema ocorre porque a maioria dos estudos lida com o esforço cognitivo de maneira indireta, mensurando sua resposta pós tarefa ou negligenciando sua existência (Koponen et al., 2012; Westbrook & Braver, 2015). Essa forma de tratamento, limitada em sua essência metodológica, reduz o desenvolvimento teórico deste tema, dificultando o entendimento do papel do esforço cognitivo nas tomadas de decisão e suas implicações no comportamento e no rendimento de jogadores de futebol.

As pesquisas nas áreas da matemática, raciocínio, memória e outras tarefas cognitivas e de julgamento, têm sugerido que o maior desempenho está associado ao investimento do esforço cognitivo (Botvinick et al., 2001; van der Wel & van Steenbergen, 2018). Tais investigações, sustentam que na maior parte das vezes, o investimento de esforço cognitivo é proporcional a taxa de sucesso/desempenho do indivíduo. Contudo, os resultados são controversos ao considerarmos contextos e ambientes mais complexos (van der Wel & van Steenbergen, 2018; Westbrook & Braver, 2015). As tarefas propostas na maioria dos estudos sobre o esforço cognitivo são conduzidas em ambientes autorregulados, onde os indivíduos normalmente não têm fatores de estresse adicionais durante a realização da tarefa (Shenhav et al., 2017). A realidade desse tipo de tarefa é diferente do que acontece no futebol, por exemplo, onde o jogador tem que tomar as suas decisões em um ambiente de alta complexidade, imprevisibilidade e sob pressão de tempo e espaço, elevando substancialmente o nível de estresse e o desgaste (Roca et al., 2011; Vickers & Williams, 2017). Nesse tipo de ambiente, dispende muito esforço cognitivo por mais tempo (considerando o tempo de jogo e/ou treinamento), pode ser prejudicial, sendo necessário, portanto, um maior controle cognitivo acerca dos investimentos realizados (Cardoso et al., 2019; Kunrath et al., 2020).

Estudos na área do treinamento de resistência já tem apontado para uma relação estreita entre o controle do foco atencional com o esforço cognitivo investido na tarefa (Ingram & Smith, 1984; Polskaia et al., 2015; Richer et al., 2017). Adicionalmente, tais estudos apontam que a ação de gerenciar o foco interno e externo apresenta relativa associação com a capacidade de controlar melhor o investimento do esforço cognitivo

(Ingram & Smith, 1984; Polskaia et al., 2015; Richer et al., 2017). Ao investir um maior esforço cognitivo em uma determinada tarefa, o indivíduo direciona seu foco atencional interno para essa tarefa. Conseqüentemente, ele abre mão de oportunidades para investir o esforço cognitivo em outras tarefas (potencialmente valiosas) - oportunidades perdidas são denominadas de custo cognitivo (Westbrook & Braver, 2015). Espera-se, contudo, que o custo de investir mais esforço cognitivo aumente à medida que mais esforço é solicitado (isto é, a relação custo-benefício) (Westbrook & Braver, 2015).

De modo geral, a importância em se compreender os fatores relacionados com a decisão de investir mais ou menos esforço cognitivo se resume na investigação dos custos e benefícios relevantes do investimento na tarefa a ser realizada (Westbrook & Braver, 2015). Deve-se portanto, priorizar principalmente o entendimento de como o esforço cognitivo é percebido, representado, de como ele conduz a tomada de decisão e, em última instância, a sua influência com a performance. Assim, é importante avançar com o entendimento dos conceitos e teorias que auxiliam no entendimento do esforço cognitivo no contexto do futebol, bem como dos mecanismos neurocognitivos e bioquímicos relacionados ao esforço cognitivo e seus possíveis impactos na performance de jogadores de futebol.

### **Conceitos e teorias:**

Nas tarefas cotidianas, assim como no esporte, tomar decisões corretas, processar as informações, aprender, ser flexível na resolução de problemas são atividades comuns, porém apresentam um elevado grau de complexidade (van der Wel & van Steenbergen, 2018). Dessa forma, a possibilidade de realizar de maneira efetiva as atividades está diretamente limitada pela capacidade de processamento e dos recursos cognitivos de que os indivíduos dispõem (Porter et al., 2019). Nas ciências cognitivas, em especial nas pesquisas sobre o futebol, diversos estudos têm se dedicado a entender os processos que modulam e permitem maior eficiência no processamento e na utilização dos recursos cognitivos, bem como as conseqüências prejudiciais na performance quando o processo é pouco eficiente (Miller, 1956; Papesh et al., 2012; van der Wel & van Steenbergen, 2018; Westbrook & Braver, 2015).

Notoriamente, a partir desses estudos, um tema que tem adentrado o campo da psicologia e da neurociência esportiva na última década se refere ao esforço cognitivo (van der Wel & van Steenbergen, 2018). O esforço cognitivo foi definido por Lee et al. (1994, p. 329) como sendo a representação do "[...] trabalho mental envolvido nas tomadas de decisões". Ele diz respeito ao nível de utilização de recursos cognitivos como

memória, atenção, percepção, conhecimento, raciocínio e criatividade na resolução de problemas (Lee et al., 1994). A literatura especializada preconiza que os principais fatores associados com o esforço cognitivo são: 1) a experiência prévia, 2) a capacidade de abstração, 3) o tempo disponível para resolução do problema, 3) o número de atividades realizadas simultaneamente, 4) as horas de sono e a alimentação, 5) os problemas físicos, 6) a inteligência e, 7) a fadiga. Um exemplo disso pode ser notado uma vez que a resolução de um problema sem nenhuma experiência prévia é considerada muito desgastante (em nível cognitivo); entretanto, a resolução de um problema na qual já foi desenvolvido um padrão de respostas usuais (esquema) envolve apenas um mínimo de esforço cognitivo, passando despercebido pelo sujeito cotidianamente.

Especificamente no futebol, em muitas tarefas o esforço cognitivo exigido é muito elevado e às vezes, pode exceder a capacidade de gerenciamento dos recursos cognitivos pelo cérebro (Cardoso et al., 2019; Naito & Hirose, 2014). Estudos recentes indicam que indivíduos que necessitam de menor esforço cognitivo para tomar decisões ativam menos áreas corticais, garantindo uma maior economia cognitiva (Naito & Hirose, 2014). Essa economia cognitiva permite que os indivíduos prestem mais atenção a aspectos como formulação de hipóteses, reconhecimento de padrões e busca consciente de informações (Klingner et al., 2011; Vickers & Williams, 2017), sendo mais eficientes em suas tomadas de decisões e apresentando menos esforço cognitivo.

Algumas teorias têm auxiliado na compreensão do esforço cognitivo, entre as quais destacam-se: a teoria da carga cognitiva (Sweller, 1988; Sweller et al., 2011), a teoria do controle cognitivo (Braver & Barch, 2002; Westbrook & Braver, 2015) e a teoria dos sistema dual – Heurística (Tversky & Kahneman, 1983). De modo geral, essas teorias indicam que o esforço cognitivo demandado está associado a característica/exigência da tarefa, com a capacidade do indivíduo em determinar os melhores momentos para investir os recursos cognitivos necessários e a capacidade de adaptar e gerenciar melhor o esforço cognitivo a partir do aprendizado.

A teoria da carga cognitiva preconiza que a aprendizagem ocorre melhor sob condições que estejam alinhadas com a arquitetura cognitiva humana (Sibley et al., 2011). Sweller (1988) aponta que a carga cognitiva está relacionada com a quantidade de informação que a memória de trabalho pode armazenar. Dessa forma, como a memória de trabalho tem uma capacidade limitada, deve-se evitar sobrecarregá-la com atividades adicionais que não contribuam diretamente para a aprendizagem, ou que dificultem a realização da tarefa por si.

Baddeley (1983) indica que existe uma relação entre a capacidade da memória de trabalho (que é limitada), com a capacidade de retenção de informações na memória de longo prazo (que é ilimitada). Assim, a capacidade limitada da memória de trabalho gera a necessidade de alocar recursos cognitivos para a manutenção e manipulação das informações junto a memória de longo prazo (Baddeley, 1983; Paas et al., 2003). Essa manutenção e manipulação de informações estaria relacionada com o agrupamento de informações em esquemas e seu armazenamento na memória de longo prazo, facilitando a automatização e o acesso ao conhecimento adquirido. Dessa forma, a teoria da carga cognitiva também preconiza que, ao ocorrer esta automatização, reduz-se a necessidade de investimento de esforço cognitivo nas tarefas que estão sendo realizadas (Paas et al., 2003; Sweller et al., 2011). Com isso, essa teoria sumariza e aponta a importância do papel da memória na gestão do esforço cognitivo.

Por sua vez, o controle cognitivo pode ser compreendido como o processo pelo qual objetivos ou planos previamente definidos influenciam o comportamento (Westbrook & Braver, 2015). Os trabalhos acerca do controle cognitivo pressupõem que cada atividade, tem em sua dinâmica, uma dificuldade própria que interage com as competências do indivíduo (conhecimentos e habilidades) e o custo cognitivo (processos cognitivos requeridos para atenderem os objetivos); a partir da relação dificuldade-competência-custo, pode-se identificar o esforço cognitivo necessário para realização da atividade em questão. Diversos autores têm se dedicado a estudar o controle cognitivo e suas representações na cognição (percepção, atenção, memória, tomada de decisão, resposta motora, entre outros) e no comportamento humano (Braver & Barch, 2002; Van Bochove et al., 2013; van Steenbergen et al., 2015). Por exemplo, Rasmussen (1981) propõe a classificação de diferentes modos de controle cognitivo para explicar o processo de tomada de decisão. Assim, o controle cognitivo pode dar-se de modo consciente, inconsciente ou misto, dependendo da característica da demanda cognitiva da situação (Westbrook & Braver, 2015). Para demandas cognitivas relacionadas às situações de rotina, ou aquelas cujo grau de previsibilidade é maior, as ações são normalmente baseadas em habilidades ou aptidões, sendo consideradas respostas psicomotoras realizadas de modo inconsciente (Skill-Based Behavior – SBB). Por outro lado, nas situações que não são rotinas propriamente ditas, mas que contém algum treinamento relativo, as ações são executadas com base em regras pré-determinadas (Rule-Based Behavior – RBB), seguindo alguns procedimentos preestabelecidos. Por fim, em situações inusitadas, ou novas, as ações são realizadas com base no conhecimento que se tem, seja ele tácito ou teórico (Knowledge-Based Behavior – KBB).

Dessa forma, o controle cognitivo prevê que a execução de uma tarefa é determinada por uma decisão que depende da compreensão da situação/contexto, ao nível de representações (ou consciência situacional). Isso se processa cognitivamente em três níveis (Rasmussen, 1981): 1) no primeiro nível tem-se a percepção dos elementos da situação que está acontecendo; 2) no segundo nível, os elementos percebidos são compreendidos pela ativação dos mecanismos de memória e associação com os modelos mentais (representação) mais próximos da situação percebida; e, 3) no terceiro nível, ocorre a manifestação dos mecanismos de antecipação (feedforward) e resposta cognitiva. Esses níveis de controle cognitivo definidos por Rasmussen (1981) possibilitam a compreensão do esforço cognitivo do indivíduo, seja na tarefa, ou em cada um dos níveis supracitados separadamente.

Por fim, a teoria do sistema dual mostra de forma efetiva como nosso cérebro se especializa criando atalhos cognitivos (heurísticas) (Tversky & Kahneman, 1983). Os atalhos, além de reduzir o esforço cognitivo de determinadas decisões, possibilitam ao cérebro consumir menos energia a cada tomada de decisão ou execução de tarefas que são demandadas rotineiramente. A teoria do sistema dual postula que existem dois sistemas de tomada de decisão, o primeiro é evolucionariamente primitivo, portanto é um sistema intuitivo (Evans, 2008; Reyna & Brainerd, 2011; Tversky & Kahneman, 1983). Já o segundo, é baseado na reflexão e análise, sendo considerado um sistema deliberativo (para saber mais ver, Reyna & Brainerd, 2011). Ambos os sistemas têm sido reconhecidos pela literatura como Sistemas 1 e 2, respectivamente, capturando a ordem de sua aparência filogeneticamente e ontogeneticamente (Evans, 2008; Tversky & Kahneman, 1983). A partir dessa subdivisão em sistemas, sabe-se que, em nível comportamental, o pensamento intuitivo gerenciado pelo Sistema 1 é rápido e modula de maneira automática os processos de percepção e memória, gerando uma resposta quase sempre imediata. Já o pensamento deliberado, gerenciado pelo Sistema 2, é mais lento e demanda um maior custo temporal e esforço cognitivo (Evans, 2008; Reyna & Brainerd, 2011; Tversky & Kahneman, 1983). Dessa forma, o pensamento intuitivo é rápido, automático e inconsciente, enquanto o pensamento analítico é o oposto, sendo lento, controlado e consciente (Reyna & Brainerd, 2011).

Apesar de não haver evidências científicas sobre a forma como os Sistemas 1 e 2 influenciam na tomada de decisão de jogadores de futebol, uma pesquisa realizada por Haier et. al. (1992) foi pioneira em demonstrar que durante a realização de uma tarefa (jogo de tetris) realizada por praticantes iniciantes e replicada após um período de treino, a ativação cortical era diferente. Foi possível notar que o cérebro do iniciante foi

amplamente ativado; após o treino, houve uma grande redução nas áreas que eram ativas durante o jogo, indicando uma especialização do cérebro na atividade. Esse estudo, certamente produz uma evidência significativa que corrobora a teoria do sistema dual e mostra de forma efetiva como o cérebro se especializa com o treinamento, criando atalhos cognitivos (heurísticas). Estes atalhos, por sua vez, são responsáveis por reduzir o esforço cognitivo, possibilitam ao cérebro consumir menos energia a cada tomada de decisão ou execução de tarefas que são demandadas rotineiramente (Reyna & Brainerd, 2011).

Os pressupostos postulados pelas teorias descritas acima, apesar de apresentarem diferenças, podem ser vistas como complementares para a explicação do esforço cognitivo no futebol. Assim, essas três teorias formam o núcleo duro do conhecimento sobre o esforço cognitivo, bem como servem de sustentação para as discussões e apontamentos que seguem nos trabalhos experimentais desta tese. A seguir, destacaremos alguns dos mecanismos neurocognitivos e bioquímicos relacionados ao esforço cognitivo.

### **Mecanismos neurocognitivos e bioquímicos do esforço cognitivo:**

O entendimento dos mecanismos envolvidos na relação entre esforço cognitivo e o esporte pode ser interpretado a partir de uma ótica neural (Shenhav et al., 2017). Nos esportes, a grande maioria das informações que utilizamos vem do sistema visual, gerenciado, principalmente pelo córtex visual (Milner & Goodale, 2007). A partir das informações captadas pelo sistema visual, mecanismos perceptivos modulados por regiões subcorticais como a ínsula, a hipófise e o hipocampo (responsáveis pela operacionalização da memória de curto e longo prazo) (Engle & Kane, 2004), bem como a ativação do Locus Coeruleus (LC) e do sistema noradrenérgico (responsáveis pela atenção e determinação do esforço cognitivo) entram em ação para realizar o processamento destas informações (Unsworth & Robison, 2017). Como LC é uma estrutura subcortical e condutor do sistema noradrenérgico (Schwarz & Luo, 2015), está ligado a regiões do cérebro responsáveis por detectar os níveis de exigências das tarefas, como o Córtex Cingulado Anterior (CCA). Suas projeções eferentes influenciam os níveis de ganho neural ao longo do córtex, incluindo regiões frontais e parietais, influenciando no controle cognitivo da tarefa e na tomada de decisão (Aston-Jones & Cohen, 2005; Nieuwenhuis et al., 2011). Esses mecanismos permitem que o indivíduo decida quando e onde “investir” mais esforço cognitivo (Belayachi et al., 2015; Westbrook & Braver, 2015). Concomitantemente a decisão de investir o esforço cognitivo, a ativação de regiões específicas do córtex frontal e associadas ao CCA, são responsáveis pelo julgamento e tomada decisão, que posteriormente é transformado em comportamento motor com

importante participação do cerebelo, gânglios da base, do lobo parietal - influenciando no sistema somatossensorial - e outros centros especializados no sistema nervoso central (Milner & Goodale, 2007).

Assim, após a tomada de decisão no plano cognitivo, o jogador deve executá-las em campo (comportamento motor); neste momento, algumas projeções diretas, via trato córtico-espinal, que o córtex cerebral fornece à medula espinal, requerem a participação de outras vias corticais (Biswal et al., 1995). Por sua vez, o córtex motor e as áreas pré-motoras recebem projeções de várias outras áreas do córtex por meio de conexões córticocorticais (Classen et al., 1998; Kujirai et al., 1993). O córtex motor também se projeta sobre diversos núcleos do tronco encefálico, influenciando as assim chamadas vias extrapiramidais, que incluem, por exemplo, as vias vestibulo-espinal, retículo-espinal, tecto-espinal e rubro-espinal. As projeções corticais para o tronco encefálico influenciam também a organização motora mediada pelos nervos cranianos, responsáveis pela motricidade do segmento cefálico (Classen et al., 1998; Kujirai et al., 1993). Por fim, são enviadas projeções para o cerebelo e núcleos da base que desempenham um papel fundamental no controle da motricidade e na execução do ação motora (Biswal et al., 1995). Tendo em vista a gama de processos envolvidos desde o momento perceptivo até a resposta motora propriamente dita, a capacidade de gerenciar adequadamente o esforço cognitivo parece ser um importante ponto para a eficiência neural na tomada de decisão e na realização de um comportamento motor.

Em termos bioquímicos a literatura tem apontado para a associação de diferentes neurotransmissores no controle do esforço cognitivo (Reimer et al., 2016; Sarter et al., 2006; Shenhav et al., 2017). Um estudo realizado por Sarter et al. (2006) aponta a acetilcolina (ACh) como responsável pela manutenção do esforço cognitivo (esforço compensatório) visando manter o desempenho nas tarefas em condições desafiadoras (Sarter et al., 2006). Na mente a ACh desempenha um importante papel nas funções cognitivas, como, por exemplo, a aprendizagem. A liberação de ACh, provenientes do prosencéfalo basal parece aumentar nas áreas pré-frontais em resposta às demandas cognitivas maiores. Além disso, a concentração de ACh também aumenta na região do mesencéfalo, estando assim em posição ideal para controlar o comportamento do esforço cognitivo (Sarter et al., 2006). Curiosamente, um estudo recente mostrou que a atividade da norepinefrina nos axônios é refletida na dilatação da pupila, indicando que a dilatação da pupila parece ser efetiva na avaliação do esforço cognitivo por estar associado com a ação destes neurotransmissores (Reimer et al., 2016). Os sistemas de norepinefrina e acetilcolina recebem projeções do córtex cingulado anterior que, em estudos anteriores,

foi apontado como responsável por monitorar o ambiente relacionado com a resolução de conflitos e controle do esforço cognitivo (Botvinick et al., 2001).

Cabe destacar também que, além dos neurotransmissores, a literatura tem destacado o papel da dopamina e da adenosina (Boksem et al., 2006; Sarter et al., 2006). Preconiza-se que em termos bioquímicos e neurocognitivos a manutenção de um esforço cognitivo prolongado pode induzir a um estado de fadiga mental (Alnaes et al., 2014; Benoit et al., 2019). Os mecanismos que levam o jogador a entrar em estado de fadiga mental e, conseqüentemente, apresentar uma queda na performance, já foram demonstrados por Smith et al. (2018). Resumidamente, esses mecanismos estão associados à queda da dopamina induzida por um esforço cognitivo maior que o suportado pelo cérebro, um acúmulo de adenosina e a redução da glicose circulante (Smith et al., 2018). Assim, as atividades cognitivas que ocorrem em regiões do cérebro associadas a processos mentais mais complexos ficam prejudicadas, uma vez que a escassez temporária de glicose e o aumento dos níveis de adenosina bloqueiam a liberação de neurotransmissores como a dopamina (Martin et al., 2018; Pageaux et al., 2014). O resultado é um aumento na percepção do esforço e uma diminuição na motivação e do nível de engajamento com as atividades que estão sendo realizadas, o que leva a uma queda na performance esportiva (Martin et al., 2018).

### **Possíveis impactos do esforço cognitivo na performance de jogadores de futebol:**

Alguns estudos têm sugerido que o esforço cognitivo é um fator mediador das conseqüências comportamentais ou fisiológicas que leva o jogador a um estado de fadiga mental (Cardoso et al., 2019; Kunrath et al., 2020). Uma das hipóteses levantadas é de que o estado de fadiga mental pode estar associado à demanda de esforço cognitivo dispendido aguda ou cronicamente durante as atividades (Benoit et al., 2019; Cardoso et al., 2019). Essa hipótese tem por fundamento o fato de que, durante os treinos e jogos de futebol os jogadores são exigidos a tomar um elevado número de decisões sob pressão de tempo e espaço (Roca et al., 2012; Vickers & Williams, 2017). Assim, cada decisão tomada tem uma exigência cognitiva (intrínseca/extrínseca), implicando uma carga cognitiva específica (Sweller, 1988). Dessa forma, cada uma dessas decisões necessita do “investimento” de importantes recursos cognitivos (Botvinick et al., 2001; Verguts et al., 2015). A demanda destes recursos cognitivos é conhecida como esforço cognitivo (Cardoso et al., 2019; Lee et al., 1994). Assim, a medida que a exigência deste esforço cognitivo aumenta (i.e. a depender do nível de complexidade da tarefa, do nível de conhecimentos do praticante, entre outros fatores), induz a ocorrência de uma sobrecarga

da memória de trabalho e processos adjacentes (van der Wel & van Steenbergen, 2018). Esta sobrecarga ocorre, pois a memória de trabalho apresenta capacidade limitada de processar as informações e, quando a quantidade de recursos cognitivos necessários ultrapassa a capacidade de contingenciamento da memória de trabalho (muitas vezes ocasionado pela pressão temporal), o processamento de informações é afetado negativamente (van der Wel & van Steenbergen, 2018). Por sua vez, quando a sobrecarga de utilização desses recursos é muito grande e o processo de recuperação é reduzido, o jogador entra em um estado de fadiga mental, ocasionando um maior número de erros nas tomadas de decisões, queda de performance e, até mesmo um aumento do risco de lesão (Smith et al., 2018).

Neste cenário, estudar os impactos do estado fadiga mental na performance parece ser interessante no que tange identificar quais variáveis e componentes da performance são afetadas por esse estado e quais aspectos estão associadas a indução do mesmo (Gantois et al., 2019; Goncalves et al., 2018; Kunrath et al., 2018; Van Cutsem et al., 2017). A partir dessa perspectiva, o esforço cognitivo parece ser um indicativo apropriado para avaliação e controle, visando evitar/minimizar as chances dos jogadores entrarem em estado de fadiga mental. Entretanto, ressalta-se que ainda é necessário avançar na identificação de formas confiáveis de mensuração do esforço cognitivo no futebol, bem como identificar suas associações com as dimensões táticas e cognitivas do jogo. Além do mais, ainda não se tem evidências na literatura acerca das associações entre o estado de fadiga mental, o esforço cognitivo e a consequente queda na performance.

Dessa forma, com o propósito de avançar nessa área de conhecimento, contribuir com o avanço científico e auxiliar a práxis, este trabalho tem por objetivos: 1) verificar, por meio de uma revisão sistemática, o estado da arte a respeito dos efeitos da fadiga mental sobre a performance de jogadores de futebol, bem como a relação da mesma com o esforço cognitivo; 2) avaliar que formas de medida do esforço cognitivo são mais adequadas para o contexto do futebol; 3) verificar as associações entre o esforço cognitivo e o estado de fadiga mental e o impacto dessas variáveis na performance de jogadores de futebol; 4) verificar as associações entre o tempo de resposta na tomada de decisão com o esforço cognitivo e processos perceptivo-cognitivos e, 5) verificar as associações entre o esforço cognitivo e a performance tática de jogadores de futebol.

## **Referencias**

Alnaes, D., Sneve, M. H., Espeseth, T., Endestad, T., van de Pavert, S. H. P., & Laeng, B. (2014). Pupil size signals mental effort deployed during multiple object tracking

- and predicts brain activity in the dorsal attention network and the locus coeruleus. *Journal of Vision*, 14(4), 1–1. <https://doi.org/10.1167/14.4.1>
- Aston-Jones, G., & Cohen, J. D. (2005). An integrative theory of locus coeruleus-norepinephrine function: Adaptive gain and optimal performance. *Annual Review of Neuroscience*, 28(1), 403–450. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.28.061604.135709>
- Baddeley, A. D. (1983). Working memory. In *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (Vol. 302, pp. 311–324). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2834.2011.01270.x>
- Belayachi, S., Majerus, S., Gendolla, G., Salmon, E., Peters, F., & Van der Linden, M. (2015). Are the carrot and the stick the two sides of same coin? A neural examination of approach/avoidance motivation during cognitive performance. *Behavioural Brain Research*, 293, 217–226. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.07.042>
- Benoit, C.-E., Solopchuk, O., Borragán, G., Carbonnelle, A., Van Durme, S., & Zénon, A. (2019). Cognitive task avoidance correlates with fatigue-induced performance decrement but not with subjective fatigue. *Neuropsychologia*, 123, 30–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.06.017>
- Biswal, B., Yetkin, F., Haughton, V., & Hyde, J. (1995). Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using. *Magn Reson Med*, 34(9), 537–541. <https://doi.org/10.1002/mrm.1910340409>
- Boksem, M. A. S., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2006). Mental fatigue , motivation and action monitoring. *Biological Psychology*, 72, 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.08.007>
- Botvinick, M., Braver, T., & Barch, D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108(3), 624–652. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.108.3.624>
- Braver, T. S., & Barch, D. M. (2002). A theory of cognitive control, aging cognition, and neuromodulation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26(7), 809–817. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(02\)00067-2](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(02)00067-2)
- Cardoso, F. S. L., González-Víllora, S., Guilherme, J., & Teoldo, I. (2019). Young soccer players with higher tactical knowledge display lower cognitive effort. *Perceptual and Motor Skills*, 126(3), 499–514. <https://doi.org/10.1177/0031512519826437>
- Classen, J., Liepert, J., Wise, S. P., Hallett, M., & Cohen, L. G. (1998). Rapid plasticity of human cortical movement representation induced by practice. *Journal of Neurophysiology*, 79(2), 1117–1123. <https://doi.org/10.1152/jn.1998.79.2.1117>

- Engle, R. W., & Kane, M. J. (2004). Executive attention, working memory capacity, and a two-factor theory of cognitive control. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, 145–199. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(03\)44005-X](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(03)44005-X)
- Evans, J. (2008). Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Annual Review of Psychology*, 59(1), 255–278.
- Gantois, P., Caputo Ferreira, M. E., Lima-Junior, D. de, Nakamura, F. Y., Batista, G. R., Fonseca, F. S., & Fortes, L. de S. (2019). Effects of mental fatigue on passing decision-making performance in professional soccer athletes. *European Journal of Sport Science*, 0(0), 1–10. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1656781>
- Goncalves, B., Coutinho, D., Travassos, B., Folgado, H., Caixinha, P., & Sampaio, J. (2018). Speed synchronization, physical workload and match-to-match performance variation of elite football players. *PLOS ONE*, 13(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200019>
- Haier, R. J., Siegel Jr, B. V, MacLachlan, A., Soderling, E., Lottenberg, S., & Buchsbaum, M. S. (1992). Regional glucose metabolic changes after learning a complex visuospatial/motor task: a positron emission tomographic study. *Brain Research*, 570(1–2), 134–143.
- Ingram, R. E., & Smith, T. W. (1984). Depression and internal versus external focus of attention. *Cognitive Therapy and Research*, 8(2), 139–151.
- Klingner, J., Tversky, B., & Hanrahan, P. (2011). Effects of visual and verbal presentation on cognitive load in vigilance, memory, and arithmetic tasks. *Psychophysiology*, 48(3), 323–332. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01069.x>
- Koponen, M., Aziz, W., Ramos, L., & Specia, L. (2012). Post-editing time as a measure of cognitive effort. *AMTA Workshop on Postediting Technology and Practice*, 47(3), 11–20. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00947.x>.Pupillometry
- Kujirai, T., Caramia, M. D., Rothwell, J. C., Day, B. L., Thompson, P. D., Ferbert, A., Wroe, S., Asselman, P., & Marsden, C. D. (1993). Corticocortical inhibition in human motor cortex. *Journal of Physiology*, 471, 501–519.
- Kunrath, Caito André, Cardoso, F. da S. L., García-Calvo, T., & Teoldo, I. (2020). Mental fatigue in soccer: A systematic Review. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 26(2), 172–178.
- Kunrath, Caito Andre, Cardoso, F., Nakamura, F. Y., & Teoldo, I. (2018). Mental fatigue as a conditioner of the tactical and physical response in soccer players: a pilot study. *Human Movement*, 19(3), 16–22. <https://doi.org/10.5114/hm.2018.76075>

- Lee, T. D., Swinnen, S. P., & Serrien, D. J. (1994). Cognitive effort and motor learning. *Quest*, 46(3), 328–344. <https://doi.org/10.1080/00336297.1994.10484130>
- Martin, K., Meeusen, R., Thompson, K. G., Keegan, R., & Rattray, B. (2018). Mental fatigue impairs endurance performance: a physiological explanation. *Sports Medicine*, 48(9), 2041–2051. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40279-018-0946-9>
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limites on out capacity for processing information. *Psychological Review*, 65(2), 81–97. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1037/h0043158>
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2007). *The visual brain in action* (2d ed.). Oxford University Press.
- Naito, E., & Hirose, S. (2014). Efficient foot motor control by Neymar’s brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00594>
- Nieuwenhuis, S., De Geus, E. J., & Aston-Jones, G. (2011). The anatomical and functional relationship between the P3 and autonomic components of the orienting response. *Psychophysiology*, 48(2), 162–175. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01057.x>
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologis*, 38(1), 1–4. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801\\_1](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1)
- Pageaux, B., Lepers, R., Dietz, K. C., & Marcora, S. M. (2014). Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*, 114(5), 1095–1105. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2838-5>
- Papesh, M. H., Goldinger, S. D., & Hout, M. C. (2012). Memory strength and specificity revealed by pupillometry. *International Journal of Psychophysiology*, 83(1), 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.10.002>
- Polskaia, N., Richer, N., Dionne, E., & Lajoie, Y. (2015). Continuous cognitive task promotes greater postural stability than an internal or external focus of attention. *Gait & Posture*, 41(2), 454–458.
- Porter, S., Silverberg, N. D., & Virji-Babul, N. (2019). Cortical activity and network organization underlying physical and cognitive exertion in active young adult athletes: Implications for concussion. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(4), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.233>
- Rasmussen, J. (1981). Human errors. A taxonomy for describing human malfunctions in industrial installation. *Risø-M*, No. 2304, 1–28.

<http://orbit.dtu.dk/files/137196604/RM2304.PDF>

- Reimer, J., McGinley, M. J., Liu, Y., Rodenkirch, C., Wang, Q., McCormick, D. A., & Tolia, A. S. (2016). Pupil fluctuations track rapid changes in adrenergic and cholinergic activity in cortex. *Nature Communications*, 7(May), 1–7. <https://doi.org/10.1038/ncomms13289>
- Reyna, V. F., & Brainerd, C. J. (2011). Dual processes in decision making and developmental neuroscience: A Fuzzy-Trace model. *Developmental Review: DR*, 31(2–3), 180–206. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2011.07.004>
- Richer, N., Polskaia, N., & Lajoie, Y. (2017). Continuous cognitive task promotes greater postural stability than an internal or external focus of attention in older adults. *Experimental Aging Research*, 43(1), 21–33.
- Roca, A., Ford, P. R., McRobert, A. P., & Williams, A. M. (2011). Identifying the processes underpinning anticipation and decision-making in a dynamic time-constrained task. *Cognitive Processing*, 12(3), 301–310. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10339-011-0392-1>
- Roca, A., Williams, A. M., & Ford, P. R. (2012). Developmental activities and the acquisition of superior anticipation and decision making in soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1643–1652. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.701761>
- Sarter, M., Gehring, W. J., & Kozak, R. (2006). More attention must be paid: The neurobiology of attentional effort. *Brain Research Reviews*, 51(2), 145–160. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2005.11.002>
- Schwarz, L. A., & Luo, L. (2015). Organization of the locus coeruleus-norepinephrine system. *Current Biology*, 25(21), R1051–R1056. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.09.039>
- Shenhav, A., Musslick, S., Lieder, F., Kool, W., Griffiths, T. L., Cohen, J. D., & Botvinick, M. M. (2017). Toward a rational and mechanistic account of mental effort. *Annual Review of Neuroscience*, 40(1), 99–124. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-072116-031526>
- Sibley, C., Coyne, J., & Baldwin, C. (2011). Pupil dilation as an index of learning. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 237–241. <https://doi.org/10.1177/1071181311551049>
- Smith, M. R., Thompson, C., Marcora, S. M., Skorski, S., Meyer, T., & Coutts, A. J. (2018). Mental fatigue and soccer: Current knowledge and future directions. *Sports medicine*, 48(7), 1525–1532. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0908-2>

- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 12(2), 257–285. <http://proxy-remote.galib.uga.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=1989-15124-001&site=eds-live&scope=cite>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1983). Extensional versus intuitive reasoning: The conjunction fallacy in probability judgment. *Psychological Review*, 90(4), 293–315.
- Unsworth, N., & Robison, M. K. (2017). A locus coeruleus-norepinephrine account of individual differences in working memory capacity and attention control. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(4), 1282–1311. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1220-5>
- Van Bochove, M. E., Van Der Haegen, L., Notebaert, W., & Verguts, T. (2013). Blinking predicts enhanced cognitive control. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 13(2), 346–354. <https://doi.org/10.3758/s13415-012-0138-2>
- Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The effects of mental fatigue on physical performance: a systematic review. *Sports Medicine*, 47(8), 1569–1588.
- van der Wel, P., & van Steenbergen, H. (2018). Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1–11. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1432-y>
- van Steenbergen, H., Band, G. P. H., & Hommel, B. (2015). Does conflict help or hurt cognitive control? Initial evidence for an inverted U-shape relationship between perceived task difficulty and conflict adaptation. *Frontiers in Psychology*, 6(July), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00974>
- Verguts, T., Vassena, E., & Silvetti, M. (2015). Adaptive effort investment in cognitive and physical tasks: a neurocomputational model. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9(March). <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00057>
- Vickers, J. N., & Williams, A. M. (2017). The role of mental processes in elite sports performance. *Oxford Research Encyclopedia of Psychology*, 1, 1–25. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190236557.013.161>
- Westbrook, A., & Braver, T. S. (2015). Cognitive effort: A neuroeconomic approach. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 15(2), 395–415. <https://doi.org/10.3758/s13415-015-0334-y>

# Capítulo I

## Artigo de Revisão

---

**Artigo de Revisão:** Este capítulo foi submetido como artigo de revisão para a revista: *Psychology of Sport & Exercise*

## **I.1 Atualização da literatura sobre fadiga mental no futebol: Uma revisão sistemática e uma nova perspectiva sobre o papel do esforço cognitivo sobre o estado de fadiga mental**

Sixto Gonzáles-Víllora; Alejandro P. Ayuso; Felipe da S.L. Cardoso; Israel Teoldo

### **Resumo**

A fadiga mental, considerada um fator que influencia o desempenho dos jogadores de futebol, tem sido tema de estudos nas últimas décadas. Entretanto, ainda existem pontos a serem esclarecidos acerca do que acontece antes do jogador atingir o estado de fadiga mental, como por exemplo o papel do esforço cognitivo. Assim, o objetivo deste trabalho é o de pormenorizar as evidências disponíveis até o momento na literatura sobre a influência da fadiga mental no futebol, bem como debater sobre possibilidades de investigações e intervenções futuras, considerando para tal o papel do esforço cognitivo como uma variável interveniente à fadiga mental e seus efeitos prejudiciais na performance de jogadores de futebol. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática seguindo as diretrizes do PRISMA e registrada no PROSPERO. Os bancos de dados foram: Web of Science, ERIC, PubMed, Scopus, SportDiscuss e Academic Search Ultimate. Um total de 18 artigos atendeu aos critérios de inclusão. Os resultados mostraram um aumento nas publicações relacionadas à fadiga mental a partir de 2014. Os resultados são comparados de acordo com foco, amostra, instrumentos e resultados. Nossa proposta pressupõe que as demandas físico-fisiológicas, técnico-motoras e tático-cognitivas acarretam um esforço cognitivo e podem levar a um estado de fadiga mental, causando uma redução no desempenho dos jogadores.

**Palavras-Chave:** Carga de treinamento, futebol, fadiga cognitiva, jogadores, talento, desempenho.

## **Introdução**

As equipes de futebol de alto nível apresentam uma elevada carga de treinamentos e jogos ao longo da temporada (Bengtsson, Ekstrand, Waldén, & Hägglund, 2018; Job & Dalziel, 2001). Alguns jogadores chegam a disputar cerca de 80 jogos ao longo do ano competitivo, além de intercalar os jogos com sessões de treinos e viagens que podem superar a marca dos 100.000 quilômetros por temporada (Bengtsson et al., 2018). O somatório dessas condições tem um impacto considerável, uma vez que, mesmo submetidos a situações de elevada exigência física, técnica, tática e cognitiva no decorrer da temporada, os jogadores devem procurar manter um alto nível de performance individual e coletiva (Le Mansec, Pageaux, Nordez, Dorel, & Jubeau, 2018; Smith et al., 2018).

Essas exigências podem ser observadas em todos os comportamentos/ações motoras realizados com intuito de suprir as necessidades do jogo (i. e. sprints, saltos, corridas com mudanças de direção, ações técnicas, entre outros) e que geram modificações significativas nas respostas fisiológicas (Hogarth et al., 2015). Por sua vez, as exigências tática e cognitiva estão relacionadas com a necessidade de tomar um elevado número de decisões táticas em um ambiente com restrição de tempo e espaço (Teoldo et al., 2017; Vickers & Williams, 2017). Essa situação pode ser exemplificada ao observar-se que uma pessoa normal toma cerca de 6.000 decisões ao longo do dia, enquanto o jogador de futebol, em apenas 90 minutos, normalmente toma mais de 2500 decisões (Teoldo et al., 2017). Se considerarmos que cada decisão tomada no jogo leva a uma resposta física e técnica do jogador, bem como a realização de um comportamento tático, é razoável dizer que as exigências física, técnica, tática e cognitiva parecem ser diretamente associadas a sua performance (Teoldo et al., 2017).

Vale ressaltar, no entanto, que a necessidade de sustentar o desempenho diante do número de sessões de treinamento, da exigência dos jogos e da quantidade de viagens tem ocasionado um debate na literatura sobre como esses fatores têm impactado na perda da qualidade do jogo e no aumento do número de incidência de lesões (Bengtsson et al., 2018). De modo geral, os estudos têm destacado a influência da fadiga como um dos principais aspectos a impactar na performance dos jogadores (Kunrath, Cardoso, Nakamura, & Teoldo, 2018; Zemková & Hamar, 2009). Contudo, muitos dos estudos realizados direcionaram suas análises para uma perspectiva puramente física/fisiológica da fadiga (Van Cutsem et al., 2017; Zemková & Hamar, 2009).

Historicamente, um dos modelos tradicionais utilizados em pesquisas na fisiologia do exercício é o modelo de Hill, Long e Lupton (1924), denominado cardiovascular-catastrófico. Nesse 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. Prevê-se 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, o processo continuaria até que as unidades motoras disponíveis nos músculos fossem recrutadas, alcançando um ponto em que a taxa de trabalho cairia e a fadiga seria manifestada (Hill et al., 1924).

Em contraponto ao modelo cardiovascular-catastrófico, evidências científicas mostram que apenas os fatores associados à capacidade de gerar contração muscular não poderiam determinar a regulação do desempenho físico e a tolerância ao exercício (Marcora & Staiano, 2010; Noakes, 2011). Em esforço prolongado, por exemplo, estudos mostram que há um recrutamento de aproximadamente 35-50% das fibras musculares diretamente envolvidas na tarefa física (Amann et al., 2006), sendo que essa quantidade chega a um total de 60% em condições máximas de esforço (Sloniger et al., 1997). Nesse sentido, as evidências indicam que um elevado esforço 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) (Marcora & Staiano, 2010; Van Cutsem et al., 2017). 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 base nessas evidências, a interpretação do fenômeno da fadiga baseada apenas em variáveis de natureza física e fisiológica reduz a possibilidade de uma compreensão mais profunda do impacto desse fenômeno no desempenho de jogadores de futebol, deixando alguns pontos a serem esclarecidos (Marcora, Staiano, & Manning, 2009; Smith, Coutts, et al., 2016; Smith et al., 2018). Assim, outra linha de estudos sobre fadiga começa a levar em consideração aspectos da cognição humana (Marcora, Staiano, & Manning, 2009; Smith, Coutts, et al., 2016; Smith et al., 2018).

Apoiada por comprovações científicas nas áreas de neurociências e psicologia do esporte tem considerado o impacto de um fenômeno conhecido como fadiga mental

(Marcora et al., 2009; Smith, Coutts, et al., 2016; Smith et al., 2018). Pode-se definir a fadiga mental como uma sensação experimentada durante ou após um período prolongado de atividade cognitiva, caracterizada pelo cansaço e falta de energia (Boksem e Tops, 2008; Marcora, Staiano e Manning, 2009). Esse fenômeno apresenta implicação direta na performance esportiva de jogadores de futebol, influenciando em aspectos como na percepção do esforço, na percepção acerca do cansaço físico e até mesmo no risco de ocorrência de lesões (Nédélec et al., 2013; Nozaki et al., 2009; Thompson et al., 2019).

Martin e colaboradores (2018) sustentam que o efeito deletério da fadiga mental está associado ao acúmulo de adenosina no cérebro. Nesse sentido, a atividade cognitiva em regiões que controlam processos mentais mais complexos, como o córtex cingulado anterior é prejudicado pelo acúmulo de adenosina e, conseqüentemente, pela redução da glicose circundante. Esse fato bloqueia a liberação de neurotransmissores como a dopamina, aumentando a percepção do esforço, diminuindo a motivação e o engajamento com as atividades realizadas, levando os indivíduos a apresentarem uma queda no desempenho (Martin et al., 2018; Pageaux, Lepers, Dietz, & Marcora, 2014).

A partir das evidências supracitadas, as investigações sobre o estado de fadiga mental no futebol têm sugerido que, quando o jogador atinge esse estado, ocorre uma perda significativa de performance (e.g. física, técnica, tática, cognitiva) (Kunrath et al., 2018; Kunrath et al., 2020; Smith, Coutts, et al., 2016; Smith, Zeuwts, et al., 2016). Entretanto, ainda existem pontos a serem esclarecidos acerca do que acontece antes do jogador atingir o estado de fadiga mental. Uma das hipóteses sobre o que leva os jogadores ao estado de fadiga mental pode estar associada a questões relacionadas à carga cognitiva imposta pela atividade e, conseqüentemente, ao esforço cognitivo investido de forma aguda (demandas que surgem ao longo dos jogos e treinamento) ou crônica (demandas que surgem ao longo da temporada) (Benoit et al., 2019; Cardoso et al., 2019). Tais fatores, quando não regulados e controlados adequadamente, parecem reduzir o processo de recuperação e fazer com que o jogador entre em um estado de fadiga mental, ocasionando um maior número de erros nas tomadas de decisões, queda de performance e risco de lesão (Smith et al., 2018).

Ressalta-se ainda que no futebol o aumento da competitividade em cada jogo e treinamento eleva a carga cognitiva que deve ser gerenciada pelos jogadores. Isso exige que os jogadores, na tentativa de manterem seus níveis de performance, aumentem substancialmente o investimento de esforço cognitivo (Cardoso et al., 2019; Vickers & Williams, 2017). Com a necessidade de um investimento de esforço cognitivo alto ao

longo do jogo ou no decorrer da temporada, eleva-se a probabilidade do jogador de futebol entrar em estado de fadiga mental (Smith et al., 2018; Thompson et al., 2019). Recentes investigações que objetivaram compreender o impacto do estado de fadiga mental no futebol têm encontrado evidências dos efeitos negativos desse fenômeno sobre o desempenho físico (Hogarth, Burkett, & McKean, 2015; Smith, Coutts, et al., 2016); técnico (Alarcón, Castillo-Díaz, Madinabeitia, Castillo-Rodríguez, & Cárdenas, 2018; Smith, Coutts, et al., 2016); tático (Coutinho et al., 2017; Kunrath et al., 2018) e cognitivo (Smith, Zeuwts, et al., 2016). Os estudos também demonstram que os jogadores, em estado de fadiga mental, apresentam um maior desmembramento com o grupo e os objetivos da atividade (Coutinho et al., 2017), reduzem os níveis motivação e entusiasmo (Schiphof-Godart, Roelands, & Hettinga, 2018), aumentam as dificuldades em expressar emoções (Schiphof-Godart et al., 2018), reduzem o nível de disciplina (Russell, Jenkins, Smith, Halsone, & Kelly, 2019) e perdem significativa capacidade de direcionar atenção a detalhes relevantes e de manterem a concentração (Russell et al., 2019).

Os estudos destacados acima fornecem evidências suficientes do impacto negativo do estado de fadiga mental em jogadores de futebol. Entretanto, cabe destacar que a construção teórica sobre a influência da fadiga mental no futebol é recente, sendo, substancialmente construída nos últimos 10 anos com base no modelo psicobiológico (Pageaux et al., 2014). Esse modelo considera que a regulação consciente (tomada de decisão) do ritmo do exercício é determinada pela motivação e, principalmente, pela percepção subjetiva do esforço (Kunrath et al., 2020; Marcora et al., 2009; Pageaux et al., 2014). No entanto, ainda existem dúvidas sobre o uso do modelo psicobiológico para explicar o fenômeno da fadiga mental no contexto do futebol, além de outros pontos a serem considerados, entendidos e avaliados sobre esse fenômeno, como, por exemplo, a influência do esforço cognitivo na ocorrência do estado de fadiga mental. Assim, a presente revisão tem por objetivo pormenorizar as evidências disponíveis até o momento na literatura sobre a influência da fadiga mental no futebol. Pretende-se também debater sobre possibilidades de investigações e intervenções futuras, considerando para tal, o papel do esforço cognitivo como uma variável interveniente à fadiga mental e seus efeitos prejudiciais na performance de jogadores de futebol.

## Metodologia

### Estratégia de pesquisa

Foi realizada uma busca exaustiva e sistemática em seis bancos de dados (Web of Science-All Databases, Scopus, PubMed, SPORTDiscus, ERIC-Ebsco, e Academic Search Ultimate). Esses bancos de dados foram selecionados porque incluíam artigos publicados em periódicos indexados no Journal Citation Report (JCR) ou um índice semelhante (por exemplo, o Scimago Journal Rank-SJR). A tabela 1 mostra a estratégia de pesquisa usada em cada banco de dados.

**Tabela 1.** Estratégia de pesquisa em cada banco de dados.

Base de dados	Estratégia de Pesquisa
Web of Science - All databases ERIC PubMed	("Mental fatigue" OR "cognitive fatigue" OR "cognitive demand" OR "mental load" OR cognit* OR percept* OR "cognitive effort" OR "Brain training") AND (Player* OR young OR youth OR elite OR adolescen* OR adult* OR child* OR athlete*) AND (Program* OR intervention OR proposal OR review OR meta-analysis OR training) AND (soccer OR football OR Futsal)
Scopus SPORTDiscus Academic Search Ultimate	("Mental fatigue" OR cognitive fatigue OR "cognitive demand" OR "mental load") AND (Player* OR young OR youth OR elite OR adolescen* OR adult* OR child* OR athlete*) AND (Program* OR intervention OR proposal OR review OR meta-analysis OR training) AND (soccer OR football OR Futsal)

A pesquisa foi realizada seguindo as diretrizes de itens propostos pelo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Moher et al., 2009), incluindo a estratégia PICOS: Participants, Intervention, Comparators and Outcomes, Study design. A pesquisa terminou em 30 de dezembro de 2019.

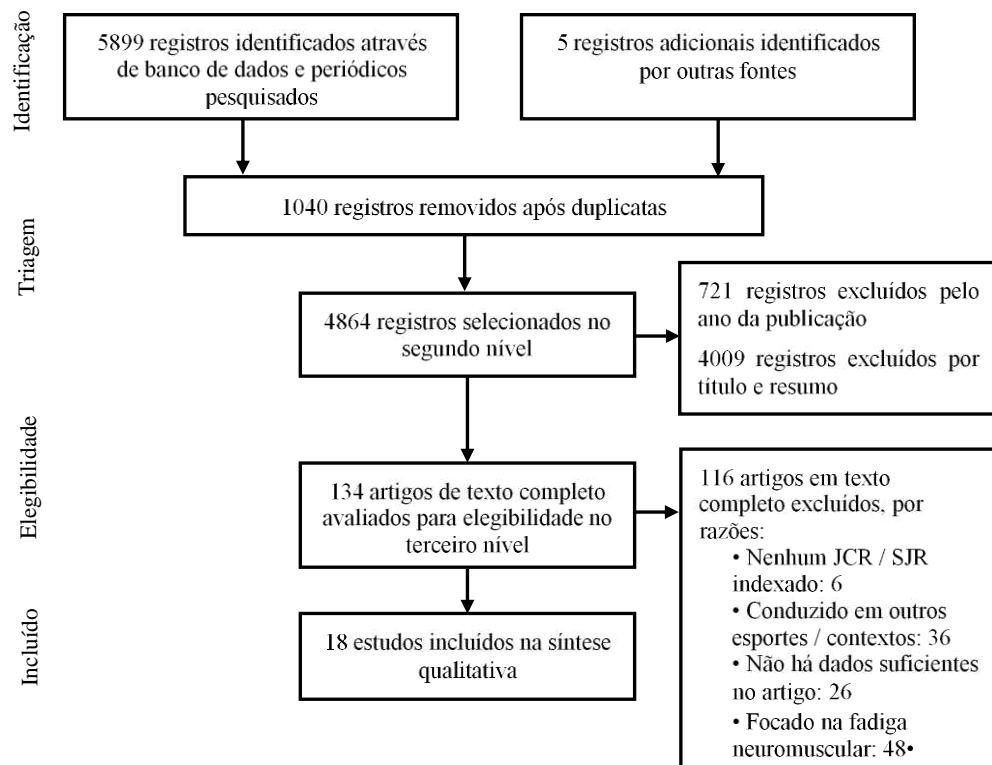
Os artigos foram incluídos com base nos seguintes critérios: (a) estudos publicados em periódicos internacionais revisados por pares e indexados nas bases de dados com JCR ou SJR; (b) estudos publicados entre 2009 e 2019; (c) estudos que incluíam métodos e resultados quantitativos e/ou qualitativos; (d) artigos com foco em fadiga mental ou cognitiva/esforço mental ou cognitivo em jogadores de futebol e, (e) estudos publicados em inglês ou espanhol.

Como critério de exclusão, decidimos não incluir os artigos (a) não indexados nas bases de dados e sem JCR/SJR; (b) realizados em outros esportes/contextos diferentes do futebol/futsal; (c) artigos com dados insuficientes para completar os dados pré-definidos da tabela; e (d) artigos focados na fadiga neuromuscular ou na percepção subjetiva de

fadiga, mas não na fadiga mental. A figura 1 mostra o número de artigos excluídos por esses motivos.

A inclusão de artigos quantitativos e qualitativos foi realizada, uma vez que, tanto a pesquisa quantitativa, quanto a qualitativa podem desempenhar um papel relevante na interpretação dos resultados da pesquisa (Cooper, 2017), maximizando os pontos fortes de ambas as abordagens e aumentando a relevância da Revisão Sistemática (RS) (Harden & Thomas, 2010). Embora existam apontamentos na literatura para continuar a usar e explorar as análises de métodos mistos em processos de RS, esses métodos ainda não são comumente utilizados existindo ainda pouca consciência em torno deles (Pearson et al., 2015). Contudo, os resultados qualitativos podem ser usados para explorar e extrapolar os achados dos resultados quantitativos e vice-versa (Pluye & Hong, 2014).

Documentos duplicados foram desqualificados no primeiro nível de exclusão. No segundo nível de exclusão, os documentos foram selecionados de acordo com o ano de publicação, título e resumo. Finalmente, no terceiro nível de exclusão, os artigos selecionados foram lidos na íntegra e alguns desconsiderados para a análise final. O processo de busca sistemática e o número de resultados podem ser observados na figura 1, seguindo as indicações do PRISMA (Moher et al., 2009).

**Figura 1.** Diagrama de fluxo do processo de pesquisa.

Após a eliminação de muitos artigos no primeiro nível de exclusão, 5.899 artigos originais foram identificados como possíveis estudos a serem incluídos na revisão. Um total de cinco artigos foi incluído na amostra a partir das referências bibliográficas de outros artigos seminais sobre a temática. Em seguida, 4730 foram descartados no segundo nível de exclusão. Finalmente, após a leitura do texto completo de 134 artigos, 18 foram incluídos neste estudo.

#### Extração e confiabilidade de dados

Após a pesquisa inicial, os artigos que não se enquadravam no critério data de publicação foram descartados no primeiro nível de exclusão. Os artigos que atendiam aos critérios de seleção citados na seção anterior foram incluídos para esta revisão. Para pontuarmos as informações relevantes de cada artigo, foram utilizadas as seguintes categorias (Harris et al., 2014): autores; foco; objetivos; tamanho da amostra; método; fontes de dados; e resultados.

### Avaliação da qualidade dos trabalhos selecionados

Primeiro, a qualidade do processo de revisão foi avaliada e incluída no registro do PROSPERO. Trata-se de um banco de dados internacional de RS registrados prospectivamente em saúde e assistência social, bem-estar, saúde pública, educação, crime, justiça e desenvolvimento internacional. Os principais recursos do protocolo de revisão são registrados e mantidos como um registro permanente. Ele permite que os pesquisadores cumpram o PRISMA, fornecendo um registro público de seus métodos planejados e aumentando a conscientização sobre sua revisão, além de permitir a comparação das descobertas do manuscrito.

Segundo, a qualidade dessa RS também foi avaliada usando as diretrizes do PRISMA (Moher et al., 2009). Essa ferramenta de avaliação inclui um conjunto de itens com base em evidências para relatar a qualidade da RS e da meta-análise.

Terceiro, os critérios para avaliar a qualidade dos estudos selecionados foram baseados na Checklist for Measuring Study Quality (por exemplo, a hipótese/objetivo do estudo está claramente descrita?; Downs e Black, 1998), o Strengthening the Reporting of Observational Studies Statement (por exemplo, é possível usar o desenho experimental em outros estudo?; Von-Elm et al., 2008) e a Consolidated Standards of Reporting Trials Statement (por exemplo, avaliação cega e de qualidade do estudo; Moher et al., 2001)

Quarto, estudos anteriores (Araújo et al., 2014; Chu e Zhang, 2018; Hastie e Casey, 2014) foram utilizados para obter um escore de qualidade para cada investigação com base nos seguintes critérios: (a) descrição do estudo; (b) JCR/SJR; (c) descrição metodológica detalhada; (d) amostra ou número de participantes; e (e) instrumentos utilizados. Cada item foi pontuado de '0' a '2' usando os critérios descritos na Tabela 2. Um escore de qualidade total de todas as publicações selecionadas foi calculado somando o número de itens positivos entre '0' e '10'. As investigações foram classificadas como: (a) baixa qualidade: pontuação menor que '3'; (b) qualidade moderada: uma pontuação entre '4' e '6'; e (c) alta qualidade: uma pontuação '7' ou superior.

Dois profissionais formados e com pós graduação em Educação Física realizaram essa avaliação de forma independente. Os critérios de seleção para esses especialistas foram: (1) ter publicado artigos nos principais periódicos e indexados (JCR) nos últimos 5 anos, (2) ter participado de revisões sistemáticas, (3) ter, pelo menos, mestrado em Educação Física e Esporte; e (4) ter uma experiência mínima de cinco anos como

pesquisador. O alfa de Cronbach (0,95) indicou alta confiabilidade entre as avaliações individuais (Araújo et al., 2014).

**Tabela 2.** Lista de verificação e classificação da qualidade dos estudos selecionados.

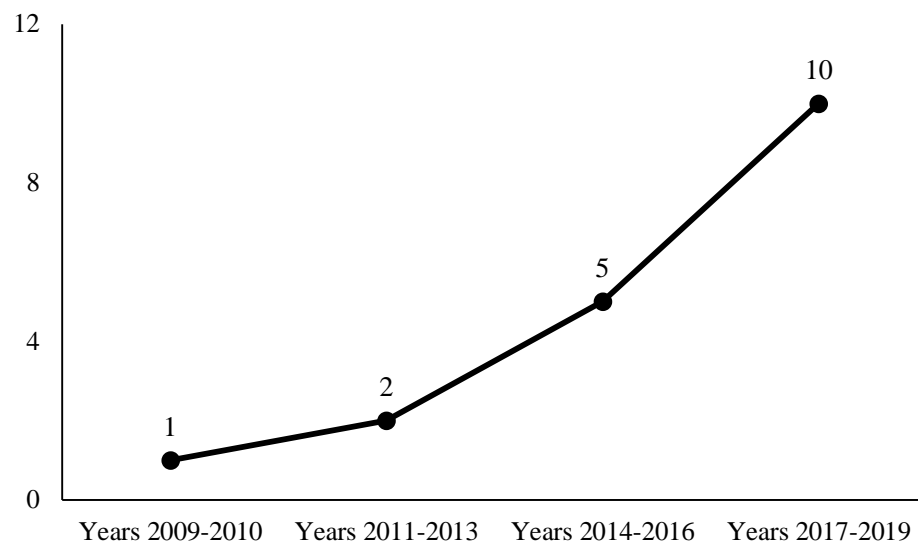
Estudos selecionados	JCR / SJR	Descrição do estudo	Métodos	Amostra	Instrumentos	Pontuação total	Nível de qualidade
Thomson et al. (2009)	2	2	2	2	1	9	HQS
Clemente et al. (2011)	1	1	1	1	2	6	MQS
De la Vega et al. (2011)	2	2	2	1	2	9	HQS
Hogarth et al. (2015)	2	1	2	1	2	8	HQS
Badin et al. (2016)	2	1	2	1	2	8	HQS
Smith et al. (2016a)	2	2	2	1	2	9	HQS
Smith et al. (2016b)	2	2	2	1	1	8	HQS
Smith et al. (2016c)	0	2	1	1	2	6	MQS
Coutinho et al. (2017)	2	2	2	1	2	9	HQS
Sepahvand et al. (2017)	1	2	1	1	1	6	MQS
Alarcón et al. (2018)	2	2	1	1	2	8	HQS
Coutinho et al. (2018)	2	2	2	1	2	9	HQS
Kunrath et al. (2018)	1	2	1	0	2	6	MQS
Cardoso et al. (2019)	2	2	1	1	2	8	HQS
Gantois et al. (2019)	2	2	2	1	2	9	HQS
Pullinger et al. (2019)	0	2	2	1	2	7	MQS

Notas: JCR / SJR (o estudo foi publicado em uma revista indexada no JCR ou SJR?). '0', não indexado; '1', indexado em SJR; e '2', indexados no JCR; Descrição do estudo (a pesquisa ofereceu uma descrição detalhada do estudo?). '0', não incluído; '1', descrição breve e detalhada; e '2', descrição detalhada; Métodos (o artigo relatou em detalhes o processo metodológico utilizado?). '0', não relatado; '1', relatado, mas impreciso (não completamente); e '2', descrição exaustiva relatada; Amostra (número de participantes). '0', menos de 10 participantes; '1', de 10 a 50 participantes; e '2', mais de 50 participantes; Instrumentos (a pesquisa ofereceu uma descrição detalhada dos instrumentos?). '0', não incluído; '1', descrição breve e detalhada; e '2', descrição detalhada; JCR, Journal Citation Report; SJR, Scimago Journal Rank; HQS, estudo de alta qualidade; MQS, estudo de qualidade moderada.

## Resultados

Primeiramente, a evolução das publicações sobre fadiga mental é mostrada na figura 2. Aqui, é possível observar como o número de publicações nos últimos dez anos é cada vez maior, de 1 publicação nos anos 2009-2010 a dez publicações nos últimos 3 anos.

**Figura 2.** Evolução das publicações em fadiga mental no futebol nos últimos dez anos.



A Tabela 3 mostra os 18 estudos realizados nos últimos dez anos. As informações mais importantes e relevantes de cada estudo foram avaliadas seguindo a estrutura usada em RS anteriores (Chu & Zhang, 2018): 'autor (es)' (e ano de publicação); 'foco'; 'descrição da amostra'; 'instrumentos'; 'análise/fontes de dados'; e 'resultados'.

**Tabela 3.** Síntese dos estudos incluídos na revisão sistemática.

Autores	Foco	Descrição da amostra	Instrumentos	Análise/fontes de dados	Resultados
Thomson et al. (2009)	Diferenças na tomada de decisão e precisão antes e depois da fadiga	79 jogadores masculinos de futebol de nível nacional da Estônia (Idade Média = 21,17 ± 4,18)	- O teste em esteira - Tarefa perceptivo-cognitiva baseada em computador	- Pico de consumo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) - estímulos à discriminação de velocidade	Jogadores de futebol tomam uma decisão mais rápida às custas da precisão quando cansados
Clemente et al. (2011)	Fadiga no sistema nervoso central antes e depois de um teste de sprints repetidos	21 jovens jogadores de futebol masculino (Idade Média = 18,1 ± 1,0)	- Teste de sprints repetidos - Unidade de controle de fusão de cintilação	- Limiar de fusão de cintilação - Critério subjetivo - Sensibilidade sensorial	Teste de sprints repetidos não gera fadiga no sistema nervoso central
De la Vega et al. (2011)	Implementar um programa de treinamento da atenção em regime de fadiga	20 jogadores de futebol do sexo masculino (Idade Média = 24,3 ± 3,7) da terceira divisão portuguesa	- Sistema de Teste de Viena - Escala de Borg	- Tempo e velocidade da detecção do sinal - Esforço percebido	A melhoria dos componentes atencionais após o programa
Hogarth et al. (2015)	Relação entre respostas perceptivas à fadiga e desempenho da corrida	15 jogadores nacionais de futebol masculino (Idade Média 23,0 ± 2,5) pertencentes à equipe de Queensland	- Sistemas de posicionamento global (GPS) - Teste de salto vertical - Questionário	- Desempenho na corrida dos jogadores - Fadiga neuromuscular e perceptiva dos jogadores	Medidas de fadiga perceptivas contribuíram para reduzir o desempenho da corrida
Badin et al. (2016)	Efeitos da fadiga mental no desempenho físico e técnico	20 jogadores de futebol masculino (Idade Média = 17,8 ± 1,0) de um clube de futebol da Liga Nacional Australiana	- Tarefa Stroop baseada em computador - Monitores de frequência cardíaca Polar - Sistema de Posicionamento Global	- Fadiga mental - Desempenho psicofisiológico - Desempenho físico e técnico	O cansaço mental prejudica o desempenho técnico, mas não o físico, em jogos de futebol pequenos
Smith et al. (2016a)	Efeitos da fadiga mental no desempenho físico e técnico específico do futebol	Estudo 1 12 jogadores de futebol recreativos do sexo masculino (Idade Média = 24,0 ± 0,4) Estudo 2 14 jogadores de futebol masculino competitivos e bem	Estudo 1 - Escala de Borg e escala visual analógica - Tarefa Stroop - Yo-Yo IR1 Estudo 2 - Escalas analógicas visuais - Tarefa Stroop	Estudo 1 - Esforço percebido - Fadiga mental, esforço mental e motivação - Frequência cardíaca Estudo 2 - Esforço percebido	O cansaço mental prejudica o desempenho de corrida, passes e arremessos específicos do futebol

		treinados (Idade Média = 19,6 ± 3,5)	- testes de passe e tiro de futebol em Loughborough	- Fadiga mental, esforço mental e motivação - Tiro e passagem	
Smith et al. (2016b)	Impacto da fadiga mental na tomada de decisão específica do futebol	12 jogadores de futebol do sexo masculino (Idade Média = 19,3 ± 1,5) competindo em competições nacionais ou provinciais da Bélgica	- Escalas analógicas visuais - Tarefa de palavra-cor modificada Stroop - Tarefa de tomada de decisão específica do futebol (Vaeyens, Lenoir, Williams & Philippaerts, 2007) - Dispositivo de rastreamento ocular montado na cabeça IviewX	- Fadiga mental, esforço mental e motivação - Tomando uma decisão - Dados de pesquisa visual	O cansaço mental prejudica a precisão e a velocidade da tomada de decisões específicas do futebol
Smith et al. (2016c)	Impacto da fadiga mental nos componentes de velocidade e precisão de habilidades específicas do futebol	14 jogadores de futebol masculino (Idade Média = 19,6 ± 3,5) jogando nas ligas belgas	- Escalas analógicas visuais - Stroop cor-palavra - Teste de aprovação no futebol de Loughborough	- Fadiga mental, esforço mental e motivação - Passagem	A fadiga mental prejudica a precisão da passagem curta, mas não a velocidade de movimento
Coutinho et al. (2017)	Efeitos da fadiga mental nas performances físicas e táticas dos jogadores	12 jogadores de futebol juvenil amador masculino (Idade Média = 15,9 ± 0,8)	- CR10-Escala de esforço percebido - Escala analógica visual - Salto contra-movimento - Sistema de Posicionamento Global	- Fadiga mental - Desempenho neuromuscular Dados posicionais, acelerações e distância	A fadiga mental afeta a capacidade de usar informações ambientais e o posicionamento dos jogadores
Marqués-Jiménez et al. (2017)	Revisar as evidências atuais sobre fadiga e recuperação em jogadores de futebol	Foi realizada uma revisão abrangente da literatura científica sobre o campo	-	-	Ainda existem incertezas sobre os mecanismos de fadiga, porque são influenciados por demandas fisiológicas e relacionadas à correspondência
Sepahvand et al. (2017)	Efeito do estresse relacionado à correspondência nos fatores de desempenho cognitivo	10 jogadoras de futsal (Idade Média = 20,0 ± 2,0) de Pol-e Dokhtar	- Teste serial auditivo estimulado	- Saúde mental geral - Atenção sustentada - Velocidade média de resposta - Fadiga mental	Um aumento no sistema de estresse de um indivíduo leva ao comprometimento do sistema cognitivo e a um aumento de seus erros

Alarcón et al. (2018)	Relação entre fadiga mental e demandas físicas e como essa interação influencia a precisão dos passes	28 jogadores de futebol semiprofissionais do sexo masculino (Idade Média = 20,7 ± 0,23) pertencentes a UCAM Murcia CFB (Espanha)	- questionário NASA-TLX - Manequim de auto avaliação - Inventário de Ansiedade Traço-Estado	- Carga mental percebida - Resposta emocional - nível de ansiedade	A presença de carga física simultânea à carga mental teve um efeito negativo na precisão do passe
Coutinho et al. (2018)	Efeitos da fadiga mental e muscular induzida no perfil de atividade física e no comportamento coletivo de jogadores de futebol	10 jogadores amadores do sexo masculino juvenil de futebol (Idade Média = 13,7 ± 0,5) de uma academia de futebol regional em Portugal	- Protocolo RCOD (Beckett, Schneiker, Wallman, Dawson e Guelfi, 2009) - Versão computadorizada da tarefa Stroop cor-palavra	- Fadiga muscular - Fadiga mental	A capacidade dos jogadores de usar as informações ambientais para apoiar suas ações pode ser prejudicada quando mentalmente cansada, o que pode afetar o posicionamento em campo
Kunrath et al. (2018)	Efeito do cansaço mental na qualidade das ações táticas e na intensidade da distância percorrida	6 jogadores de futebol masculino (Idade Média = 14,7 ± 0,59) pertencentes a campeonatos regionais e estaduais	- Sistema de Avaliação Tática no Futebol - Sistema de Posicionamento Global - Tarefa Stroop	- Aspectos táticos - Distância e intensidade cobertas - Fadiga mental	A fadiga mental prejudica o desempenho dos jogadores, induzindo-os a aplicar ações táticas defensivas pouco qualificadas e a cobrir maiores distâncias em velocidade
Smith et al. (2018)	Impacto da fadiga mental nos desempenhos físico, técnico, de decisão e tático específicos do futebol	Visão geral da pesquisa neste campo emergente	-	-	A fadiga mental prejudica o desempenho físico, técnico, de tomada de decisão e tático específico do futebol
Cardoso et al. (2019)	Avaliar se a forma e a quantidade de conhecimento tático declarativo e processual influenciam o esforço cognitivo	36 jogadores de futebol do sexo masculino (Idade Média = 14,89 ± 1,42) de um clube brasileiro da primeira divisão	- Sistema de Avaliação Tática no Futebol - Cenas de vídeo de situações ofensivas do jogo - Rastreamento móvel de olhos-XG	- Conhecimento tático processual - Conhecimento tático declarativo - Esforço cognitivo	O conhecimento tático processual e declarativo influenciou o esforço cognitivo despendido ao assistir a cenas de futebol
Gantois et al. (2019)	Efeito do cansaço mental na tomada de decisões	20 atletas do futebol masculino (Idade Média = 22,6 ± 3,3) pertencentes a uma equipe profissional brasileira	- Versão computadorizada da tarefa Stroop - Instrumento de Avaliação de Desempenho de Jogos - Polar TeamPro - Escala de Armstrong - Escala de recuperação da qualidade total	- Fadiga mental - Aprovação na tomada de decisão - Variabilidade do batimento cardíaco - Estado de hidratação - Recuperação da qualidade	A análise mostrou desempenho prejudicial na tomada de decisão após a tarefa Stroop de 30 minutos. Tarefas cognitivas prolongadas podem ser consideradas um fator mediador na aprovação do desempenho da tomada de decisão

Pullinger et al. (2019)	Fadiga induzida durante hipóxia nas habilidades perceptivo-cognitivas	10 jogadores de futebol semiprofissionais masculinos (Idade Média = 21,0 ± 2,0) pertencentes ao time de futebol masculino da Universidade e a um time semiprofissional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classificação do esforço percebido</li> <li>- Monitor de estresse térmico</li> <li>- Protocolo de futebol simulado em laboratório</li> <li>- Teste perceptivo-cognitivo</li> <li>- Teste de velocidade repetida</li> <li>- Taxa de suor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carga interna durante a partida</li> <li>- Condição do tempo</li> <li>- Hipóxia</li> <li>- Fadiga</li> <li>- Frequência cardíaca</li> <li>- Arrancada</li> <li>- Habilidade perceptivo-cognitiva</li> <li>- Massa corporal</li> <li>- Osmolaridade na urina</li> </ul>	Partidas simuladas na hipóxia revelaram maiores reduções nas habilidades cognitivo-perceptivas
-------------------------	---	--	---	---	--

---

## Discussão

Este trabalho teve por objetivo pormenorizar as evidências disponíveis até o momento na literatura sobre a influência da fadiga mental no futebol, bem como debater sobre possibilidades de investigações e intervenções futuras, considerando para tal, o papel do esforço cognitivo como uma variável interveniente à fadiga mental e seus efeitos prejudiciais na performance de jogadores de futebol. De modo geral, é possível destacar um aumento do interesse sobre este tema ao longo dos últimos 10 anos. Tal interesse está relacionado com o fato de as pesquisas apontarem sistematicamente um efeito negativo da fadiga mental no desempenho esportivo dos jogadores de futebol, principalmente nos aspectos: físicos (Hogarth et al., 2015; Smith, Coutts, et al., 2016; Smith et al., 2018), técnicos (Alarcón et al., 2018; Badin, Smith, Conte, & Coutts, 2016; Smith, Coutts, et al., 2016), táticos (Coutinho et al., 2017; Kunrath et al., 2018) e, cognitivos (Gantois et al., 2019; Pullinger et al., 2019; Smith, Zeuwts, et al., 2016).

Por causa dos prejuízos observados, uma maior atenção tem sido dada por parte dos pesquisadores à construção do conhecimento sobre a influência da fadiga mental em futebolistas e à identificação de formas de intervenção que minimizem os seus efeitos. Ressalta-se, contudo, que ainda existe um baixo número de evidências na literatura especializada que busca avaliar a influência do esforço cognitivo em jogadores de futebol, bem como seu impacto na ocorrência de um estado de fadiga mental. Aparentemente, isso se deve à dificuldade na avaliação e controle desta variável durante as seções de treinos e nos jogos. A seguir, destacam-se alguns dos principais pontos dos artigos selecionados para esta revisão e algumas perspectivas futuras para os trabalhos sobre o esforço cognitivo e fadiga mental no futebol.

### Foco

Em relação ao foco dos trabalhos selecionados, nota-se que do total de 18 artigos, 17 artigos avaliam os efeitos da fadiga mental na performance de jogadores de futebol e apenas um (1) estudo avaliou a influência do esforço cognitivo em futebolistas.

Ressalta-se ainda, que houve uma mudança no direcionamento dos trabalhos selecionados ao longo dos anos. É possível notar que os primeiros trabalhos publicados entre os anos de 2009 à 2015 sobre esta temática, buscaram abordar substancialmente aspectos intervenientes a fadiga mental e suas respostas em nível cognitivo (Clemente

Suárez, Muñoz, & Martínez, 2011; De la Vega, Almeida, Ruiz, Miranda, & del Valle, 2011; Thompson et al., 2019) e físico (Hogarth et al., 2015). Esses estudos podem ser considerados como as primeiras evidências de que a fadiga mental resulta em prejuízos no desempenho de jogadores de futebol. Posteriormente, a partir do ano de 2016, o foco é direcionado para a realização de trabalhos experimentais com indução do estado de fadiga mental. Nesses trabalhos experimentais os jogadores participavam de tarefas laboratoriais previamente definidas (a partir da utilização de tarefas como por exemplo, o Stoop) com duração entre 20 e 40 minutos e, na sequência, realizavam uma tarefa experimental a fim de avaliar o seu desempenho. Nesse cenário, os jogadores eram avaliados em duas situações, uma controle (i. e. sem indução de fadiga mental) e outra experimental (i. e. com indução de fadiga mental), verificando como o estado de fadiga mental afetaria o desempenho (Alarcón et al., 2018; Badin et al., 2016; Coutinho et al., 2017, 2018; Gantois et al., 2019; Kunrath et al., 2018; Pullinger et al., 2019; Sepahvand, Jahromi, Sahraei, & Meftahi, 2017; Smith, Coutts, et al., 2016; Smith, Frasen, Deprez, Lenoir, & Aaron, 2016; Smith, Zeuwts, et al., 2016).

Em relação ao esforço cognitivo, um trabalho recente desenvolvido por Cardoso et al. (2019), buscou uma abordagem diferente ao retirar a tarefa de indução da fadiga mental (carga fixa) e utilizar a pupilometria para avaliar o nível de esforço cognitivo durante uma atividade de vídeo específica no futebol. Este trabalho, buscou identificar a associação do esforço cognitivo com a quantidade de conhecimento tático que os jogadores possuíam. As evidências deste estudo, permitiu identificar o comportamento pupilar como um marcador fisiológico propício para avaliação do esforço cognitivo no futebol, abrindo uma importante reflexão sobre o controle dessa variável no contexto do treinamento, antes do jogador entrar em um estado de fadiga mental.

#### Descrição da Amostra

As amostras dos artigos selecionados são heterogêneas, o que permite inferir que os efeitos do esforço cognitivo e do estado de fadiga mental afetam diferentes populações de jogadores de futebol. Nesta revisão observa-se que dos 16 artigos experimentais selecionados, 15 avaliaram jogadores de futebol do sexo masculino e apenas um (1) avaliou jogadoras do sexo feminino. Vale destacar que este estudo foi realizado no futsal (Sepahvand et al., 2017). Dos estudos selecionados, nove (9) avaliaram jogadores de futebol que disputavam competições em alto nível competitivo, participando da 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, ou

3º divisão dos campeonatos nacionais; cinco (5) avaliaram jovens jogadores de futebol e dois (2) avaliaram jogadores semiprofissionais. Ressalta-se, ainda, que dois (2) estudos selecionados são revisões de literatura, não contabilizando na descrição das amostras da presente revisão.

#### Instrumentos e procedimentos de análises

Em relação aos principais instrumentos e dados analisados, apresentados nos artigos selecionados, destacam-se quatro pontos: 1) os instrumentos e métricas referentes as tarefas de indução à fadiga mental, 2) os instrumentos e métricas referentes as escalas subjetivas de avaliação da fadiga mental e do esforço físico, 3) os instrumentos e métricas de avaliação do esforço cognitivo (i. e. pupilometria/comportamento pupilar) e, 4) os instrumentos e métricas para avaliação de performance tática, técnica, física e cognitiva.

Em relação as tarefas de indução à fadiga mental, diferentes tarefas foram utilizadas, com destaque para o Stroop versão papel e, (Coutinho et al., 2018; Smith, Coutts, et al., 2016; Smith, Frasen, et al., 2016) Stroop versão computadorizada (Badin et al., 2016; Kunrath et al., 2018), com duração que variava entre 20 a 40 minutos. A tarefa de Stroop requer atenção e inibição da resposta automática, sendo uma tarefa que potencialmente induz fadiga mental quando usada por um longo período (Kunrath et al., 2018). Embora não seja uma tarefa ecológica, o teste de Stroop exige habilidades cognitivas relevantes e necessárias para o desempenho no futebol, a saber: atenção seletiva e sustentada e controle inibitório (Kunrath et al., 2018). Na prática do futebol, atenção seletiva e sustentada permitem o processamento ativo de informações a partir da enorme quantidade de informações disponíveis durante o jogo (Faubert, 2013). Em vista das informações disponíveis no ambiente, a capacidade dos jogadores de inibir respostas automáticas, comportamentos considerados inapropriados ou estímulos distrativos que possam comprometer o desempenho, é considerada importante (Vickers & Williams, 2017).

Na tentativa de encontrar tarefas mais ecológicas, vale a pena destacar a utilização de uma tarefa coordenativa/mental com duração de 20 minutos (Coutinho et al., 2017). Paralelamente à utilização das tarefas de indução de fadiga mental, alguns estudos controlaram as respostas da frequência cardíaca, do número de erros na tarefa e o tempo de resposta ao estímulo, a fim de identificar se houve manutenção do nível de

engajamento e da atenção (Coutinho et al., 2018; Smith, Coutts, et al., 2016; Smith, Frasen, et al., 2016).

Sobre a utilização das escalas subjetivas para avaliação do estado de fadiga mental, destacam-se: a utilização da Visual Analogue Scale (VAS) para mensurar o nível de fadiga mental, esforço mental e motivação; o questionário de BRUMS para avaliar as medidas de fadiga, o NASA-TLX para avaliação da carga de trabalho mental e a escala de Matthews, Campbell e Falconer (2001) para mensurar a motivação (Alarcón et al., 2018; Badin et al., 2016; Coutinho et al., 2017; Smith, Frasen, et al., 2016; Smith, Zeuwts, et al., 2016). Para avaliar o índice de esforço percebido na tarefa física, os estudos utilizaram a Escala de Borg (Smith, Coutts, et al., 2016) e sua versão adaptada - CR-10 (Coutinho et al., 2017, 2018; Smith, Coutts, et al., 2016).

Para a avaliação do esforço cognitivo, destaca-se a utilização da técnica da pupilometria durante uma tarefa de vídeo específica no futebol. Essa técnica leva em consideração as variações do comportamento pupilar. Preconiza-se que a pupila se dilata progressivamente (midríase) à medida que vai sendo solicitado um maior esforço cognitivo e, à medida que o esforço se torna menor, a pupila volta progressivamente ao seu tamanho basal (miose) (van der Wel & van Steenbergen, 2018).

Por fim, em relação aos instrumentos e equipamento para avaliação do desempenho, destaca-se a utilização das medidas de frequência cardíaca para avaliar as respostas fisiológicas (Badin et al., 2016; Smith, Coutts, et al., 2016). Para medidas físicas, são utilizadas as avaliações da distância total percorrida, salto vertical, velocidades de sprint, entre outros (Smith, Coutts, et al., 2016). Ressalta-se que em estudos recentes a utilização do GPS tem sido considerada como um importante recurso de avaliação das variáveis físicas no contexto do jogo (Coutinho et al., 2017, 2018). Para avaliação do desempenho técnico, os artigos têm mencionado o teste de Loughborough Soccer Passing e o Loughborough Soccer Shooting Test - LSPT e LSST para avaliação da eficiência do passe e chute (Smith, Coutts, et al., 2016), avaliações através de jogos reduzidos (Badin et al., 2016; Coutinho et al., 2018) e tarefas específicas de passe (Alarcón et al., 2018). Já em relação ao desempenho tático, os estudos têm utilizado o sistema de avaliação tática no futebol - FUT-SAT para avaliação da eficiência do comportamento tático individual dos jogadores baseado nos princípios táticos fundamentais do jogo de futebol (Cardoso et al., 2019; Kunrath et al., 2018), além da avaliação do comportamento coletivo de equipes por meio de jogos reduzidos (Coutinho et al., 2017, 2018). Por fim, para o desempenho cognitivo, os estudos tem utilizado testes

de vídeo para avaliação da tomada de decisão (Smith, Zeuwts, et al., 2016) e outros testes laboratoriais (e. g. testes baseados em vídeos) que fornecem medidas referentes as habilidades cognitivas (Gantois et al., 2019; Sepahvand et al., 2017).

Cabe destacar que os dados analisados a partir dos instrumentos e equipamentos supracitados tem sido de grande valia no direcionamento acerca da influência do esforço cognitivo e do estado de fadiga mental no desempenho de jogadores de futebol.

### Análise dos Resultados

Grande parte das investigações sobre a fadiga mental e do esforço cognitivo na literatura apontam para influência dessas variáveis no desempenho dos jogadores. Na presente revisão, considerando apenas os jogadores de futebol, fica evidente que em estado de fadiga mental os jogadores apresentam uma queda significativa no desempenho. Nesse cenário, destacam-se estudos que avaliaram a influência da fadiga mental e do esforço cognitivo no desempenho dos jogadores nas diferentes dimensões do jogo, sendo: dois (2) estudos que avaliaram a influência da fadiga mental no desempenho físico, um (1) estudo no desempenho técnico, sete (7) estudos no desempenho cognitivo e, sete (7) estudos que avaliaram mais de uma dimensão do jogo no mesmo artigo. Para tornar mais didática a compreensão do impacto do esforço cognitivo e da fadiga mental no desempenho dos jogadores, foram definidas subdivisões, considerando as dimensões física, técnica, tática e cognitiva do jogo. Abaixo, destacaremos os principais resultados dos estudos selecionados com base nessas dimensões.

Em relação aos efeitos da fadiga mental sobre o desempenho físico, é possível observar que os jogadores em estado de fadiga mental demonstram uma redução na distância total percorrida e apresentam uma menor média de velocidade em estágios que compreenderam velocidades mais baixas, como caminhada e corrida em baixa intensidade (Hogarth et al., 2015; Smith, Coutts, et al., 2016). Vale destacar que estes estudos não observam mudanças nas respostas fisiológicas dos jogadores (Smith, Coutts, et al., 2016), mas foram observadas alterações nas respostas subjetivas (e. g. índices de esforço percebido).

Esses resultados reforçam que o aumento da percepção subjetiva do esforço, reduz a performance física. Contudo, cabe ressaltar que as interpretações destes resultados estão centrados no modelo psicobiológico (Marcora, Staiano e Manning, 2009), segundo o qual pressupõe-se que a regulação consciente (tomada de decisão) do ritmo do exercício é

determinada pela motivação e pela percepção do esforço (Marcora et al., 2009). Esses 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 (Marcora et al., 2009).

Essas questões destacadas merecem ser mais bem exploradas, uma vez que, ao avaliar as respostas físicas em situações de jogos reduzidos, observa-se uma resposta contrária aos resultados relatados acima. Os resultados tem demonstrado que em jogos reduzidos ocorre um aumento no número de ações físicas, nos sprints repetidos (Badin et al. 2016) e na distância percorrida em velocidades mais altas (Kunrath et al. 2018). Esses resultados ocorrem, provavelmente, pela característica dinâmica dos jogos reduzidos, que permite maior liberdade aos jogadores para ajustarem seus esforços e modificarem o ritmo de jogo (Badin et al. 2016); isso porque que os jogadores conseguem adaptar seus comportamentos, não sendo exigidos até o máximo de sua tolerância ao exercício. Dessa forma, embora haja uma tendência para maiores índices de esforço percebido nas respostas subjetivas após o jogador entrar em estado de fadiga mental (Badin et al. 2016; Coutinho et al. 2017), os pressupostos do modelo psicobiológico, bem como a utilização de mediadas subjetivas, 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, Guilherme e Garganta et al. 2015) e não no esforço por si só, conforme preconiza o modelo psicobiológico (Pageaux, 2014).

Quanto ao desempenho técnico, os estudos avaliaram os efeitos da fadiga mental principalmente sobre os fundamentos de passe e chute (Alarcón et al., 2018; Badin et al., 2016; Smith, Frasen, et al., 2016). De modo geral, nas tarefas de passe verifica-se um maior número de penalizações cometidas por erros, menor precisão de passes perfeitos e maior número de erros nos alvos em estado de fadiga mental (Alarcón et al., 2018). Já no teste de chute, em estado de fadiga mental, houve uma diminuição na acurácia do chute e na velocidade da bola na finalização à baliza (Smith, Coutts, et al., 2016). Ao testar a hipótese que a fadiga mental causaria efeitos negativos no desempenho técnico em jogos reduzidos, Badin et al. (2016) verificou que os jogadores apresentaram um decréscimo na qualidade das ações técnicas como, na posse de bola (passes recebidos, interceptados e desarmes) e nos desarmes. De acordo com Smith et al. (2016), 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.

Sobre o desempenho cognitivo, observa-se, sobretudo, uma influência significativa do estado de fadiga mental e do esforço cognitivo em aspectos relacionados à tomada de decisão de jogadores de futebol, na percepção, nos níveis atencionais e no conhecimento tático acerca do jogo. Por exemplo, Smith et. al, (2016) verificou 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, 2006) e da eficiência do processamento das informações (van der Linden, Frese, & Meijman, 2003) tenha influenciado na tomada de decisão dos jogadores (Smith, Coutts, et al., 2016). Os resultados deste estudo também mostram impactos do estado de fadiga mental sobre a busca visual dos jogadores, causando efeitos negativos no tempo e na acurácia para tomar decisões. Tentando identificar como reduzir os efeitos deletérios da fadiga mental no processo de tomada de decisões de jogadores de futebol, Cardoso et al (2019) demonstrou que o conhecimento tático (processual e declarativo) sobre o jogo é um fator que favorece ao jogador tomar decisões com menor esforço cognitivo, reduzindo sua chance de entrar em estado de fadiga mental.

Por fim, em relação a dimensão tática, observa-se que os efeitos da fadiga mental influenciam negativamente as respostas táticas em nível coletivo e individual. Em nível coletivo, é possível notar uma menor sincronização lateral, velocidade de dispersão e de contração da equipe em jogos reduzidos na configuração de 6 vs 6 (Coutinho et al., 2017). Já em nível individual, Kunrath et al. (2018) demonstra que em estado de fadiga mental as ações relacionadas aos princípios táticos fundamentais de equilíbrio e unidade defensiva são prejudicados.

Os resultados dos trabalhos sobre esforço cognitivo e fadiga mental permitem reforçar a necessidade de um maior controle destas variáveis junto aos jogadores com intuito de reduzir os seus efeitos negativos no desempenho. Desta forma, demonstra-se importante que haja um controle do esforço cognitivo durante as tarefas (i. e. treinamentos, jogos, viagens, etc.) a fim de prevenir a entrada em um estado de fadiga mental. Contudo, quando o jogador se encontra em estado de fadiga mental, torna-se necessário buscar aumentar a velocidade na recuperação e reduzir seus efeitos.

Proposta de associação entre esforço cognitivo e fadiga mental e diretrizes para o trabalho futuro

Com o intuito de direcionar as pesquisas nesta temática, sugere-se investir na compreensão dos mecanismos relacionados com a fadiga mental e sua influência negativa no desempenho de jogadores de futebol. Para isso, é importante destacar que o mecanismo proposto por Smith et al. (2018) esclarecem aspectos importantes relacionados à fadiga mental. Smith et al. (2018) descreve os estímulos que contribuem para o jogador entrar em um estado de fadiga mental, os mecanismos envolvidos e as deficiências causadas por ele no futebol (para mais informações, ver Smith et al. (2018)). Contudo, ainda são necessários estudos que priorizem o controle das respostas comportamentais e fisiológicas nos testes cognitivos.

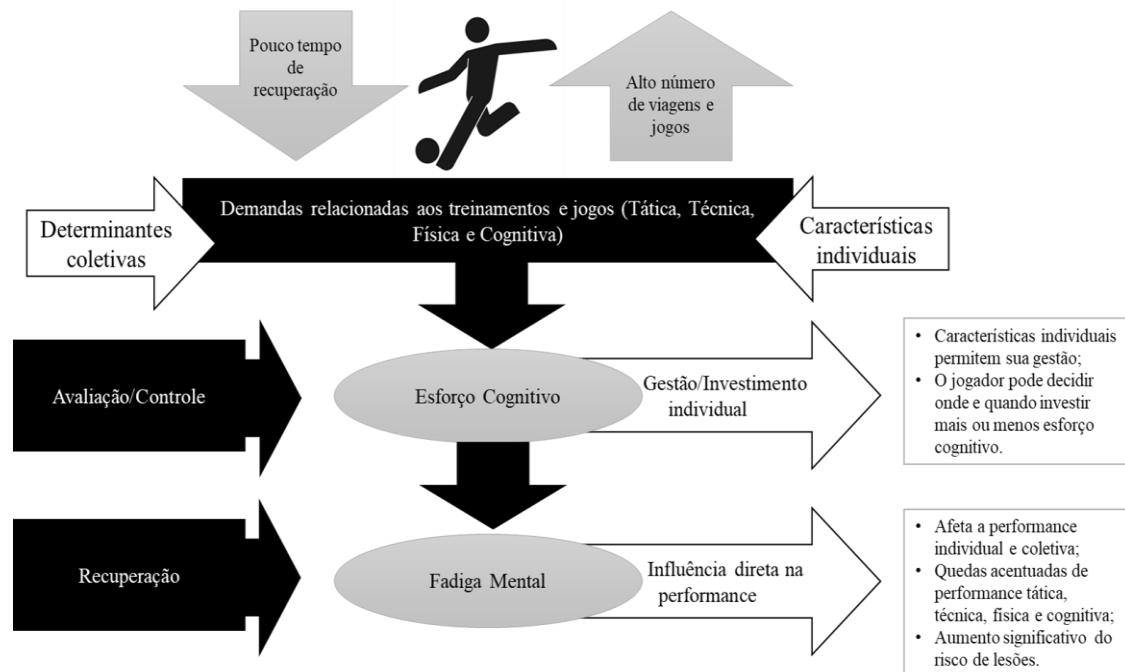
Isso se deve ao fato de boa parte dos estudos ainda apresentarem dificuldade em sistematizar e indicar como as tarefas realizadas (sejam elas *in vivo* ou *in situ*) se associam com as características (individuais e coletivas) dos jogadores e levam à ocorrência da fadiga mental. Tal fato, dificulta o controle e avaliação para o processo de recuperação da fadiga mental e, reduz nossa compreensão de formas para evitar a sua ocorrência. Mediante estas dificuldades, entendemos como necessária um direcionamento que vise auxiliar no processo de controle e de avaliação desta variável no contexto do futebol.

Na figura 3, com intuito de resumir e auxiliar na caracterização e na identificação dos fatores intervenientes ao estado de fadiga mental, apresentamos um esquema sobre como o esforço cognitivo pode estar associado a esse estado. Para isso, partimos do princípio de que as exigências dos treinamentos e jogos (física, técnica, tática e cognitiva), somadas ao elevado número de viagens e ao curto período de recuperação são fatores que contribuem para ocorrência de um estado de fadiga mental.

Assim, essas exigências apresentam em sua essencialidade uma carga cognitiva sempre intrínseca e inerente à atividade que o jogador realiza. Essa carga depende de dois aspectos: determinantes coletivas e das características individuais dos jogadores. Em relação às determinantes coletivas, destacam-se: as exigências durante os treinamentos/jogos, a cobrança de performance, as interações com os companheiros de equipe, organização coletiva da equipe e a habilidade tática). Para as características individuais dos jogadores, pode-se destacar os aspectos relacionados com: o nível de conhecimento sobre o jogo, o nível de habilidade técnica, a capacidade física, entre outras. Como é intrínseca em cada atividade, a carga cognitiva pode ser naturalmente gerida

pelos jogadores; a gestão dessa carga leva a um esforço cognitivo, na qual o jogador direciona recursos cognitivos importantes para resolução dos problemas.

**Figura 3.** Fatores intervenientes ao estado de fadiga mental



Por sua vez, o esforço cognitivo é um aspecto que depende prioritariamente do jogador, já que a tarefa é pré-existente e ele deve resolvê-la. O jogador é livre para investir mais ou menos esforços cognitivos na resolução da tarefa, frente ao seu interesse e necessidade (van der Wel & van Steenbergen, 2018). A literatura tem apontado que o esforço cognitivo pode ser avaliado e controlado; para tanto, diversos instrumentos e técnicas de avaliação têm sido desenvolvidas, a saber: medidas objetivas (comportamentais e fisiológicas) e subjetivas (para uma revisão, ver Meshkati et al., (1995)). Avaliar e controlar o esforço cognitivo a partir dessas medidas parece ser importante no futebol, uma vez que, se o jogador não conseguir controlar e gerenciar bem o investimento do esforço cognitivo, pode entrar em estado de fadiga mental.

Isso acontece porque a fadiga mental está associada diretamente ao grau de investimento do esforço cognitivo (i. e. agudo ou crônico), durante as seções de treinamento e nos jogos, somado ao intervalo de recuperação dos jogadores (que normalmente é reduzido). Na figura 3 é possível observar que o estado de fadiga mental é o estado final do processo. Nesse estado surgem os principais prejuízos nas performances individuais e coletivas, além de aumentar substancialmente o risco de

lesões dos jogadores. A fadiga mental passa a ser entendida, então, como uma condição prejudicial que deve ser evitada ou, no mínimo, deve-se tentar reduzir os prejuízos causados por ela e acelerar a recuperação dos jogadores.

Neste sentido, a gestão da carga cognitiva, a avaliação e o controle do esforço cognitivo são importantes aspectos a serem considerados nos treinamentos, nos jogos e durante o processo de recuperação dos jogadores. Contudo, é necessário que se aprofundem as pesquisas no sentido de identificar as reais associações entre o estado de fadiga mental, o esforço cognitivo e suas influências no desempenho dos jogadores de futebol. Além disso, estudos devem ser realizados com intuito de identificar as principais formas de mensuração para o controle e avaliação do esforço cognitivo/estado de fadiga mental no contexto do futebol.

Espera-se que a partir desse direcionamento ocorra um substancial avanço no controle e avaliação das etapas que antecedem a ocorrência do estado de fadiga mental no futebol com intuito de maximizar o controle destas variáveis e evitar que os jogadores entrem em estado de fadiga mental e tenham seu desempenho diminuído.

## **Referências**

- Alarcón, F., Castillo-Díaz, A., Madinabeitia, I., Castillo-Rodríguez, A., & Cárdenas, D. (2018). La carga mental deteriora la precisión del pase en jugadores de fútbol. *Revista de Psicología Del Deporte*, 27(2), 155–164.
- Alarcón, F., & Ureña, N. (2017). La fatiga mental deteriora el rendimiento en el tiro libre en baloncesto. *Revista de Psicología Del Deporte*, 26(Suppl. 1), 33–36.
- Badin, O., Smith, M., Conte, D., & Coutts, A. (2016). Mental fatigue impairs technical performance in small-sided soccer games. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
- Bengtsson, H., Ekstrand, J., Waldén, M., & Häggglund, M. (2018). Muscle injury rate in professional football is higher in matches played within 5 days since the previous match: A 14-year prospective study with more than 130 000 match observations. *British Journal of Sports Medicine*, 52(17), 1116–1122. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097399>
- Benoit, C.-E., Solopchuk, O., Borragán, G., Carbonnelle, A., Van Durme, S., & Zénon, A. (2019). Cognitive task avoidance correlates with fatigue-induced performance decrement but not with subjective fatigue. *Neuropsychologia*, 123, 30–40.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.06.017>
- Boksem, M. A. S., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2006). Mental fatigue, motivation and action monitoring. *Biological Psychology*, 72, 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.08.007>
- Boksem, M., & Tops, M. (2008). Mental fatigue: costs and benefits. *Brain Research Reviews*, 59(1), 125–139. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.07.001>
- Botvinick, M., Braver, T., & Barch, D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108(3), 624–652. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.108.3.624>
- Calleja-Gonzalez, J., Marques-Jimenez, D., Jones, M., Huyghe, T., Navarro, F., Delextrat, A., Jukic, I., Ostojic, S. M., Sampaio, J. E., Schelling, X., Alcaraz, P. E., Sanchez-Bañuelos, F., Leibar, X., Mielgo-Ayuso, J., & Terrados, N. (2020). What are we doing wrong when athletes report higher levels of fatigue from traveling than from training or competition? *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00194>
- Cardoso, F. S. L., González-Víllora, S., Guilherme, J., & Teoldo, I. (2019). Young soccer players with higher tactical knowledge display lower cognitive effort. *Perceptual and Motor Skills*, 126(3), 499–514. <https://doi.org/10.1177/0031512519826437>
- Clemente Suárez, V. J., Muñoz, V. E., & Martínez, A. (2011). Fatiga del sistema nervioso después de realizar un test de capacidad de sprints repetidos (RSA) en jugadores de fútbol de categoría juvenil. *Apunts Medicina de l'Esport*, 46(172), 177–182. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2011.04.003>
- Coutinho, D., Gonçalves, B., Travassos, B., Wong, D. P., Coutts, A. J., & Sampaio, J. E. (2017). mental fatigue and spatial references impair soccer players' physical and tactical Performances. *Frontiers in Psychology*, 8(September). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01645>
- Coutinho, D., Gonçalves, B., Wong, D. P., Travassos, B., Coutts, A. J., & Sampaio, J. (2018). Exploring the effects of mental and muscular fatigue in soccer players' performance. *Human Movement Science*, 58(October 2017), 287–296. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.03.004>
- De la Vega, R., Almeida, M., Ruiz, R., Miranda, M., & del Valle, S. (2011). Entrenamiento atencional aplicado en condiciones de fatiga en fútbol. *Revista Internacional De Medicina Y Ciencias De La Actividad Fisica Y Del Deporte*, 11(42), 384–406.

- Faubert, J. (2013). Professional athletes have extraordinary skills for rapidly learning complex and neutral dynamic visual scenes. *Scientific Reports*, 3(1), 1154.
- Gantois, P., Caputo Ferreira, M. E., Lima-Junior, D. de, Nakamura, F. Y., Batista, G. R., Fonseca, F. S., & Fortes, L. de S. (2019). Effects of mental fatigue on passing decision-making performance in professional soccer athletes. *European Journal of Sport Science*, 0(0), 1–10. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1656781>
- Goncalves, B., Coutinho, D., Travassos, B., Folgado, H., Caixinha, P., & Sampaio, J. (2018). Speed synchronization, physical workload and match-to-match performance variation of elite football players. *PLOS ONE*, 13(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200019>
- Hogarth, L. W., Burkett, B. J., & McKean, M. R. (2015). Neuromuscular and perceptual fatigue responses to consecutive tag football matches. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(5), 559–565. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0355>
- Job, R., & Dalziel, J. (2001). Defining fatigue as a condition of the organism and distinguishing it from habituation, adaptation, and boredom. In P. A. Hancock (Ed.), *Stress, workload, and fatigue*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Kunrath, C. A., Cardoso, F., Nakamura, F. Y., & Teoldo, I. (2018). Mental fatigue as a conditioner of the tactical and physical response in soccer players: a pilot study. *Human Movement*, 19(3), 16–22. <https://doi.org/10.5114/hm.2018.76075>
- Le Mansec, Y., Pageaux, B., Nordez, A., Dorel, S., & Jubeau, M. (2018). Mental fatigue alters the speed and the accuracy of the ball in table tennis. *Journal of Sports Sciences*, 36(23, SI), 2751–2759. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1418647>
- Lee, T. D., Swinnen, S. P., & Serrien, D. J. (1994). Cognitive effort and motor learning. *Quest*, 46(3), 328–344. <https://doi.org/10.1080/00336297.1994.10484130>
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 857–864. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91324.2008>
- Marcora, S., & Staiano, W. (2010). The limit to exercise tolerance in humans: Mind over muscle? *European Journal of Applied Physiology*, 109(4), 763–770. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1418-6>
- Martin, K., Meeusen, R., Thompson, K. G., Keegan, R., & Rattray, B. (2018). Mental fatigue impairs endurance performance: a physiological explanation. *Sports Medicine*, 48(9), 2041–2051. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40279-018->

0946-9

- Matthews, G., Campbell, S., & Falconer, S. (2001). Assessment of motivational states in performance environments. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 906–910.
- Naito, E., & Hirose, S. (2014). Efficient foot motor control by Neymar's brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00594>
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2013). Recovery in soccer. *Sports Medicine*, 43(1), 9–22.
- Nozaki, S., Tanaka, M., Mizuno, K., Ataka, S., Mizuma, H., Tahara, T., Sugino, T., Shirai, T., Eguchi, A., & Okuyama, K. (2009). Mental and physical fatigue-related biochemical alterations. *Nutrition*, 25(1), 51–57.
- Pageaux, B. (2014). The psychobiological model of endurance performance: An effort-based decision-making theory to explain self-paced endurance performance. *Sports Medicine*, 11–12. <https://doi.org/10.1038/nrn2497.123>
- Pageaux, B., Lepers, R., Dietz, K. C., & Marcora, S. M. (2014). Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*, 114(5), 1095–1105. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2838-5>
- Pullinger, S. A., Bradley, P. S., Causer, J., Ford, P. R., Newlove, A., Patel, K., Reid, K., Robertson, C. M., Burniston, J. G., Doran, D. A., Waterhouse, J. M., & Edwards, B. J. (2019). Football-induced fatigue in hypoxia impairs repeated sprint ability and perceptual-cognitive skills. *Science and Medicine in Football*, 3(3), 221–230. <https://doi.org/10.1080/24733938.2019.1591633>
- Roca, A., Williams, A. M., & Ford, P. R. (2012). Developmental activities and the acquisition of superior anticipation and decision making in soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1643–1652. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.701761>
- Russell, S., Jenkins, D., Smith, M., Halsone, S., & Kelly, V. (2019). The application of mental fatigue research to elite team sport performance: New perspectives. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(6), 723–728. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.12.008>
- Schiphof-Godart, L., Roelands, B., & Hettinga, F. J. (2018). Drive in sports: How mental fatigue affects endurance performance. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01383>

- Sepahvand, H., Jahromi, G. P., Sahraei, H., & Meftahi, G. H. (2017). Studying the perceptive and cognitive function under the stress of match in female futsal players. *Asian Journal of Sports Medicine*, 8(4). <https://doi.org/10.5812/asjasm.14315>
- Smith, M. R., Coutts, A. J., Merlini, M., Deprez, D., Lenoir, M., & Marcora, S. M. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(2), 267–276.
- Smith, M. R., Frasen, J., Deprez, D., Lenoir, M., & Aaron, J. (2016). Impact of mental fatigue on speed and accuracy components of soccer-specific skills skills. *Science and Medicine in Football*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1252850>
- Smith, M. R., Thompson, C., Marcora, S. M., Skorski, S., Meyer, T., & Coutts, A. J. (2018). Mental fatigue and soccer: Current knowledge and future directions. *Sports Medicine*, 48(7), 1525–1532. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0908-2>
- Smith, M. R., Zeuwts, L., Lenoir, M., Hens, N., De Jong, L. M. S., & Coutts, A. J. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1297–1304.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 12(2), 257–285. <http://proxy-remote.galib.uga.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=1989-15124-001&site=eds-live&scope=cite>
- Thompson, C. J., Fransen, J., Skorski, S., Smith, M. R., Meyer, T., Barrett, S., & Coutts, A. J. (2019). Mental fatigue in football: Is it time to shift the goalposts? An evaluation of the current methodology. *Sports Medicine*, 49(2), 177–183. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1016-z>
- Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The effects of mental fatigue on physical performance: a systematic review. *Sports Medicine*, 47(8), 1569–1588.
- van der Linden, D., Frese, M., & Meijman, T. F. (2003). Mental fatigue and the control of cognitive processes: Effects on perseveration and planning. *Acta Psychologica*, 113(1), 45–65. [https://doi.org/10.1016/S0001-6918\(02\)00150-6](https://doi.org/10.1016/S0001-6918(02)00150-6)
- van der Wel, P., & van Steenbergen, H. (2018). Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1–11. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1432-y>
- Verguts, T., Vassena, E., & Silvetti, M. (2015). Adaptive effort investment in cognitive

and physical tasks: a neurocomputational model. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9(March). <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00057>

Vickers, J. N., & Williams, A. M. (2017). The role of mental processes in elite sports performance. *Oxford Research Encyclopedia of Psychology*, 1, 1–25. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190236557.013.161>

Zemková, E., & Hamar, D. (2009). The effect of soccer match induced fatigue on neuromuscular performance. *Kinesiology*, 41(2), 195–202

# Capítulo II

## Artigo Experimental 1

---

**Artigo Experimental 1: Este capítulo foi submetido como artigo original  
para a revista: Humam Movement Science**

## **I.2 Avaliação do esforço cognitivo no futebol: Uma visão sobre as medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas e sua relação com o desempenho tático em jovens jogadores de futebol**

Felippe da S.L. Cardoso; Varley Costa; Filipe Casanova; Israel Teoldo

### **Resumo**

Este estudo teve os seguintes objetivos: verificar se as medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas se correlacionam e se tais medidas são representativas para a avaliação do esforço cognitivo no futebol; realizar uma análise discriminante para verificar quais medidas do esforço cognitivo (medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas) são mais representativas para caracterizar a eficiência do comportamento tático no futebol. A amostra foi composta por 93 jovens jogadores de futebol masculino, com idade média de  $13,94 \pm 1,08$  anos. Para avaliação das medidas subjetivas, recorreu-se à utilização do NASA-TLX, para avaliação das medidas comportamentais foi utilizado o desempenho em uma tarefa de tomada de decisão; para a avaliação das medidas fisiológicas foi utilizado a avaliação do comportamento pupilar durante a tarefa de tomada de decisão; para verificar a eficiência do comportamento tático, recorreu-se a utilização do FUT-SAT. Em relação ao primeiro objetivo, os resultados apontam que entre as três medidas avaliadas existe correlação apenas entre a medida fisiológica e comportamental, sendo esta moderada e negativa. Já para o segundo objetivo, verificou-se que as medidas fisiológicas e comportamentais, respectivamente, apresentam maior representatividade para a avaliação do esforço cognitivo e caracterização da eficiência do comportamento tático em jovens jogadores de futebol. Conclui-se que a medida fisiológica é a mais precisa para a avaliação do esforço cognitivo no futebol e apresenta maior representatividade na caracterização da eficiência do comportamento tático.

**Palavras-Chave:** Cognição; esforço cognitivo, tomada de decisão; tática

## **Introdução**

Cada tarefa que realizamos necessita do investimento de recursos cognitivos para sua execução (Botvinick et al., 2001; Verguts et al., 2015); entretanto, a capacidade de utilização desses recursos cognitivos é limitada nos seres humanos (Miller, 1956; van der Wel & van Steenbergen, 2018). Assim, quando a exigência dos recursos cognitivos para execução de uma tarefa ultrapassa a capacidade de utilização dos recursos disponíveis, a velocidade e efetividade do processamento de informações são afetadas negativamente, ocasionando um maior número de erros nas tomadas de decisões (para mais informações ver, van der Wel & van Steenbergen, 2018). A relação entre a exigência e a capacidade de utilização dos recursos cognitivos para tomada de decisão determina o esforço cognitivo necessário para sua realização (Klingner et al., 2011). O esforço cognitivo é assim definido por Lee et al. (1994, p. 329) como sendo “[...] a quantidade de trabalho mental envolvido nas tomadas de decisões.”. Assim, utilizar mais recursos cognitivos para execução de uma tarefa implica um maior esforço cognitivo (van der Wel & van Steenbergen, 2018)

Estudos recentes têm apontado vantagens na realização de tarefas mais complexas com menor esforço cognitivo (Cardoso, González-Víllora, Guilherme, & Teoldo, 2019; Joshi, Li, Kalwani, & Gold, 2016; van der Wel & van Steenbergen, 2018). Esse fato se justifica, uma vez que, quando os indivíduos necessitam investir menos esforço cognitivo para a tomada de decisão, eles tendem a apresentar uma atividade cortical reduzida em comparação com os indivíduos que necessitam investir mais esforço cognitivo, sendo portanto mais econômicos na utilização dos recursos cognitivos (Naito & Hirose, 2014). Essa economia de recursos cognitivos, possibilita aos indivíduos dedicarem mais atenção a aspectos como, formulação de hipóteses, processamento das informações, reconhecimento de padrões e busca da informações (Klingner et al., 2011). Além do mais, apresentar menor esforço cognitivo durante as tarefas pode reduzir as possibilidades dos indivíduos entrarem em estado de fadiga mental e apresentarem queda no desempenho (Cardoso et al., 2019; Smith et al., 2018). Dessa forma, mediante a importância do esforço cognitivo, pesquisadores têm buscado desenvolver procedimentos e ferramentas que permitam avaliar essa variável em diferentes domínios e áreas do conhecimento (Naito & Hirose, 2014; van der Wel & van Steenbergen, 2018; Westbrook & Braver, 2015).

A literatura tem indicado que a avaliação do esforço cognitivo pode ser realizada a partir da utilização de medidas objetivas e subjetivas (Meshkati et al., 1995). Entre as

medidas objetivas se destacam as medidas comportamentais e fisiológicas (van der Wel & van Steenbergen, 2018). As medidas comportamentais são pautadas no pressuposto de que qualquer aumento na dificuldade da tarefa vai levar a um aumento na exigência cognitiva; o que irá, conseqüentemente, diminuir o desempenho na tarefa em questão (Laeng et al., 2011; Scharfen & Memmert, 2019). Essa classe de medida é subdividida em: a) *medição de tarefa secundária*, mensurada a partir da inclusão de uma atividade secundária para avaliar a interferência desta na tarefa primária e, b) *medição de tarefa primária*, feita a partir da medição direta do desempenho na tarefa em questão (Craven et al., 2006). No presente estudo, focaremos na medição de tarefas primárias, uma vez que ao considerar esse tipo de medida, assume-se que o aumento e a manutenção de um elevado esforço cognitivo gera perdas significativas na capacidade de processamento e, conseqüentemente, uma queda de rendimento na tarefa realizada (Tsang & Velazquez, 1996).

Ainda sobre as medidas objetivas, outra forma bastante difundida de avaliação do esforço cognitivo é a partir de medidas fisiológicas. Para essa classe de medida, pressupõe-se que o esforço cognitivo pode ser representado a partir de respostas fisiológicas do organismo, principalmente respostas oriundas do sistema nervoso autônomo (diâmetro pupilar, foco do presente estudo; pressão arterial sistólica; variabilidade da frequência cardíaca; sudorese; entre outros) (para saber mais ver, van der Wel & van Steenbergen, 2018). Dessa forma, o aumento da pressão sistólica, da sudorese do diâmetro pupilar e a redução da variabilidade da frequência cardíaca, indicam um maior esforço cognitivo (van der Wel & van Steenbergen, 2018).

Já entre as medidas subjetivas, tem sido usual a utilização de questionários e escalas multifatoriais de avaliação (Rubio et al., 2004). A avaliação baseada em medidas subjetivas assume que a utilização de recursos cognitivos está ligada ao esforço percebido e pode ser adequadamente avaliada e indicada pelos indivíduos (Kurzban et al., 2013). Questionários e escalas subjetivas como o NASA-TLX (*NASA Task Load Index*) (Hart & Staveland, 1988); SWAT (*Subjective Workload Assessment Technique*) (Reid & Nygren, 1988); VAS (*Visual Analogue Scale*) (Price et al., 1983); *Workload Profile* (Tsang & Velazquez, 1996) tem apresentado uma ampla aceitação na literatura, com destaque para a utilização do NASA-TLX, por ser uma escala multifatorial (Alarcón et al., 2018).

Todas as três medidas supracitadas apresentam vantagens e desvantagens em sua aplicação e na interpretação dos resultados (Craven et al., 2006). Em relação às medidas objetivas (i.e. medidas comportamentais e fisiológicas), a literatura preconiza que os

resultados são muito precisos em termos de avaliação do esforço cognitivo (Reyna & Brainerd, 2011). Contudo, elas só apresentam maior confiabilidade em testes de controle laboratorial, a fim de evitar ruídos nas leituras e interpretações dos dados referentes ao esforço cognitivo durante as tarefas (Reyna & Brainerd, 2011). Sendo assim, pode-se, por exemplo, no futebol, avaliar os jogadores em tarefas laboratoriais e, na sequência, verificar por meio de outros indicadores coletados em situação de jogos e treinamentos, as associações entre estas variáveis (Alnaes et al., 2014; Cardoso et al., 2019). Evidências têm apontado que tarefas de controle laboratorial são confiáveis quanto a sua transferência para a realização das tarefas reais (i.e., jogos e treinamentos) (Cardoso et al., 2019).

Por sua vez, as medidas subjetivas vem se tornando populares na avaliação do esforço cognitivo e têm sido amplamente utilizadas em diversas áreas de estudo (Rubio et al., 2004). As razões para o uso frequente das medidas subjetivas incluem as suas vantagens práticas (facilidade de implementação e método não invasivo), o baixo custo de aplicação, além, da literatura suportar a sua confiabilidade em fornecer medidas sensíveis do esforço cognitivo (Alarcón et al., 2018; Rubio et al., 2004). Contudo, ainda existem algumas críticas sobre a utilização das medidas subjetivas na análise do esforço cognitivo, no contexto do futebol (Ayres, 2006; Paas et al., 2003). Algumas destas críticas, apontam que os pressupostos teóricos para a elaboração das escalas utilizadas, por vezes, não atendem às especificidades da modalidade (Leppink et al., 2013). Assim, para avaliar o esforço cognitivo em tarefas específicas do futebol, o desenvolvimento de questionários e escalas de medidas subjetivas precisam de um suporte teórico com um embasamento mais específico, a fim de garantir maior confiabilidade da informação. Diferentemente, a utilização de medidas diretas (i.e. comportamentais e fisiológicas) ocorrem por meio de testes e equipamentos específicos (independente da área e do construto teórico) - como visto anteriormente - e podem ser consideradas indicadores mais efetivos para avaliação do esforço cognitivo, independentemente da situação ou área de investigação (van der Wel & van Steenbergen, 2018).

Apesar de todas as medidas de avaliação do esforço cognitivo destacadas anteriormente serem amplamente utilizadas e validadas na literatura, ainda é necessário verificar qual dessas medidas são mais adequadas para avaliação do esforço cognitivo no futebol. Cabe então a este trabalho buscar responder a algumas questões que ainda permeiam a avaliação do esforço cognitivo no futebol. Para isso, este trabalho teve dois objetivos, o primeiro consiste em verificar se as medidas fisiológicas, comportamentais e

subjetivas se correlacionam e são representativas para avaliação do esforço cognitivo no futebol. O segundo objetivo, consiste em realizar uma análise discriminante, para verificar quais medidas do esforço cognitivo (medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas) são mais representativas para caracterizar a eficiência do comportamento tático no futebol.

## **Métodos**

### *Participantes*

Participaram do estudo 93 jogadores de futebol do sexo masculino das categorias de base de equipes de Futebol do Brasil, com média de idade de  $13,94 \pm 1,08$  anos. Como critério de inclusão, todos os jogadores deveriam realizar treinamentos com, no mínimo, cinco sessões semanais de 1h e 30 min e participar de competições de âmbito nacional e/ou internacional. O software G\*Power 3.1.9.4® foi usado para estimar o tamanho mínimo da amostra seguindo os procedimentos descritos por Faul, Erdfelder, Buchner e Lang (2007). O G\*Power permite que os usuários especifiquem certos valores a priori e, em seguida, calcule o tamanho da amostra necessário para alcançá-los. O post hoc Power calculado por meio do software apresentou um valor de 0,98, superior ao sugerido pela literatura (Faul et al., 2007).

Os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, informando estarem cientes de sua participação na pesquisa. Os menores de 18 anos assinaram um termo de assentimento e os seus responsáveis legais assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os procedimentos da pesquisa foram conduzidos de acordo com as normas estabelecidas pela Resolução do Conselho Nacional de Saúde (466/2012) e pelo tratado de Ética de Helsinque para pesquisas realizadas com seres humanos. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisas com seres humanos (Nº 43585115.1.0000.5153).

### Tarefas

#### Tarefa de vídeo – Avaliação laboratorial

A tarefa de vídeo foi composta por 60 cenas contendo ações de jogos de futebol 11 contra 11, projetadas em um telão, com duração entre 5 e 8 segundos cada. Experimentos utilizando esse protocolo já foram publicados (Larkin et al., 2014). Durante

o experimento foram apresentadas todas as 60 sequências de vídeo, onde as cenas eram pausadas e a imagem da tela ocluída momentos antes da realização de uma ação do portador da bola (120 milissegundos antes da ação). Assim que o vídeo era pausado, o avaliado estava instruído a responder “o que o portador da bola deveria fazer?” naquele momento. As respostas eram fornecidas em um iPad, versão 8.2 (12D508), onde os participantes deveriam marcar a ação técnica que o jogador deveria realizar, desenhando uma letra inicial correspondente às seguintes opções: a) passe; b) condução de bola; ou c) finalização (P, passe; C, condução e F, finalização) e, na sequência, deveriam desenhar uma seta apontando a direção da ação escolhida. Os participantes tiveram um intervalo de 5 segundos (cronometrados) para cada resposta. Caso a opção fosse um passe, o avaliado deveria circular qual jogador receberia o passe. Posteriormente, tanto a letra inicial como a seta foram conferidas e avaliadas de acordo com o gabarito de respostas previamente definido por peritos (Larkin et al., 2014).

Todo o protocolo experimental foi realizado em um ambiente fechado sem interferência externa e com sonorização (máximo de 25 dB) e luminosidade controladas (variação menor do que 07 lux). Para o início do experimento os participantes ficavam posicionados em pé à 2,5 m do telão em uma região previamente demarcada. Antes de iniciar a tarefa experimental, os procedimentos do teste eram devidamente explicados e os avaliados realizaram ensaios, no qual, três cenas de teste eram apresentadas antes da realização do experimento. Os ensaios eram realizados a fim de garantir a familiaridade com o protocolo experimental. As cenas de vídeo do teste foram apresentadas aos participantes via projeção, em uma tela de projeção retrátil (TES – TRM 150V com superfície de projeção do tipo “Matte White”), com as seguintes medidas 4,00 X 3,00 m. As cenas de vídeos foram projetadas com a utilização de um projetor HD (Epson Powerlite® X14) acoplado ao teto, com resolução XGA de 2,0X2,0 m.

#### Eficiência do Comportamento Tático – Avaliação *in situ*

Para coleta dos dados de eficiência do comportamento tático dos jogadores foi utilizado o Sistema de Avaliação Tático no Futebol – FUT-SAT (Teoldo et al., 2011). O Sistema de Avaliação Tática no Futebol - FUT-SAT permite avaliar a eficiência do comportamento tático dos jogadores a partir da análise de suas ações táticas com e sem bola. O FUT-SAT utiliza como referências para as análises os princípios táticos fundamentais do jogo de futebol, levando em consideração cinco princípios para a fase

ofensiva do jogo e cinco princípios da fase defensiva (para mais informações, ver Teoldo et al., 2015).

O teste de campo que compõe esse instrumento foi realizado em um campo de 36 metros de comprimento por 27 metros de largura. Para a realização deste teste os praticantes foram divididos em equipes, com três jogadores de linha e um goleiro (GR-3 vs. 3-GR), sendo que cada equipe contava com 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. Foram concedidos 30 segundos para a familiarização dos jogadores com o teste; em seguida, foi aplicado o teste com duração de 4 minutos, conforme recomendado no protocolo original (para mais informação ver, Teoldo et al., 2011). Antes da realização do FUT-SAT, os jogadores foram instruídos a não ingerir cafeína 24 horas antes do teste, não realizar atividades vigorosa e não participar de jogos oficiais por um período de 72 horas antes da realização do protocolo experimental.

Para análise dos dados de eficiência do comportamento tático, foram seguidos os procedimentos propostos por Teoldo et al. (2011). A análise dos dados foi realizada por um avaliador treinado e, posteriormente, foi realizada a fiabilidade por mais dois avaliadores. Os valores de confiabilidade entre as avaliações foi de 97% com índice Kappa de 0,92, superior ao exigido pela literatura (Landis & Koch, 1977).

#### *Medidas de avaliação do esforço cognitivo*

##### Medida Comportamental – Medição de tarefa primária

Para avaliação das medidas comportamentais, levou-se em consideração os resultados (em percentual de acertos) durante a tarefa de vídeo. Para pontuação, cada cena consistia no total de 2 pontos, sendo 1 ponto para a ação técnica correta e 1 ponto para a direção da ação correta. Todas as análises foram comparadas junto ao painel de pontuação do teste. As pontuações obtidas foram tabuladas em uma planilha de Excel para Windows® 2016, para serem posteriormente tratadas.

##### Medida Fisiológica – Comportamento pupilar

Para avaliação das medidas fisiológicas relacionadas com o esforço cognitivo, foi utilizada a técnica de pupilometria durante a tarefa de vídeo. O tamanho da pupila foi registrado continuamente a uma taxa de 60 vezes por segundo (60Hz) utilizando o *Mobile Eye Tracking-XG* (Applied Science Laboratories, Bedford, MA, EUA). O *Mobile Eye*

*Tracking-XG* é um instrumento utilizado para verificar o rastreamento ocular móvel que permite mensurar a visão central e o comportamento pupilar do indivíduo, através de um sistema de câmeras acopladas em um par de óculos. Esse equipamento age detectando dois aspectos, a reflexão da pupila e da córnea, determinada pela reflexão de uma fonte de luz infravermelha na superfície da córnea, exibida em uma imagem de vídeo do olho (Wilson et al., 2009). Após a preparação do ambiente, o *Mobile Eye Tracking - XG* era ajustado e o procedimento de calibração de 9 pontos realizado junto aos avaliados.

As medições do diâmetro pupilar foram realizadas durante a tarefa, em que se consideraram os valores da variabilidade do diâmetro pupilar (diferenças entre os valores basais e o pico de dilatação em cada uma das cenas) durante as 60 cenas do teste. Os dados basais do diâmetro pupilar foram avaliados em tela com fundo preto e ponto branco e, na sequência, em tela de fundo branco com ponto preto a fim de identificar a real medida basal do diâmetro pupilar; o registro dessa medida foi feito e relatado antes de iniciar o protocolo experimental. Foi realizado um rigoroso controle no ambiente para evitar interferências que pudessem provocar alterações do diâmetro pupilar, sendo controladas as taxas de luminosidade entre as cenas, a distância e as movimentações da cabeça dos avaliados. Os resultados foram processados através do software GazeTraker®, permitindo a medição do tamanho da pupila e a sincronização com a tarefa de vídeo. As medidas do diâmetro da pupila foram posteriormente tratadas no Excel para Windows® 2016. Dados perdidos ou não registrados pelo *software* foram excluídos da análise. Nenhum indivíduo ou ensaio foi eliminado devido à perda excessiva de dados.

#### Medida Subjetiva – Carga mental

O NASA Task Load Index (NASA-TLX) (Hart & Staveland, 1988) reflete a quantidade de esforço demandado na tarefa. Este instrumento possui formato multidimensional de medida da carga de trabalho e é amplamente utilizado para avaliar a carga de trabalho subjetiva. As escalas de natureza multidimensional fornecem uma análise mais aprofundada de muitos aspectos da carga de trabalho que as escalas unidimensionais não fornecem. Na escala multidimensional são utilizadas seis dimensões para avaliar a carga de trabalho: 1) Exigência Mental; 2) Exigência Física; 3) Exigência Temporal; 4) Desempenho; 5) Esforço e 6) Nível de Frustração. Quinze sequências em escala bipolar foram utilizadas para obter as classificações destas dimensões. O teste exigiu ao avaliado escolher qual dimensão é mais relevante para a carga de trabalho em

uma determinada tarefa em todos os pares das seis dimensões. Uma pontuação de 0 a 100 foi obtida de acordo com o nível de participação na tarefa em cada uma das dimensões (para mais informações, ver Hart & Staveland, 1988).

O NASA-TLX foi preenchido pelos jogadores logo após os mesmos finalizarem cada uma das tarefas (i. e. in situ e in vitro). Para evitar falhas experimentais com falta de familiarização com a escala, os jogadores tiveram 1 mês de familiarização a fim de garantir melhor compreensão e fidedignidade de resposta. As pontuações foram tabuladas em uma planilha de Excel para Windows® 2016, para serem posteriormente tratadas.

#### *Desenho experimental, procedimentos e análise estatística*

O desenho experimental deste trabalho se divide em dois momentos a partir dos objetivos: 1) análise da correlação entre as medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas; 2) análise discriminante para identificar a medida com maior representatividade para caracterizar a eficiência do comportamento tático no futebol. Abaixo são descritos os procedimentos realizados para atender a cada um dos objetivos propostos.

#### Análise da correlação entre as medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas

Para esta avaliação, os jogadores realizaram um teste de vídeo (avaliação *in vitro*) específico para o futebol. Durante o teste foram coletados dados de desempenho (medida comportamental) e as medidas do comportamento pupilar (medida fisiológica); após o teste os jogadores responderam o NASA-TLX (medida subjetiva) para avaliação da carga de trabalho e do esforço cognitivo dispendido nesta tarefa. Posteriormente, os dados foram analisados e tabulados para análise.

Foram realizadas análises estatísticas descritivas para verificar as médias e desvios-padrões dos dados. No que diz respeito à normalidade e homogeneidade das variâncias, nenhuma violação foi encontrada. O teste de correlação de Pearson foi utilizado para verificar a correlação entre as medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas. Os valores de referência para correlação se situam em: fraca (abaixo de 0,30); moderada (entre 0,31 e 0,60); forte (0,61 a 0,90); e muito forte (acima de 0,91) (Pagano & Gauvreau, 2018).

Análise discriminante para identificar a medida com maior representatividade para caracterizar a eficiência do comportamento tático no futebol

Para esta análise, os dados referentes às medidas de desempenho na tarefa (medida comportamental) e o comportamento pupilar (medida fisiológica) foram mantidos da avaliação *in vitro*, visto que estas medidas, para serem fidedignas devem ser controladas em contextos laboratoriais a fim de evitar ruídos e, conseqüentemente enviesar os resultados obtidos (Alnaes et al., 2014; Cardoso et al., 2019). Por sua vez, foi realizada uma avaliação referente à eficiência do comportamento tático dos jogadores através do FUT-SAT (avaliação *in situ*), na qual os jogadores participavam de jogos na configuração Goleiro+3 vs. 3+Goleiro, durante 4 minutos (para saber mais sobre os procedimentos e validação do teste, ver Teoldo et al., 2011). Após o teste os jogadores responderam o NASA-TLX (medida subjetiva) para avaliação da carga de trabalho e do esforço cognitivo dispendido nesta tarefa. Posteriormente, os dados foram tabulados para análise.

Para esta análise, estatísticas descritivas foram utilizadas para verificar a média e desvio-padrão dos dados. A normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificadas, e nenhuma violação foi notada. Após análise descritiva dos dados, os jogadores foram divididos em dois grupos (Maior e Menor) de acordo com a eficiência do comportamento tático. Nessa divisão, foram agrupados, 46 jogadores (49.5%) com maior eficiência do comportamento tático (Média: 89,72, Desvio Padrão: 5,97) e, 47 jogadores (50.5%) com menor eficiência do comportamento tático (Média: 72,44, desvio Padrão: 5,83). Os dois grupos foram utilizados nas análises subsequentes do estudo.

Para testar as diferenças entre os jogadores com maior e menor eficiência do comportamento tático, utilizou-se o  $T^2$  de Hotteling. Já o teste t de Student para medidas independentes foi aplicado para comparar e identificar as medidas de avaliação de esforço cognitivo (medida comportamental, fisiológica e subjetiva) que diferenciaram significativamente os grupos com maior e menor eficiência do comportamento tático. Nessa análise, o tamanho do efeito foi representado pelos valores de d de Cohen, cujos parâmetros de referência são: efeito insignificante ( $d < 0,19$ ), efeito pequeno (d entre 0,20 e 0,49), efeito médio (d entre 0,50 e 0,79), efeito grande (d entre 0,80 e 1,29) e efeito muito grande ( $d > 1,30$ ) (Rosenthal, 1996).

Considerando apenas as variáveis que foram estatisticamente significativas no teste t de Student para medidas independentes, uma análise da forward stepwise da função discriminante (FD) foi empregada para identificar o menor conjunto de variáveis que

maximizaram as diferenças entre os grupos. Finalmente, os resultados da matriz de classificação revelaram quão precisa essas variáveis foram na recuperação do agrupamento original de todos os sujeitos. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados através do software SPSS 24.0 e o nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

## Resultados

*Análise da correlação entre as medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas*

A tabela 1 apresenta os valores de correlação entre as medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas.

**Tabela 1:** Correlação entre as medidas Fisiológica, Comportamental e Subjetiva.

	<b>Medida Fisiológica</b>	<b>Medida Comportamental</b>	<b>Medida Subjetiva</b>
<b>Medida Fisiológica</b>	-		
p-value	-		
<b>Medida Comportamental</b>	<b>- ,789</b>	-	
p-value	<b>&lt;,001*</b>	-	
<b>Medida Subjetiva</b>	- ,116	,048	-
p-value	,267	,672	-

\*Diferenças significativas ( $p < 0,05$ )

É possível observar que existe uma correlação moderada e negativa apenas entre as medidas fisiológicas e comportamentais. Esse resultado sugere que um maior diâmetro pupilar (medida fisiológica) implica queda de desempenho na tarefa de vídeo (medida comportamental). Não foram verificadas correlações entre as medidas subjetivas e as demais.

*Análise discriminante para identificar a medida com maior representatividade para caracterizar a eficiência do comportamento tático no futebol*

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva. Em geral, os jogadores com maior eficiência do comportamento tático (ECT), apresentaram menor média de diâmetro pupilar (medida fisiológica) e maior percentual de acerto nas tarefas de tomada de decisão (medida comportamental). O teste multivariado para analisar as diferenças entre os grupos com maior e menor ECT e as medidas do esforço cognitivo foi estatisticamente

significante, Hotelling  $T^2=298,65$ ,  $p<,001$ . O teste t de Student indicou que duas das três variáveis utilizadas para mensurar o esforço cognitivo apresentaram diferenças significativas entre os grupos, sendo elas as medidas fisiológicas e comportamentais (vide tabela 2). O resultado indica que a medida subjetiva utilizada não foi significativa para discriminar o esforço cognitivo como uma medida representativas para o ECT.

**Tabela 2:** Comparação entre os grupos com maior e menor Eficiência do Comportamento Tático (ECT) e as medidas do esforço cognitivo.

Variáveis	Maior ECT (N=46)	Menor ECT (N=47)	Test-t	p	d
Medida Fisiológica*	5,83±0,73	7,08±0,80	-7,915	< ,001	2,098
Medida Comportamental*	75,24±12,64	63,23±13,50	4,424	< ,001	0,488
Medida Subjetiva	84,41±8,34	80,25±12,91	1,804	,069	0,029

\*Diferenças significativas ( $p<0,05$ )

A Tabela 3 apresenta os principais resultados do *forward stepwise (DF)* e mostra que entre as duas variáveis selecionadas na tabela 2 (como as principais dentro do conjunto de variáveis para avaliação do esforço cognitivo) a que melhor discrimina os grupos com maior e menor ECT é a medida fisiológica. A ordem de importância é medida fisiológica seguida por medida comportamental.

**Tabela 3:** Resumo das etapas do *forward stepwise* da função discriminante.

Variáveis	Wilks's Lambda	Approx. F-Ratio	p
Medidas Fisiológicas*	,823	69,645	< ,001
Medidas Comportamentais*	,592	19,576	< ,001

\*Diferenças significativas ( $p<0,05$ )

A partir dos resultados da matriz de classificação (Tabela 4), é possível observar que a medida fisiológica (avaliada a partir do comportamento pupilar) e a medida comportamental (avaliada a partir do percentual de acerto na tarefa) em conjunto são capazes de classificar corretamente um percentual de 77,40% dos jogadores de acordo com a ECT. Dessa forma, observa-se uma relação importante entre a ECT e o esforço cognitivo. O percentual de classificações de 77,40%, foi confirmado pelo método de *Jackknife leave-oneout*. Entre as duas medidas, uma representatividade maior é observada por parte da medida fisiológica, como visto na tabela 3.

**Tabela 4:** Matriz de classificação de maior e menor eficiência do comportamento tático (ECT) de jovens jogadores de futebol brasileiros.

Variáveis	Maior ECT	Menor ECT	% correct
Maior ECT	35	10	76,10%
Menor ECT	11	37	78,70%
Total	46	47	77,40%

### Discussão

Este estudo teve dois objetivos: o primeiro consistiu em verificar se as medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas se correlacionam e são representativas para avaliação do esforço cognitivo no futebol. Já o segundo objetivo buscou realizar uma análise discriminante, para verificar quais medidas do esforço cognitivo (medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas) são mais representativas para caracterizar a eficiência do comportamento tático no futebol. Em relação ao primeiro objetivo, os resultados apontam que entre as três medidas, existe correlação apenas entre as medidas fisiológicas e comportamentais, sendo esta moderada e negativa. Para o segundo objetivo, os resultados sugerem que, para a amostra avaliada, as medidas comportamentais e fisiológicas apresentam maior representatividade para a avaliação do esforço cognitivo e caracterização da eficiência do comportamento tático em jovens jogadores de futebol; o destaque maior é dado às medidas fisiológicas, avaliadas a partir do comportamento pupilar. A seguir apresentamos algumas informações pormenorizadas para cada um dos objetivos.

Análise da correlação entre as medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas

Em relação à análise da correlação entre as medidas fisiológica, comportamental e subjetiva, os resultados indicaram uma correlação moderada e negativa entre as medidas fisiológica e comportamental, contudo não foi observada correlação entre a medida subjetiva e as demais.

A correlação moderada e negativa entre a medida fisiológica e comportamental corrobora algumas evidências recentes na literatura acerca do esforço cognitivo e da relação entre o comportamento pupilar e o desempenho em tarefas específicas (Cardoso et al., 2019; Unsworth & Robison, 2015; van der Wel & van Steenbergen, 2018). Foi

possível observar uma relação direta entre o diâmetro da pupila (medida fisiológica) e o nível de efetividade na tarefa de tomada de decisão (medida comportamental). Assim, nessa análise, os jogadores que apresentam melhor desempenho na tarefa de tomada de decisão, manifestam uma menor média na dilatação pupilar, indicando que demandam menos esforço cognitivo para tomada de decisão.

Em relação à medida subjetiva, não foi observada uma correlação com as demais medidas de avaliação do esforço cognitivo. Cabe destacar que este fato pode estar associado a alguns pontos específicos. O primeiro ponto tem relação com a característica complexa de avaliações que dependem exclusivamente de auto relato; assim, ao adotar as medidas subjetivas como critério de avaliação do esforço cognitivo, supõe-se que os avaliados são capazes de refletir sobre seus processos cognitivos e avaliar, especificamente, a quantidade de esforço cognitivo usado durante essas tarefas (Ayes, 2006). Evidências práticas consideráveis têm apoiado essa hipótese, já que medidas subjetivas foram observadas e avaliadas como confiáveis e, por vezes, até tão sensíveis quanto as medidas fisiológicas (ver, Paas & Van Merriënboer, 1994). Entretanto, encontrar evidências científicas na literatura para apoiar essa suposição tem sido um problema (Paas & Van Merriënboer, 1994), ainda mais ao se considerar que as escalas de avaliação são desenvolvidas baseadas em construtos teóricos específicos. Assim, sua representatividade em uma área pode ser diferente de outras, trazendo problemas de interpretação (Paas & Van Merriënboer, 1994). Dessa perspectiva, o NASA-TLX pode ser adequado para avaliar a carga de esforço cognitivo em algumas áreas, mas, de acordo com nossos resultados não aparenta ser sensível para essa avaliação com jovens jogadores de futebol.

Outro ponto, diz respeito ao tempo de familiarização com o instrumento em questão: utilizar escalas subjetivas pressupõe tempo de adaptação. Jogadores jovens, como os da amostra deste estudo, podem ter problemas neste tipo de entendimento, mesmo ocorrendo um período de adaptação prévio (Paas & Van Merriënboer, 1993). Isso acontece justamente pela dificuldade que se tem em dissociar as demandas do jogo (i. e. físico, mental, temporal, entre outros). Nesse ponto, reforça-se a vantagem da avaliação baseada em medidas objetivas e capazes de indicar de maneira mais assertiva essa particularidade (Leppink et al., 2013).

De fato, com base nos resultados obtidos, a utilização de medidas subjetivas para avaliação do esforço cognitivo no futebol deve ser analisada de uma maneira mais criteriosa. Neste trabalho, por exemplo, o fato de não haver correlação das medidas

subjetivas com as medidas comportamentais e fisiológicas também pode estar associado à característica da tarefa em si, uma vez que as medidas subjetivas para avaliação e controle tendem a ser mais representativas em tarefas mais ecológicas, neste caso, na prática do futebol em campo (Paas & van Merriënboer, 1994b, 1994a). Dessa forma, a tarefa em laboratório pode não se aproximar em termos de percepção do esforço cognitivo de uma tarefa prática, como o treinamento ou jogo, sendo portanto necessárias investigações complementares para corroborar tal evidência (vide objetivo 2 deste trabalho).

De modo geral, mesmo a literatura reforçando que as medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas são as principais formas de avaliação do esforço cognitivo (van der Wel & van Steenbergen, 2018; Westbrook & Braver, 2015), o presente estudo indica que a utilização de medidas comportamentais e fisiológicas devem ser priorizadas; já as medidas subjetivas devem ser analisadas de forma mais cautelosa antes de sua utilização. Assim, identificar quais as escalas atendem a especificidade do futebol passa a ser um ponto importante, evitando que ocorram erros de interpretação e, principalmente, no controle dessa variável.

*Análise discriminante para identificar a medida com maior representatividade para caracterizar a eficiência do comportamento tático no futebol*

A fim de atender ao segundo objetivo deste trabalho, foi realizada uma análise discriminante, para verificar quais medidas do esforço cognitivo (medidas fisiológicas, comportamentais e subjetivas) são mais representativas para caracterizar a eficiência do comportamento tático no futebol. Os resultados sugerem que as medidas fisiológicas e comportamentais atendem aos requisitos e, portanto, são consideradas mais representativas para avaliação do esforço cognitivo no futebol. Além do mais, os resultados indicam que as medidas comportamentais e principalmente fisiológicas são parâmetros importantes para avaliação do esforço cognitivo e um indicativo importante para caracterizar a eficiência do comportamento tático.

Para esse objetivo, fica evidente que, para apresentar uma maior eficiência do comportamento tático, os jogadores (em tarefas laboratoriais) apresentam um menor diâmetro pupilar (medida fisiológica) e um maior desempenho na tarefa (medida comportamental). Esses resultados são corroborados por estudos recentes acerca do esforço cognitivo (Cardoso et al., 2019; Shenhav et al., 2017). Na maior parte dos estudos

que investiga a relação entre o esforço cognitivo e as medidas fisiológicas e comportamentais, fica evidente que uma menor dilatação da pupila e um melhor desempenho na tarefa indicam um menor esforço cognitivo demandado em sua realização (para uma revisão ver, van der Wel & van Steenbergen, 2018). Tal fato, em termos cognitivos, é um fator importante para os jogadores de futebol, pois, ao empregarem um menor esforço cognitivo para tomada de decisões, mesmo tendo de responder às outras demandas do jogo (i. e. físicas, técnicas, táticas e psicológicas) eles tendem a suportar mais essas demandas, simplesmente pelo fato de seu cérebro ser mais eficiente para atender as especificidades do futebol (Cardoso et al., 2019; Naito & Hirose, 2014). Além do mais, essa maior eficiência é um fator que favorece um melhor desempenho (Naito & Hirose, 2014).

Sobre a maior representatividade das medidas fisiológicas, um estudo recente tem apontado para associações importantes entre o esforço cognitivo e a eficiência do comportamento tático (Cardoso et al., 2019). Esse estudo sugere a importância do controle dessa variável por meio de medidas fisiológicas (comportamento pupilar) mesmo em contexto laboratorial. A partir dos resultados obtidos, é possível sustentar que a construção de escalas subjetivas para análise do esforço cognitivo necessita ser repensada à luz das características e particularidades do futebol (Paas & Van Merriënboer, 1994). Tal fator pode favorecer substancialmente a forma de se avaliar e controlar essa variável no contexto do futebol, bem como auxiliar no aprofundamento sobre suas influências sobre o comportamento e desempenho de jogadores.

#### *Comentários gerais e direcionamentos*

De modo geral, os resultados são específicos ao apontar que as medidas objetivas, comportamentais e fisiológicas são mais representativas e confiáveis para avaliação do esforço cognitivo no futebol. Cabe destacar que a utilização dessas medidas são importantes e podem refletir variações do esforço cognitivo encontradas durante a tarefa (van der Wel & van Steenbergen, 2018). Em relação à medida comportamental, evidências na literatura corroboram os resultados (Cegarra & Chevalier, 2008). Ao assumirmos que a aprendizagem é dificultada quando a capacidade de memória de trabalho está sobrecarregada, uma queda no desempenho na tarefa pode ser atribuída a um aumento no esforço cognitivo total (Debue & Leemput, 2014). Dessa forma, avaliar o esforço cognitivo por meio dessa medida parece adequado quando ocorre em um

ambiente controlado e com utilização de uma tarefa específica que permita esse tipo de avaliação (Cegarra & Chevalier, 2008). Assim, apesar de apresentar uma melhor precisão na avaliação no decorrer da tarefa, os métodos baseados em desempenho são intrusivos e podem ter interferência direta a depender da situação experimental (Debue & Leemput, 2014). Além disso, eles são difíceis de avaliar em situações de aprendizagem real fora do laboratório, como no contexto do treino de futebol, na qual, outros fatores, individuais e coletivos influenciam no desempenho.

Por sua vez, as medidas fisiológicas que identificamos como sendo a de maior representatividade para avaliação do esforço cognitivo em tarefas específicas no futebol levam em consideração que variações de carga cognitiva podem ser refletidas em parâmetros fisiológicos (van der Wel & van Steenbergen, 2018). Ao contrário das medidas subjetivas e comportamentais, esses métodos fornecem uma medição com um alto grau de sensibilidade (Leppink et al., 2013). Até o presente momento, não há consenso na literatura sobre quais parâmetros devem ser monitorados para refletir melhor as mudanças no esforço cognitivo (Debue & Leemput, 2014). Contudo, evidências recentes apontam que o comportamento pupilar tem sido uma das principais medidas utilizadas (Cardoso et al., 2019; van der Wel & van Steenbergen, 2018), corroborando os resultados obtidos neste trabalho. A utilização do comportamento pupilar como um indicador do esforço cognitivo tem sido cada vez mais explorada em pesquisas na área do esporte; isso pode estar relacionado com a democratização (redução do preço e maior velocidade em processar dados) dos dispositivos de rastreamento ocular (para uma revisão profunda de métodos e medidas, ver Holmqvist et al., 2011). Além do mais, o comportamento pupilar está sob controle do sistema nervoso autônomo e não pode ser controlado voluntariamente pelo sujeito, garantindo uma maior taxa de fidedignidade na avaliação dos dados de esforço cognitivo (Alnaes et al., 2014). Contudo, para utilizar essas medidas, uma série de controles (relativos à tarefa e ao ambiente de coleta) devem ser rigorosamente seguidos, uma vez, que o comportamento pupilar é extremamente sensível às variações de luminância e sonorização (Schaefer et al., 1968). Desta forma, é necessário aptidão por parte do pesquisador na hora de tratar os dados e excluir os ruídos de leitura, focando apenas nas informações que estão associadas especificamente com a resposta de esforço cognitivo durante a tarefa.

Por fim, nossos resultados apresentam um contraponto às evidências encontradas na literatura acerca da avaliação do esforço cognitivo através de escalas subjetivas (Ayres, 2006; Kurzban et al., 2013; Leppink et al., 2013). Observamos, que para a amostra

considerada neste estudo, as medidas subjetivas não são representativas para avaliação do esforço cognitivo, resultados já discutidos neste trabalho. Entretanto, é importante destacar que, apesar desses resultados, seria um equívoco desconsiderar o NASA-TLX e outros instrumentos de avaliação subjetiva como um recurso importante de avaliação do esforço cognitivo. Reiteramos, contudo, que a utilização do NASA-TLX como recurso único para controle do esforço cognitivo não aparenta ser um indicador sensível o suficiente, sendo necessárias, portanto, avaliações complementares, que podem ser feitas a partir das medidas objetivas. Provavelmente, com mais tempo de aplicação e adaptação dos avaliados em relação a sua capacidade de auto relatos acerca do esforço cognitivo, os erros de interpretação e resposta podem diminuir e, conseqüentemente, os valores de correlação com as demais medidas podem aumentar.

Com base nessas três medidas de esforço cognitivo, suas características, pontos positivos e negativos, sugerimos que a escolha do método de avaliação do esforço cognitivo seja criteriosamente analisada por parte do pesquisador/avaliador/treinador. Isso pode garantir maior assertividade no processo de avaliação do esforço cognitivo. Além do mais, cabe destacar a importância cada vez maior do esforço cognitivo no contexto do futebol, reforçando ainda mais a necessidade de avaliação desta variável por instrumentos de medidas adequados. Investigações futuras, visando avaliar as associações entre fadiga mental e esforço cognitivo com base em medidas fisiológicas parecem ser um passo interessante a ser dado na construção do conhecimento.

Destacamos ainda que estudos complementares com outras medidas fisiológicas de resposta autonômica, mensuradas durante as sessões de treino, como por exemplo a frequência cardíaca (e respostas relacionadas à esta), podem servir de parâmetro para avaliação do esforço cognitivo. Para isso, são necessários estudos sobre como utilizar estas medidas e como o grau de resposta dessas medidas pode responder adequadamente sobre a demanda do esforço cognitivo, permitindo assim o controle desta variável no treinamento e jogo.

### *Limitações*

Algumas limitações deste estudo devem ser destacadas: a primeira diz respeito à pequena variabilidade acerca da categoria etária dos avaliados, o que nos impede de generalizar os nossos resultados. Outro ponto diz respeito à seleção das variáveis e instrumentos de avaliação para as medidas (subjetivas, comportamentais e fisiológicas),

uma vez que foram utilizados alguns de maior aceitação e relevância na literatura. Contudo, existem outras técnicas e instrumentos de avaliação que podem ser levados em consideração, assim, estudos complementares são necessários.

### Referências:

- Alarcón, F., Castillo-Díaz, A., Madinabeitia, I., Castillo-Rodríguez, A., & Cárdenas, D. (2018). La carga mental deteriora la precisión del pase en jugadores de fútbol. *Revista de Psicología Del Deporte*, 27(2), 155–164.
- Alnaes, D., Sneve, M. H., Espeseth, T., Endestad, T., van de Pavert, S. H. P., & Laeng, B. (2014). Pupil size signals mental effort deployed during multiple object tracking and predicts brain activity in the dorsal attention network and the locus coeruleus. *Journal of Vision*, 14(4), 1–1. <https://doi.org/10.1167/14.4.1>
- Ayres, P. (2006). Using subjective measures to detect variations of intrinsic cognitive load within problems. *Learning and Instruction*, 16(5), 389e400. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.09.001>
- Botvinick, M., Braver, T., & Barch, D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108(3), 624–652. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.108.3.624>
- Cardoso, F. S. L., González-Víllora, S., Guilherme, J., & Teoldo, I. (2019). Young soccer players with higher tactical knowledge display lower cognitive effort. *Perceptual and Motor Skills*, 126(3), 499–514. <https://doi.org/10.1177/0031512519826437>
- Cegarra, J., & Chevalier, A. (2008). The use of Tholos software for combining measures of mental workload: Toward theoretical and methodological improvements. *Behavior Research Methods*, 40(4), 988–1000.
- Craven, P. L., Belov, N., Tremoulet, P., Thomas, M., Berka, C., Levendowski, D., & Davis, G. (2006). Cognitive workload gauge development: comparison of real-time classification methods. *Foundations of Augmented Cognition*, 75–84.
- Debue, N., & Leemput, C. van de. (2014). What does germane load mean ? An empirical contribution to the cognitive load theory. *Frontier in Psychology*, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01099>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G\* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191.

- Hart, S. G., & Staveland, L. . (1988). Development of NASA-TLX (Task Load; Index): Results of empirical and theoretical resear. In *Human mental workload* (N. Meshkat, pp. 139–183).
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. OUP Oxford.
- Joshi, S., Li, Y., Kalwani, R. M., & Gold, J. I. (2016). Relationships between pupil diameter and neuronal activity in the locus coeruleus, colliculi, and cingulate cortex. *Neuron*, 89(1), 221–234. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.11.028>
- Klingner, J., Tversky, B., & Hanrahan, P. (2011). Effects of visual and verbal presentation on cognitive load in vigilance, memory, and arithmetic tasks. *Psychophysiology*, 48(3), 323–332. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01069.x>
- Kurzban, R., Duckworth, A., Kable, J. W., & Myers, J. (2013). An opportunity cost model of subjective effort and task performance. *Behavioral and Brain Sciences*, 36(6), 661–679. <https://doi.org/10.1017/S0140525X12003196>
- Laeng, B., Ørbo, M., Holmlund, T., & Miozzo, M. (2011). Pupillary stroop effects. *Cognitive Processing*, 12(1), 13–21. <https://doi.org/10.1007/s10339-010-0370-z>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Larkin, P., Mesagno, C., Berry, J., & Spittle, M. (2014). Development of a valid and reliable video-based decision-making test for Australian football umpires. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(5), 552–555. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.08.001>
- Lee, T. D., Swinnen, S. P., & Serrien, D. J. (1994). Cognitive effort and motor learning. *Quest*, 46(3), 328–344. <https://doi.org/10.1080/00336297.1994.10484130>
- Leppink, J., Paas, F., & Vleuten, C. P. M. Van Der. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, 45(4), 1058–1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>
- Meshkati, N., Hancock, P. A., Rahimi, M., & Dawes, S. M. (1995). Techniques in mental workload assessment. In *Evaluation of human work: A practical ergonomics methodology*, 2nd ed. (pp. 749–782). Taylor & Francis.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limites on out capacity for processing information. *Psychological Review*, 65(2), 81–97. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1037/h0043158>

- Naito, E., & Hirose, S. (2014). Efficient foot motor control by Neymar's brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00594>
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologis*, 38(1), 1–4. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801\\_1](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1)
- Paas, F., & van Merriënboer, J. (1994a). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills*, 79(1), 419–430. <https://doi.org/10.2466/pms.1994.79.1.419>
- Paas, F., & van Merriënboer, J. (1994b). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86(1), 122.
- Paas, F., & Van Merriënboer, J. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. *Human Factors*, 35(4), 737–743.
- Paas, F., & Van Merriënboer, J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills*, 79(1), 419–430.
- Pagano, M., & Gauvreau, K. (2018). *Principles of biostatistics*. Chapman and Hall/CRC.
- Price, D. D., McGrath, P. A., Rafii, A., & Buckingham, B. (1983). The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. *Pain*, 17(1), 45–56. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(83\)90126-4](https://doi.org/10.1016/0304-3959(83)90126-4)
- Reid, G. B., & Nygren, T. E. (1988). The subjective workload assessment technique: a scaling procedure for measuring mental workload. *Human Mental Workload-Advances in Psychology*, 52, 185–218. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62387-0](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62387-0)
- Reyna, V. F., & Brainerd, C. J. (2011). Dual processes in decision making and developmental neuroscience: A Fuzzy-Trace model. *Developmental Review: DR*, 31(2–3), 180–206. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2011.07.004>
- Rosenthal, J. A. (1996). Qualitative descriptors of strength of association and effect Size. *Journal of Social Service Research*, 21(4), 37–59. [https://doi.org/10.1300/J079v21n04\\_02](https://doi.org/10.1300/J079v21n04_02)
- Rubio, S., Díaz, E., Martín, J., & Puente, J. M. (2004). Evaluation of subjective mental workload: A comparison of SWAT, NASA-TLX, and Workload Profile Methods. *Applied Psychology*, 53(1), 61–86. <https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.2004.00161.x>

- Schaefer, T., Ferguson, J. B., Klein, J. A., & Rawson, E. B. (1968). Pupillary responses during mental activities. *Psychonomic Science*, 12(4), 137–138. <https://doi.org/10.3758/BF03331236>
- Scharfen, H. E., & Memmert, D. (2019). Measurement of cognitive functions in experts and elite athletes : A meta - analytic review. *Applied Cognitive Psychology, Special Inssue*, 1–18. <https://doi.org/10.1002/acp.3526>
- Shenhav, A., Musslick, S., Lieder, F., Kool, W., Griffiths, T. L., Cohen, J. D., & Botvinick, M. M. (2017). Toward a rational and mechanistic account of mental effort. *Annual Review of Neuroscience*, 40(1), 99–124. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-072116-031526>
- Smith, M. R., Thompson, C., Marcora, S. M., Skorski, S., Meyer, T., & Coutts, A. J. (2018). Mental fatigue and soccer: Current knowledge and future directions. *Sports Medicine*, 48(7), 1525–1532. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0908-2>
- Teoldo, I., Guilherme, J., & Garganta, J. (2015). Training football for smart playing: On tactical performance of teams and players. *Appris*.
- Teoldo, Israel, Garganta, J., Greco, P., Mesquita, I., & Maia, J. (2011). System of tactical assessment in Soccer (FUT-SAT): Development and preliminary validation. *Motricidade*, 7(1), 69–84. [https://doi.org/10.6063/motricidade.7\(1\).121](https://doi.org/10.6063/motricidade.7(1).121)
- Tsang, P. S., & Velazquez, V. L. (1996). Diagnosticity and multidimensional subjective workload ratings. *Ergonomics*, 39(3), 358–381. <https://doi.org/10.1080/00140139608964470>
- Unsworth, N., & Robison, M. K. (2015). Individual differences in the allocation of attention to items in working memory: Evidence from pupillometry. *Psychonomic Bulletin and Review*, 22(3), 757–765. <https://doi.org/10.3758/s13423-014-0747-6>
- van der Wel, P., & van Steenbergen, H. (2018). Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1–11. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1432-y>
- Verguts, T., Vassena, E., & Silvetti, M. (2015). Adaptive effort investment in cognitive and physical tasks: a neurocomputational model. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9(March). <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00057>
- Westbrook, A., & Braver, T. S. (2015). Cognitive effort: A neuroeconomic approach. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 15(2), 395–415. <https://doi.org/10.3758/s13415-015-0334-y>
- Wilson, M. R., Vine, S. J., & Wood, G. (2009). The influence of anxiety on visual

attentional control in basketball free throw shooting. *Journal of Sport & Exercise Physiology*, 31, 152–168.

# Capítulo III

## Artigo Experimental 2

---

**Artigo Experimental 2: Este capítulo foi submetido como artigo original para a revista: Science and Medicine in Football**

### **I.3 Como o esforço cognitivo e a fadiga mental afetam o desempenho em jogos reduzidos e em tarefas laboratoriais?**

Felippe da S.L. Cardoso; José Afonso; Israel Teoldo

#### **Resumo**

A alta exigência de quantidade, qualidade e rapidez na tomada de decisões no futebol, afeta a forma de gerenciamento do esforço cognitivo e pode levar o jogador a um estado de fadiga mental. Este fato pode comprometer a execução de comportamentos táticos e desempenho físico, fisiológico e cognitivo. No entanto, não há evidências de como o esforço cognitivo e a fadiga mental influenciam nesses aspectos. O presente estudo teve por objetivo avaliar como o esforço cognitivo e a fadiga mental influenciam o desempenho tático, físico e cognitivo de jogadores de futebol em jogos reduzidos e em tarefas laboratoriais. A amostra foi composta por 12 jogadores de futebol universitário. Os jogadores realizaram tarefas de jogo reduzido (FUT-SAT) e laboratorial (TacticUP) em situação controle e após indução de fadiga mental por meio do teste de interferência de Stroop. O esforço cognitivo foi avaliado através da pupilometria durante realização do Stoop task. Para análises estatísticas foram considerados os comparativos entre as situações controle e experimental e a subdivisão dos jogadores em grupos que demandavam mais ou menos esforço cognitivo Stoop task. Os resultados indicam que em estado de fadiga mental, os jogadores apresentaram queda significativa no desempenho em jogos reduzidos nas variáveis: eficiência do comportamento tático, capacidades físicas/fisiológicas e, em tarefas laboratoriais: tempo de resposta. Observa-se também que os jogadores que demandam maior esforço cognitivo durante o Stroop task, foram mais afetados negativamente em suas performances, indicando que o esforço cognitivo é um fator condicionante e potencializador nas quedas de desempenho associadas ao estado de fadiga mental.

**Palavras-Chave:** Futebol, fadiga cognitiva, esforço cognitivo, desempenho.

## **Introdução**

A fadiga mental tem sido amplamente investigada no contexto do futebol (Badin et al., 2016; Hogarth et al., 2015; Johnson et al., 2018; Kunrath et al., 2018; Kunrath, Nakamura, et al., 2020; Smith, Coutts, et al., 2016). As principais evidências desses estudos apontam que, em estado de fadiga mental, os jogadores apresentam uma queda acentuada na performance física (Hogarth et al., 2015; Smith, Coutts, et al., 2016) e técnica (Alarcón et al., 2018; Smith, Coutts, et al., 2016). Mais recentemente, as pesquisas também demonstraram que essa queda de performance afeta também os aspectos táticos (Coutinho et al., 2017; Kunrath et al., 2018; Kunrath, Nakamura, et al., 2020) e cognitivos (Gantois et al., 2019).

Conceitualmente, a fadiga mental é entendida 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 et al., 2009). Os principais pressupostos que explicam os mecanismos que levam a perda de performance quando os jogadores entram em estado de fadiga mental estão centralizadas no modelo psicobiológico (Kunrath, Nakamura, et al., 2020; Marcora et al., 2009). Esse modelo considera que a regulação consciente (tomada de decisão) do ritmo do exercício seria determinada pela motivação e, sobretudo, pela percepção subjetiva do esforço (Kunrath, Cardoso, et al., 2020; Pageaux et al., 2014).

Apesar dos mecanismos da fadiga mental estarem estabelecidos na literatura (Smith et al., 2018), algumas questões ainda necessitam ser avaliadas a luz da ciência. Uma destas questões diz respeito ao papel de estruturas que podem estar associadas diretamente ao estado de fadiga mental, como por exemplo o esforço cognitivo (Cardoso et al., 2019). O esforço cognitivo é definido como o trabalho mental necessário para as tomadas de decisões (Lee 1994). Estudos considerando esta variável em contextos de tomada de decisão com baixa complexidade tem indicado que o investimento de esforço cognitivo nas tarefas tem uma relação direta com a performance, ou seja, investir mais esforço cognitivo leva a uma performance superior (van der Wel & van Steenbergen, 2018; Westbrook & Braver, 2015). Entretanto, no futebol, devido à imprevisibilidade, ao alto nível de complexidade e ao grande número de decisões que devem ser tomadas, esse alto investimento cognitivo, se for crônico, pode trazer prejuízos no decorrer da partida (Kunrath, Nakamura, et al., 2020). Um estudo recente demonstrou que jogadores que possuem maior conhecimento tático declarativo e processual demandam menos esforço

cognitivo para tomarem decisões (Cardoso et al., 2019). Os resultados desse estudo, bem como outras evidências mais recentes levam a uma reflexão importante sobre como o esforço cognitivo pode impactar na performance dos jogadores e como ele pode estar associado ao estado de fadiga mental.

Uma das hipóteses sobre a relação entre o esforço cognitivo e o estado de fadiga mental leva em consideração que durante os treinos e jogos de futebol, os jogadores devem tomar um elevado número de decisões sob pressão de tempo e espaço (Roca et al., 2012; Vickers & Williams, 2017). Dessa forma, para cada decisão tomada, uma determinada carga cognitiva é exigida (Sweller, 1988), levando os jogadores a investir muito esforço cognitivo em inúmeras situações, para que a decisão tomada seja a adequada (Botvinick et al., 2001; Verguts et al., 2015). Como normalmente a exigência desse esforço cognitivo se mantém elevada ao longo do tempo, induz a ocorrência de uma sobrecarga no processamento das informações na memória de trabalho (van der Wel & van Steenbergen, 2018). Essa sobrecarga está associada à capacidade limitada do cérebro em processar um elevado número de recursos cognitivos por um longo período. Assim, quando a quantidade de recursos cognitivos exigidos pela tarefa ultrapassa a capacidade de contingenciamento suportado pelo cérebro, o processamento de informações é afetado negativamente (van der Wel & van Steenbergen, 2018). Dessa forma, a sobrecarga cognitiva muito alta e o tempo de recuperação reduzido podem levar o jogador a um estado de fadiga mental, ocasionando um maior número de erros nas tomadas de decisões e queda de performance esportiva (Smith et al., 2018).

De modo geral, importante salientar que, apesar das evidências já destacadas da influência da fadiga mental na performance de jogadores de futebol, são necessários mais estudos que controlem o efeito do esforço cognitivo e sua relação com o estado de fadiga mental (Cardoso et al., 2019; Kunrath et al., 2020). Isso porque boa parte dos estudos ainda apresentam dificuldade em sistematizar e indicar como o esforço cognitivo exigido durante as tarefas realizadas (sejam elas em situações de jogo ou em avaliações laboratoriais) se associam às características (individuais e coletivas) dos jogadores e, induzem a ocorrência do estado de fadiga mental (Cardoso et al., 2019; Westbrook & Braver, 2015). Por conta dessa dificuldade, direcionamentos sobre o controle e avaliação do processo de recuperação da fadiga mental, até mesmo para evitar a sua ocorrência, ainda são desconhecidos (Kunrath et al., 2020).

Assim, alguns pontos precisam ser considerados, entendidos e avaliados em relação a este fenômeno (Smith et al., 2018). Dessa forma, o presente estudo teve por

objetivo avaliar como o esforço cognitivo e a fadiga mental influenciam o desempenho tático, físico e cognitivo de jogadores de futebol em jogos reduzidos e em tarefas laboratoriais. A partir desse objetivo, espera-se que, além de reforçar as evidências acerca do papel negativo da fadiga mental na performance dos jogadores de futebol, este trabalho possa apresentar uma perspectiva sobre como o esforço cognitivo pode estar associado à ocorrência do estado de fadiga mental e, conseqüentemente, a sua relação com a queda de performance.

## **Métodos**

### **Amostra**

Participaram do estudo 12 jogadores de futebol universitário do sexo masculino, com média de idade de  $22,91 \pm 2,11$  anos. O post hoc Power foi calculado usando o software G\*Power 3.1.9.4®, indicando um valor de 0,89. Como critério de inclusão, todos os jogadores deveriam realizar treinamentos sistematizados no futebol, com no mínimo de três sessões semanais, e participar de competições universitárias em âmbito estadual e/ou nacional.

Os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido informando estarem cientes de sua participação na pesquisa. Todos os procedimentos da pesquisa foram conduzidos de acordo com as normas estabelecidas pela Resolução do Conselho Nacional de Saúde (466/2012) e pelo tratado de Ética de Helsinque para pesquisas realizadas com seres humanos. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisas com seres humanos (CAAE, No. 01903818.7.0000.5153).

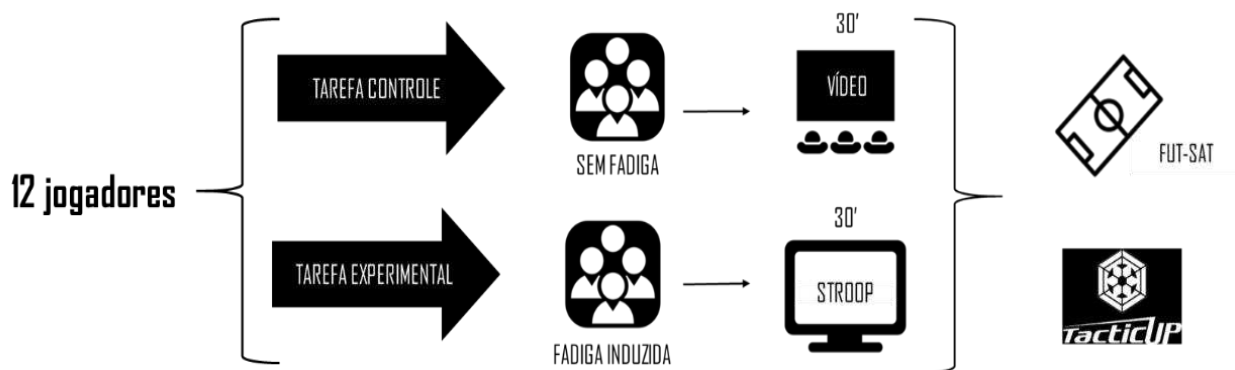
### **Designer Experimental**

Os jogadores participaram de tarefas laboratoriais e de jogos reduzidos de futebol em duas situações: controle e experimental. Na situação controle os jogadores eram convidados a assistirem um documentário durante 30 minutos, na sequência eles realizavam as tarefas laboratoriais (TacticUP) ou de jogo reduzido (FUT-SAT). No TacticUP, foram avaliados o percentual de acerto no teste e o tempo de resposta dos mesmos. Já para o FUT-SAT, foram avaliadas as métricas de eficiência do comportamento tático e o desempenho físico e fisiológico (GPS e Frequencímetro) durante o teste. Na situação experimental, os jogadores realizavam a tarefa de

interferência de Stroop por 30 minutos, após essa tarefa eles realizavam novamente as tarefas laboratoriais ou de jogo reduzido.

Foi dado um intervalo de 72 horas entre as coletas de jogo reduzido para que os desgastes físico e mental não pudessem interferir nas respostas físicas e fisiológicas; também se fez um intervalo e de 21 dias para a tarefa laboratorial, para que a resposta do jogador não fosse influenciada pela memória de trabalho, conforme sugestão da literatura (Robinson & O'Donoghue, 2007).

Questionários de nível de motivação e anamnese foram aplicadas com intuito de garantir que nenhum jogador estivesse desmotivado ou com algum problema antes de participar do protocolo experimental. Caso o pesquisador observasse alguma alteração, uma nova visita seria agendada. Foi solicitado aos participantes que não ingerissem cafeína por um período de 24 horas antes de qualquer um dos protocolos experimentais. A coleta foi randomizada e cega a fim de evitar vieses metodológicos. A seguir, apresenta-se um diagrama que resume o desenho experimental.



**Figura 1:** Diagrama do desenho experimental

#### Tarefa de Jogo Reduzido

A tarefa de jogo reduzido possibilitou a avaliação da eficiência do comportamento tático dos jogadores e do desempenho físico e fisiológico. Estudos recentes tem utilizado este teste como parâmetro de avaliação do comportamento tático associado com a fadiga mental (Kunrath et al., 2018; Kunrath, Nakamura, et al., 2020). Para coleta dos dados de eficiência do comportamento tático dos jogadores foi utilizado o Sistema de Avaliação Tático no Futebol – FUT-SAT (Teoldo, Garganta, Greco, Mesquita, & Maia, 2011). O Sistema de Avaliação Tática no Futebol - FUT-SAT permite avaliar a eficiência do

comportamento tático dos jogadores a partir da análise de suas ações táticas com e sem bola durante o jogo. O FUT-SAT utiliza como referências para as análises os princípios táticos fundamentais do jogo de futebol, levando em consideração cinco princípios para a fase ofensiva do jogo e cinco princípios da fase defensiva (para mais informações, ver Teoldo et al., 2011)

O teste de campo que compõe esse instrumento foi realizado em um campo de 36 metros de comprimento por 27 metros de largura. Para a realização do teste, os praticantes foram divididos em duas equipes, com três jogadores de linha e um goleiro (GR-3 vs 3-GR), sendo que cada equipe contava com um defensor, um meio campista e um atacante. Durante a aplicação do teste, solicitou-se aos jogadores que jogassem de acordo com as regras oficiais do futebol. Foram concedidos 30 segundos para a familiarização com o teste. Posteriormente o teste teve uma duração de 4 minutos conforme recomendado no protocolo original (Teoldo et al., 2011). Antes da realização do FUT-SAT os jogadores foram instruídos a não realizar atividades vigorosas e não participar de jogos oficiais por um período de 72 horas antes da realização do protocolo experimental.

Durante a realização do teste de campo os jogadores estavam utilizando um dispositivo de rastreamento global GPS (SPI-HPU - GPSports®, Canberra) e um frequencímetro, usados para coletar informações específicas do desempenho físico e fisiológico. A frequência de sinal do GPSports® e do frequencímetro é de 15Hz, fornecendo leitura com alto nível de confiabilidade. Esse sistema baseado em GPS apresentou um coeficiente de variação de 0,14% a 3,73% para distância percorrida e 4,22% a 9,52% para velocidade. Além disso, a confiabilidade aceitável desse dispositivo foram medidos, indicando que para a distância a confiabilidade é de 0,34% a 3,81%; e para velocidade de 3,19% a 6,95% (Köklü et al., 2015).

As análises dos dados de eficiência do comportamento tático, seguiram os procedimentos propostos por Teoldo et al. (2011). A análise dos dados foi realizada por um avaliador treinado e, posteriormente, realizou-se a confiabilidade por mais dois avaliadores; os valores de confiabilidade entre as avaliações foi de 97% com índice Kappa de 0.95, superior ao exigido na literatura (Landis & Koch, 1977). Para as análises do desempenho físico e fisiológico foi utilizado o software da GPSports® (SPI-IQ).

### Tarefa Laboratorial

A tarefa laboratorial foi realizada a partir do TacticUP e possibilitou a avaliação do percentual de acertos na tomada de decisão em uma tarefa de vídeo e do tempo de resposta. A tarefa consistiu na apresentação de vídeos que permitem avaliar a perícia do indivíduo em tomar decisões específicas a partir de algumas possibilidades de resposta fornecidas pelo teste. Este, similar ao FUT-SAT, apresenta como pressuposto teórico os princípios táticos fundamentais do jogo de futebol (Teoldo, Guilherme, & Garganta, 2015), o que garante uma associação entre os resultados encontrados nas tarefas de jogo reduzida e na tarefa laboratorial.

O teste de vídeo TacticUP é composto por sequências de vídeos de ações ofensivas e defensivas (cenas) de situações de jogo 11 contra 11. Cada cena tem cerca de 5s e 7s. Os vídeos foram gravados em uma perspectiva aérea, permitindo visualizar todo o campo de jogo. Para cada cena, os participantes tiveram que escolher a solução mais apropriada entre quatro soluções possíveis fornecidas após cada uma das cenas. Antes do início do teste, foram dadas instruções aos participantes sobre a estrutura do teste e três cenas de teste foram apresentadas para familiarizar os participantes com a tarefa. As pontuações finais dadas pelo teste de vídeo do TacticUP são apresentadas em 13 itens: um para cada princípio tático fundamental, mais as pontuações para a fase ofensiva, fase defensiva e jogo. O teste fornece também informações sobre o tempo que o jogador leva para responder em cada uma das cenas.

Todos os procedimentos foram explicados aos participantes antes do início das tarefas e o pesquisador estava disponível para responder a quaisquer perguntas. O teste de vídeo TacticUP foi apresentado individualmente para cada participante em um computador (POSITIVE T model 3300 Intel Core™ i3 processor) com uma tela de 15 polegadas.

### Tarefa de Indução de Fadiga

O teste de Stroop foi utilizado com o propósito de induzir os jogadores à fadiga mental (Gantois et al., 2019; Laeng et al., 2011; van Steenbergen et al., 2015). Quatro palavras (vermelho, azul, verde e amarelo) foram apresentadas repetidamente em ordem randomizada com duração de 1,0 a 1,5 segundos cada. Os participantes deveriam responder verbalmente aos estímulos, ignorando a leitura da palavra e considerando apenas a cor da mesma. Para aumentar a dificuldade do teste, foi acrescentada a regra em

que as palavras apresentadas na cor vermelha seriam corretamente respondidas pelo seu significado léxico. 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 e variação da luminosidade.

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 3 minutos para a familiarização dos jogadores com o teste de Stroop. No total, os participantes foram submetidos a 1500 estímulos, durante 30 minutos.

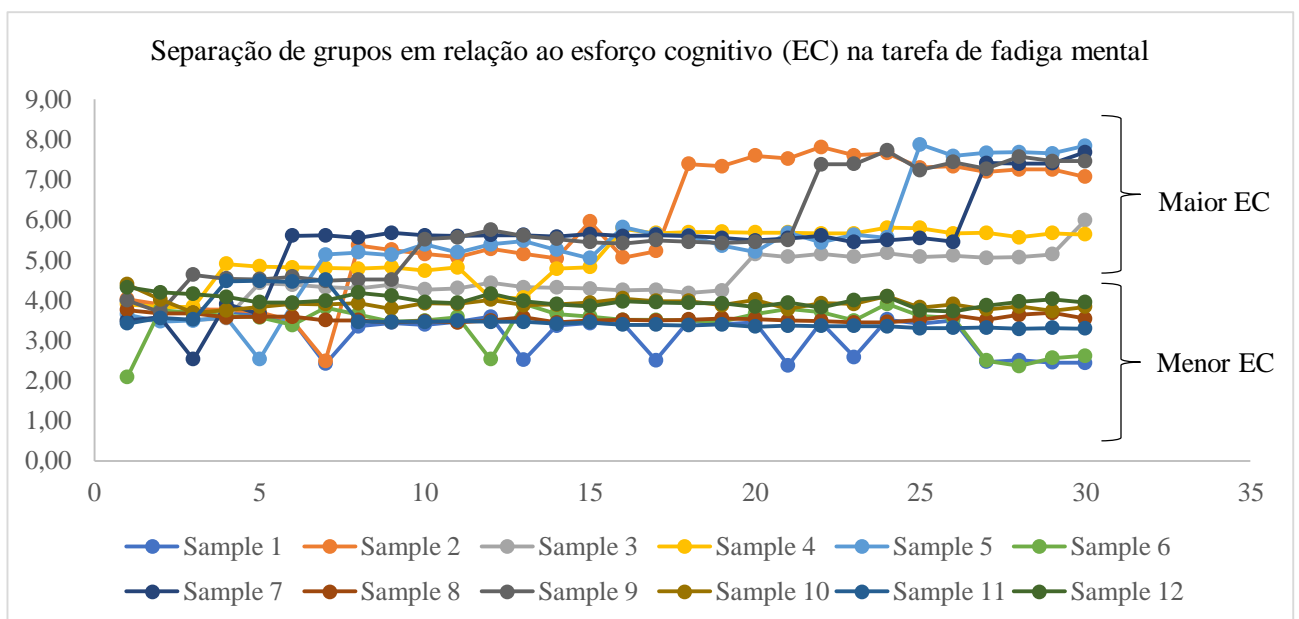
Durante a aplicação do teste, um avaliador treinado acompanhava o avaliado durante o teste marcando o número de erros e o período temporal na qual eles ocorriam. Dado as características experimentais deste estudo, sobretudo no que tange a avaliação do esforço cognitivo, os jogadores que obtivessem uma taxa de erro superior a 15% durante todo o protocolo do teste, ou 5% de erro nos últimos 5 minutos seriam excluídos da amostra. Tal critério foi levado em consideração para garantir uma manutenção do engajamento dos avaliados durante toda a tarefa. Ressalta-se que não foi necessário realizar nenhuma exclusão, uma vez que os jogadores avaliados não atingiram os valores de erro na tarefa de Stroop.

#### Avaliação do Esforço Cognitivo

Para avaliação do esforço cognitivo foi utilizada a técnica de pupilometria (Koponen et al., 2012; Laeng et al., 2011). O tamanho da pupila foi registrado durante a realização da tarefa de Stroop (Laeng et al., 2011) e mensurado continuamente a uma taxa de 60 vezes por segundo (60Hz) utilizando o Mobile Eye Tracking-XG (Applied Science Laboratories, Bedford, MA, EUA). Todo o protocolo experimental foi realizado em um ambiente fechado, sem interferência externa, com sonorização (máximo de 35 dB) e luminosidade controlada (variação menor do que 07 lux). Após a preparação do ambiente, o Mobile Eye Tracking - XG era ajustado e o procedimento de calibração de 9 pontos realizado junto aos avaliados. O protocolo experimental foi apresentado aos participantes em uma tela de computador de 26 polegadas. A tela do computador foi ajustada com intuito de garantir que o participante não necessitasse movimentar o pescoço ou os olhos para fazer a leitura das palavras/cores na tarefa de Stroop. A calibração do Mobile Eye

Tracking - XG foi conferida periodicamente para garantir a precisão. Todo o procedimento de aplicação do teste levou aproximadamente 35 minutos por jogador.

Os dados basais do diâmetro pupilar foram avaliados em tela com fundo preto e ponto branco e, na sequência, em tela de fundo branco com ponto preto a fim de identificar a real medida basal do diâmetro pupilar. O registro dessa medida foi feito e relatado antes de iniciar o protocolo experimental. Após a coleta, as medições do diâmetro pupilar foram processadas através do software GazeTraker<sup>®</sup> permitindo a medição do tamanho da pupila e a sincronização com a tarefa de Stroop. As medidas do diâmetro da pupila foram tratadas no Excel para Windows<sup>®</sup> 2016. Dados perdidos ou não registrados pelo software foram excluídos da análise. Nenhum indivíduo ou ensaio foi eliminado devido à perda excessiva de dados. Após o tratamento dos dados, foi possível dividir os jogadores em dois grupos distintos: um grupo que apresentou valores mais elevados no diâmetro pupilar (Maior Esforço Cognitivo) e outro grupo com valores menores do diâmetro pupilar (Menor Esforço Cognitivo), como é possível ver na figura 2. Esses grupos foram utilizados para análises posteriores.



**Figura 2:** Separação dos grupos relação ao esforço cognitivo. Diferenças estatísticas são observadas entre os dois grupos a partir do teste t para medidas independentes ( $t=-18,105$ ;  $p<0,001$ ;  $d=3,743$ ).

#### Análise estatística

Para análise das distribuições dos dados de eficiência do comportamento tático, desempenho físico e fisiológico, percentual de acertos na tomada de decisão e tempo de resposta, utilizou-se o *Shapiro-Wilk*. O mesmo indicou uma distribuição paramétrica dos

dados. O teste t pareado foi utilizado para comparar os resultados das métricas supracitadas entre os grupos controle e experimental. O teste t para amostras independentes foi utilizado para comparação das métricas de eficiência do comportamento tático, desempenho físico e fisiológico, percentual de acertos e tempo de resposta em relação aos grupos com diferentes níveis de esforço cognitivo. Nessas análises, o tamanho do efeito foi representado pelos valores de  $d$  de Cohen, cujos parâmetros de referência são: efeito insignificante ( $d < 0,19$ ), efeito pequeno ( $d$  entre 0,20 e 0,49), efeito médio ( $d$  entre 0,50 e 0,79), efeito grande ( $d$  entre 0,80 e 1,29) e efeito muito grande ( $d > 1,30$ ) (Rosenthal, 1996). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados através do software SPSS 24.0 e o nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

## Resultados

### Controle x Fadiga Mental

**Tarefa de Jogo reduzido.** Os resultados da comparação entre as condições controle e experimental, após a tarefa de Stroop para indução da fadiga mental são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1.** Média e desvio padrão da eficiência do comportamento tático em situação controle e após tarefa de fadiga mental.

Princípios de jogo avaliados pelo FUT-SAT	Controle (n=12)	Fadiga Mental (n=12)	t	p	d
	Média ± DP	Média ± DP			
<u>Princípios Ofensivos</u>					
Penetração	85,28±18,71	86,25±28,85	-,104	,919	-
Cobertura Ofensiva	89,91±14,21	77,93±21,54	1,457	,173	-
Mobilidade	60,07±30,23	40,28±42,32	1,157	,272	-
Espaço	88,32±7,42	73,58±23,45	1,786	,102	-
Unidade Ofensiva*	79,29±16,37	62,12±22,95	3,143	,009	0,86
<u>Princípios Defensivos</u>					
Contenção*	70,08±17,97	44,45±29,40	2,317	,041	1,05
Cobertura Defensiva	77,60±23,48	93,52±13,02	-1,768	,115	-
Equilíbrio	74,01±15,53	59,01±21,91	2,182	,052	-
Concentração*	91,93±7,57	68,74±31,42	2,339	,039	1,02
Unidade Defensiva	74,23±21,41	63,15±14,02	1,282	,226	-
<u>Totais</u>					
Total Ofensivo*	85,93±6,69	71,28±14,40	3,397	,006	1,31
Total Defensivo*	75,07±11,70	60,61±11,99	3,013	,012	1,22

\* Diferenças significativas  
 $p < 0,05$

Os resultados mostram uma diminuição da eficiência do comportamento tático na condição de fadiga mental quando comparados à condição controle nos princípios táticos de unidade ofensiva, contenção, concentração e nos totais defensivo e ofensivo.

**Tabela 2.** Média e desvio padrão das variáveis físicas e fisiológicas em situação controle e após tarefa de fadiga mental.

Variáveis Físicas e Fisiológicas	Controle (n=12)	Fadiga Mental (n=12)	t	p	d
	Média ± DP	Média ± DP			
<u>Variáveis Físicas</u>					
Distância percorrida*	473,38±43,19	440,41±45,42	3,516	,005	0,75
Velocidade máxima*	22,31±1,92	20,71±1,28	2,210	,049	0,98
Média de velocidade*	7,06±0,64	6,48±0,65	3,911	,002	0,89
Esforço de Velocidade*	571,63±20,58	558,70±26,83	2,512	,029	0,54
Número de Sprints	1,33±0,98	0,67±1,23	1,609	,136	-
Distância de alta potência metabólica*	119,11±21,77	95,10±25,50	3,900	,002	1,01
<u>Variáveis Fisiológicas</u>					
FC máxima*	182,17±12,75	193,25±11,39	-3,334	,007	0,91
Média de FC*	151,26±33,64	180,64±9,76	-3,349	,006	1,19
Esforço Cardíaco*	26,03±13,54	38,46±2,33	-3,421	,006	1,28
Carga corporal (New Bodyload)*	13,55±4,82	10,49±3,39	3,996	,002	0,73
Carga metabólica relativa*	2,57±0,25	2,30±0,25	4,485	,001	1,08
Média de força metabólica*	10,63±1,02	9,40±1,06	4,832	,001	1,18

\* Diferenças significativas

p<0,05

Os resultados mostram ainda uma queda do desempenho físico do jogador quando induzido à fadiga mental em detrimento à condição controle. Observa-se, assim, uma queda significativa na distância percorrida, na velocidade máxima, na média de velocidade, no esforço de velocidade e na distância em alta potência metabólica. Para as variáveis fisiológicas, observa-se um aumento da frequência cardíaca máxima, da média da frequência cardíaca e do esforço cardíaco. Nota-se também uma queda na carga corporal, na carga metabólica relativa e na média de força metabólica.

**Tarefa laboratorial.** Os resultados da comparação entre as condições controle e experimental, após a tarefa de Stroop para indução da fadiga mental é apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Média e desvio padrão do percentual de acertos e do tempo de resposta em situação controle e após tarefa de fadiga mental.

Princípios de jogo avaliados pelo TacticUP	Controle (n=12)	Fadiga Mental (n=12)	t	p	d
	Média ± DP	Média ± DP			
<b>% de acerto</b>					
<u>Princípios Ofensivos</u>					
Penetração*	73,64±18,22	68,03±14,09	-2,371	,037	0,34
Cobertura Ofensiva	65,64±17,00	72,58±15,15	1,355	,203	-
Mobilidade	59,86±16,18	60,47±15,96	,176	,864	-
Espaço	91,93±9,06	90,62±6,12	-,374	,715	-
Unidade Ofensiva	43,61±26,49	33,89±18,08	-1,116	,288	-
<u>Princípios Defensivos</u>					
Contenção	82,22±11,26	77,44±16,95	-,783	,450	-
Cobertura Defensiva	60,22±21,07	56,39±19,88	-,456	,657	-
Equilíbrio	82,08±10,43	77,45±13,69	-1,112	,290	-
Concentração	84,86±19,10	83,11±14,20	-,230	,823	-
Unidade Defensiva	48,28±13,25	51,00±12,08	,982	,347	-
<u>Totais</u>					
Total Ofensivo	71,94±7,27	69,37±3,20	-1,499	,162	-
Total Defensivo	73,29±7,41	70,48±8,23	-,900	,387	-
<b>Tempo de resposta</b>					
<u>Princípios Ofensivos</u>					
Penetração*	5,59±2,46	8,30±4,20	2,414	,034	0,79
Cobertura Ofensiva*	4,93±1,99	7,91±4,27	3,039	,011	0,90
Mobilidade*	4,90±2,85	7,02±4,51	2,567	,026	0,56
Espaço*	4,22±2,18	7,81±4,00	3,430	,006	1,11
Unidade Ofensiva	4,35±2,53	5,54±2,22	1,766	,105	-
<u>Princípios Defensivos</u>					
Contenção	4,60±2,25	6,59±4,95	1,846	,092	-
Cobertura Defensiva*	5,92±3,13	8,10±3,67	2,673	,022	0,64
Equilíbrio*	5,33±2,77	7,94±5,75	2,338	,039	0,58
Concentração	4,99±2,72	6,18±3,34	1,918	,081	-
Unidade Defensiva*	4,13±2,64	6,48±4,71	2,380	,036	0,62
<u>Totais</u>					
Total Ofensivo*	4,81±2,17	7,40±3,59	3,291	,007	0,87
Total Defensivo*	5,05±2,58	7,21±4,42	2,854	,016	0,60

\* Diferenças significativas  
p<0,05

Os resultados mostram uma queda do percentual de acertos na condição de fadiga mental, quando comparados à condição controle apenas para o princípio tático de penetração. Contudo é observado que o tempo de resposta em situação de fadiga mental é estatisticamente maior para os princípios táticos de penetração, cobertura ofensiva, mobilidade, espaço, cobertura defensiva, equilíbrio, unidade defensiva e nos totais defensivo e ofensivo.

### Esforço Cognitivo

**Tarefa de Jogo reduzido.** Os resultados abaixo destacam como o nível de esforço cognitivo durante a tarefa de fadiga mental pode ser um fator determinante para a queda de performance do jogador. As Tabelas 4 e 5 apresentam informações de como o maior e menor esforço cognitivo pode estar associados com a performance tática, física e fisiológica.

**Tabela 4.** Média e desvio padrão da eficiência do comportamento tático nos grupos com maior e menor esforço cognitivo.

Princípios de jogo avaliados pelo FUT-SAT	Fadiga Mental			t	p	d
	Controle (n=12)	Menor Esforço Cognitivo (n=6)	Maior Esforço Cognitivo (n=6)			
	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP			
<u>Princípios Ofensivos</u>						
Penetração	85,28±18,71	96,67±8,16	75,83±38,78	1,288	,250	-
Cobertura Ofensiva*	89,91±14,21	94,45±13,59	61,40±13,43	4,235	,002	2,45
Mobilidade	60,07±30,23	55,53±50,18	25,00±29,35	1,287	,227	-
Espaço*	88,32±7,42	92,25±9,59	54,91±16,79	4,727	,002	2,73
Unidade Ofensiva	79,29±16,37	71,41±19,68	52,83±23,74	1,476	,172	-
<u>Princípios Defensivos</u>						
Contenção*	70,08±17,97	62,55±23,81	26,35±23,44	2,654	,024	1,53
Cobertura Defensiva*	77,60±23,48	100,00±0,00	87,04±17,33	2,966	,021	1,59
Equilíbrio*	74,01±15,53	71,17±17,61	46,87±19,80	2,246	,049	1,30
Concentração	91,93±7,57	85,40±18,08	52,08±34,33	2,103	,071	-
Unidade Defensiva*	74,23±21,41	74,26±6,38	52,03±9,75	4,674	,001	2,70
<u>Totais</u>						
Total Ofensivo*	85,93±6,69	83,27±6,76	59,28±8,09	5,573	<,001	3,22
Total Defensivo*	75,07±11,70	69,31±6,43	51,90±9,64	3,679	,005	2,13

\* Diferenças significativas - Foi mantido na tabela os dados do grupo controle apenas para observação.  
p<0,05

Os resultados mostram uma queda mais acentuada da eficiência do comportamento tático no grupo que demanda maior esforço cognitivo durante a tarefa de Stroop. As quedas de performance podem ser notadas nos princípios táticos de cobertura ofensiva, espaço, contenção, cobertura defensiva, equilíbrio, unidade defensiva e nos totais defensivo e ofensivo.

**Tabela 5.** Média e desvio padrão das variáveis físicas e fisiológicas nos grupos com maior e menor esforço cognitivo.

Variáveis Físicas e Fisiológicas	Fadiga Mental		t	p	d	
	Controle (n=12)	Menor Esforço Cognitivo (n=6)				Maior Esforço Cognitivo (n=6)
	Média ± DP	Média ± DP				
<u>Variáveis Físicas</u>						
Distância percorrida	473,38±43,19	421,41±44,69	459,40±40,94	-1,535	,156	-
Velocidade máxima	22,31±1,92	21,08±1,40	20,33±1,15	1,013	,336	-
Média de velocidade	7,06±0,64	6,21±0,66	6,73±0,58	-1,444	,180	-
Esforço de Velocidade	571,63±20,58	547,17±27,64	570,23±22,39	-1,588	,145	-
Número de Sprints	1,33±0,98	0,67±0,81	0,67±1,63	,000	1,000	-
Distância de alta potência metabólica	119,11±21,77	89,95±20,41	100,25±30,82	-,683	,513	-
<u>Variáveis Fisiológicas</u>						
FC máxima	182,17±12,75	193,33±14,14	193,17±9,24	,024	,981	-
Média de FC	151,26±33,64	179,45±12,30	181,83±7,39	-,407	,695	-
Esforço Cardíaco	26,03±13,54	37,57±2,90	39,35±1,26	-1,379	,211	-
Carga corporal (New Bodyload)	13,55±4,82	10,77±1,99	10,21±4,58	,269	,796	-
Carga metabólica relativa	2,57±0,25	2,22±0,25	2,38±0,26	-1,127	,286	-
Média de força metabólica	10,63±1,02	9,03±1,01	9,77±1,07	-1,225	,249	-

\* Diferenças significativas - Foi mantido na tabela os dados do grupo controle apenas para observação.

p<0,05

Os resultados não indicam diferenças significativas no desempenho físico e nas respostas fisiológicas para os grupos com maior e menor esforço cognitivo.

**Tarefa laboratorial.** Os resultados abaixo destacam como o nível de esforço cognitivo durante a tarefa de fadiga mental pode ser um fator determinante para a queda de performance do jogador. A Tabela 6 apresentam informações de como o maior e menor esforço cognitivo podem estar associados ao percentual de acertos na tarefa de tomada de decisão e no tempo de resposta.

**Tabela 6.** Média e desvio padrão do percentual de acertos e do tempo de resposta nos grupos com maior e menor esforço cognitivo.

Princípios de jogo avaliados pelo TacticUP	Fadiga Mental			t	p	d
	Controle (n=12)	Menor Esforço Cognitivo (n=6)	Maior Esforço Cognitivo (n=6)			
	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP			
<b>% de acerto</b>						
<u>Princípios Ofensivos</u>						
Penetração	73,64±18,22	68,39±14,40	67,66±15,12	,085	,934	-
Cobertura Ofensiva	65,64±17,00	68,33±12,64	76,83±17,37	-,969	,357	-
Mobilidade	59,86±16,18	66,00±15,34	54,94±15,87	1,227	,248	-
Espaço	91,93±9,06	90,22±5,18	91,03±7,42	-,218	,832	-
Unidade Ofensiva	43,61±26,49	28,89±19,05	38,89±17,21	-,954	,363	-
<u>Princípios Defensivos</u>						
Contenção	82,22±11,26	80,77±16,02	74,11±18,66	,664	,522	-
Cobertura Defensiva*	60,22±21,07	68,99±13,91	43,77±17,14	2,798	,020	1,62
Equilíbrio	82,08±10,43	78,45±12,31	76,47±16,07	,239	,817	-
Concentração	84,86±19,10	78,44±12,31	87,78±11,19	-1,156	,278	-
Unidade Defensiva	48,28±13,25	49,33±12,10	52,67±12,95	-,461	,655	-
<u>Totais</u>						
Total Ofensivo	71,94±7,27	68,67±3,01	70,07±3,52	-,736	,479	-
Total Defensivo	73,29±7,41	72,41±8,62	68,54±8,10	,799	,443	-

**Tabela 6.** Continuação

Princípios de jogo avaliados pelo TacticUP	Fadiga Mental			t	p	d
	Controle (n=12)	Menor Esforço Cognitivo (n=6)	Maior Esforço Cognitivo (n=6)			
	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP			
<b>Tempo de resposta</b>						
<u>Princípios Ofensivos</u>						
Penetração*	5,59±2,46	5,12±1,67	11,47±3,43	-4,078	,002	2,35
Cobertura Ofensiva*	4,93±1,99	4,18±1,56	11,65±2,08	-7,035	<,001	4,06
Mobilidade	4,90±2,85	4,39±1,77	9,65±5,01	-2,426	,050	-
Espaço*	4,22±2,18	4,83±1,71	10,80±3,31	-3,919	,005	2,27
Unidade Ofensiva*	4,35±2,53	4,16±1,93	6,92±1,60	-2,705	,023	1,56
<u>Princípios Defensivos</u>						
Contenção	4,60±2,25	4,16±1,93	8,75±6,22	-1,617	,157	-
Cobertura Defensiva*	5,92±3,13	5,78±2,20	10,44±3,42	-2,809	,022	1,62
Equilíbrio*	5,33±2,77	4,40±2,17	11,47±6,17	-2,646	,037	1,53
Concentração*	4,99±2,72	4,16±1,85	8,21±3,36	-2,578	,033	1,49
Unidade Defensiva*	4,13±2,64	3,13±1,47	9,83±4,44	-3,502	,013	2,03
<u>Totais</u>						
Total Ofensivo*	4,81±2,17	4,59±1,60	10,22±2,60	-4,523	,002	2,61
Total Defensivo*	5,05±2,58	4,39±1,82	10,03±4,54	-2,824	,027	1,61

\*Diferenças significativas - Foi mantido na tabela os dados do grupo controle apenas para observação.

p<0,05

Os resultados mostram uma queda do percentual de acertos para os jogadores que demandam um maior esforço cognitivo durante a tarefa de Stroop apenas para o princípio da cobertura defensiva. Contudo é observado que o tempo de resposta é substancialmente afetado em jogadores que demandam maior esforço cognitivo. Esse fato fica caracterizado nos princípios táticos de penetração, cobertura ofensiva, espaço, unidade ofensiva, cobertura defensiva, equilíbrio, concentração, unidade defensiva e nos totais defensivo e ofensivo.

### **Discussão**

O objetivo deste estudo foi avaliar como o esforço cognitivo e a fadiga mental influenciam o desempenho tático, físico e cognitivo de jogadores de futebol em jogos reduzidos e em tarefas laboratoriais. Os resultados indicam que, em estado de fadiga mental, os jogadores apresentaram queda significativa no desempenho em jogos reduzidos (eficiência do comportamento tático, capacidades físicas e fisiológicas) e em tarefas laboratoriais (tempo de resposta). Os resultados mostram também que o maior investimento de esforço cognitivo ao longo da tarefa de Stroop foi um fator condicionante e potencializador nas quedas de desempenho associadas ao estado de fadiga mental. Nota-se que os jogadores que demandam maior esforço cognitivo durante a tarefa de fadiga mental apresentam queda de desempenho mais acentuadas em jogos reduzidos (eficiência do comportamento tático) e em tarefas laboratoriais (tempo de resposta). Contudo, o esforço cognitivo não demonstrou ser um fator potencializador para queda do desempenho físico.

Os resultados verificados sobre a influência da fadiga mental no desempenho no jogo reduzido e em tarefas laboratoriais corroboram estudos recentes sobre a temática (Coutinho et al., 2017; Kunrath et al., 2018; Kunrath, Nakamura, et al., 2020; Russell et al., 2019; Thompson et al., 2019) Nota-se que o estado de fadiga mental traz consequências negativas que impactam no rendimento do jogador. Os resultados em tarefas de jogo reduzido apontam que, em fadiga mental, os jogadores tendem a reduzir sua eficiência do comportamento tático, apresentando um maior número de erros na gestão do espaço de jogo além de apresentar uma queda na capacidade física e um maior desgaste fisiológico. Já em tarefas laboratoriais, o estado de fadiga mental aumenta o tempo de resposta, indicando uma queda na velocidade do processamento da informação e na tomada de decisão.

Ressalta-se -se que os resultados observados na tarefa de jogo reduzido e laboratorial podem ser vistos como complementares, uma vez que, em fadiga mental, com a queda na capacidade de processamento da informação, os jogadores apresentam maiores dificuldades para tomarem decisões rápidas e eficazes, o que diminui a eficiência do comportamento tático (Kunrath et al., 2018; Smith, Zeuwts, et al., 2016). Além disso, em estado de fadiga mental, o jogador tende a apresentar uma maior percepção subjetiva do esforço, o que influencia diretamente na queda da capacidade física e no aumento da exigência fisiológica para suprir as exigências do jogo (Pageaux, 2014; Smith et al., 2015).

De modo geral, os resultados do presente estudo corroboram as pesquisas sobre os efeitos deletérios do estado de fadiga mental na performance dos jogadores de futebol. Entretanto, o estado de fadiga mental pode ser compreendido como uma condição específica, ou seja, apenas quando o jogador atinge esse estado, parece ocorrer queda na performance esportiva (Pageaux, 2014; Smith et al., 2015). Assim, uma limitação dos trabalhos que avaliam a fadiga mental se deve a identificação dos fatores intervenientes a ocorrência deste estado. A literatura já apresenta evidências suficientes do que ocorre em termos neurocognitivos quando o jogador atinge o estado de fadiga mental; contudo, suas associações com o esforço cognitivo dispendido nas tarefas ainda não são bem explicadas (Cardoso et al., 2019). Dessa forma, os resultados adicionais deste estudo parecem contribuir em uma direção importante, ao apontar que o esforço cognitivo é um fator que influencia e potencializa diretamente as quedas de performance dos jogadores quando estes são submetidos à uma tarefa de indução da fadiga mental.

Por meio dos resultados obtidos, verifica-se que quando o jogador apresenta um maior esforço cognitivo na tarefa de indução da fadiga mental ocorre queda de performance em jogo reduzido (eficiência do comportamento tático) e em tarefas laboratoriais (tempo de resposta). Assim, jogadores que necessitam de um maior esforço cognitivo nas suas tomadas de decisão durante o jogo podem enfrentar problemas de desempenho (Cardoso et al., 2019). Por exemplo, se um jogador necessita de um elevado esforço cognitivo para tomar uma decisão tática quando está em posse da bola, esse esforço cognitivo reduzirá sua capacidade de usar a memória de trabalho e, conseqüentemente, diminuirá seu nível de atenção para tarefas secundárias, bem como a velocidade de processamento de informação, prejudicando diretamente a sua resposta tática e a execução do seu gesto técnico (Alarcón et al., 2018; Belayachi et al., 2015).

Cabe destacar que nas tarefas laboratoriais o esforço cognitivo é um fator que influencia diretamente na velocidade de processamento da informação. Parte dessa influência pode ser explicada, uma vez que a literatura aponta que o cérebro humano é relativamente lento em processar as informações visuais, exigindo, assim, que os jogadores demandem um grande número de recursos perceptivo-cognitivos para tomar decisões no jogo (Evans, 2008; Reyna & Brainerd, 2011). Dessa forma, o jogador deve encontrar maneiras de otimizar a utilização dos recursos perceptivos, o que normalmente é feito ao aumentar a velocidade de processamento da informação. Contudo, quanto maior o esforço cognitivo necessário, mais sobrecarregado o cérebro fica e, conseqüentemente, a velocidade de processamento diminui vertiginosamente, influenciando negativamente o rendimento esportivo do jogador (Westbrook & Braver, 2015).

Visando a uma otimização perceptiva e maior velocidade de processamento da informação, alguns estudos têm destacado que a forma como os jogadores gerem o esforço cognitivo é essencial para manutenção do desempenho (Cardoso et al., 2019; van der Wel & van Steenbergen, 2018; Verguts et al., 2015). Os estudos têm apontado que, embora a existência de um custo para a cognição pareça intuitivamente óbvia, sua origem permanece desconhecida (Shenhav et al., 2017; Westbrook & Braver, 2015). No entanto, a manutenção de um elevado esforço cognitivo por um longo período de tempo eleva a sensação subjetiva de esforço (Benoit et al., 2019; Kunrath et al., 2018; Smith, Coutts, et al., 2016); isso contribui para a deterioração do desempenho e, provavelmente, induz os jogadores a um estado de fadiga mental (Kunrath et al., 2018; van der Wel & van Steenbergen, 2018).

Os aspectos supracitados têm um efeito importante nas respostas que ocorrem no jogo. No presente estudo, ao observarmos que os jogadores que demandam maior esforço cognitivo apresentam uma queda mais acentuada na eficiência do comportamento tático reforça o papel do esforço cognitivo como variável interveniente à performance. Um estudo desenvolvido por Benoit et al (2019) destaca que a natureza das manifestações comportamentais relacionadas a fadiga mental é diversa, incluindo a interrupção dos mecanismos de inibição (Kato et al., 2009), planejamento (Lorist et al., 2000) percepção de novas informações (Smith, Zeuwts, et al., 2016), atenção (Boksem et al., 2006), memória operacional (Gergelyfi et al., 2015) e flexibilidade cognitiva (Hasshim & Parris, 2015). Tais modificações podem, dessa forma, aumentar o tempo de tomada de decisão e, implicar na queda do desempenho tático. Os resultados deste trabalho, apesar de serem

apenas indicadores, indicam que a manutenção de um elevado esforço cognitivo por um período prolongado de tempo é quem afeta prioritariamente este sistema.

Ainda sobre os resultados, cabe destacar que o fato de o esforço cognitivo não influenciar nas respostas físicas e fisiológicas (i. e. diferentemente do que foi observado com os dados de fadiga mental) reforça que o modelo psicobiológico, preconizado no construto teórico da fadiga mental, apesar de apresentar com clareza os efeitos diretos nas respostas física e fisiológica, encontra dificuldades para justificativa os efeitos observados nas dimensões táticas e cognitivas do jogo de futebol (Kunrath et al., 2020; 2018). Para isso, considera-se que o aumento da percepção subjetiva do esforço afeta aspectos como a motivação e o engajamento, o que impacta diretamente na resposta física e fisiológica, implicando uma redução significativa da performance do jogador, mas o modelo não é capaz de explicar com clareza quais são os mecanismos que afetam o comportamento tático e as respostas cognitivas. Isso reforça ainda mais a importância do entendimento do esforço cognitivo como variável interveniente as dimensões do jogo, uma vez, que, o esforço cognitivo é independente desse mecanismo e parece estar associado às influências dos mecanismos da memória de trabalho e do processamento de informações (Shenhav et al., 2017; Westbrook & Braver, 2015).

É importante notar que muitas das diferenças significativas observadas são discutidas à luz das médias. No entanto, é interessante notar que em muitos casos os desvios-padrão foram muito grandes e, nesse sentido, seria interessante que estudos futuros analisassem mais cuidadosamente a variabilidade das respostas interindividuais.

Com base na análise dos resultados, sugere-se que, para a prática, os treinadores e profissionais envolvidos no processo de treinamento levem em consideração a avaliação do esforço cognitivo e do controle da carga cognitiva no processo de treino a fim evitar que o jogador entre em estado de fadiga mental. Sumarizando as constatações do presente estudo, reitera-se que o esforço cognitivo por um período prolongado de tempo é uma variável que parece estar relacionada com os efeitos deletérios da fadiga mental em jogadores de futebol, sobretudo em aspectos táticos e cognitivos. Por fim, cabe ressaltar que a avaliação do esforço cognitivo, apesar de bem descrita na literatura, ainda carece de protocolos mais ecológicos para o contexto do futebol.

## **Referências**

Alarcón, F., Castillo-Díaz, A., Madinabeitia, I., Castillo-Rodríguez, A., & Cárdenas, D.

- (2018). La carga mental deteriora la precisión del pase en jugadores de fútbol. *Revista de Psicología Del Deporte*, 27(2), 155–164.
- Badin, O. O., Smith, M. R., Conte, D., & Coutts, A. J. (2016). Mental fatigue: impairment of technical performance in small-sided soccer games. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(8), 1100–1105.
- Belayachi, S., Majerus, S., Gendolla, G., Salmon, E., Peters, F., & Van der Linden, M. (2015). Are the carrot and the stick the two sides of same coin? A neural examination of approach/avoidance motivation during cognitive performance. *Behavioural Brain Research*, 293, 217–226. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.07.042>
- Benoit, C.-E., Solopchuk, O., Borragán, G., Carbonnelle, A., Van Durme, S., & Zénon, A. (2019). Cognitive task avoidance correlates with fatigue-induced performance decrement but not with subjective fatigue. *Neuropsychologia*, 123, 30–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.06.017>
- Boksem, M. A. S., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2006). Mental fatigue , motivation and action monitoring. *Biological Psychology*, 72, 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.08.007>
- Boksem, M., & Tops, M. (2008). Mental fatigue: costs and benefits. *Brain Research Reviews*, 59(1), 125–139. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.07.001>
- Botvinick, M., Braver, T., & Barch, D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108(3), 624–652. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.108.3.624>
- Cardoso, F. S. L., González-Víllora, S., Guilherme, J., & Teoldo, I. (2019). Young soccer players with higher tactical knowledge display lower cognitive effort. *Perceptual and Motor Skills*, 126(3), 499–514. <https://doi.org/10.1177/0031512519826437>
- Coutinho, D., Gonçalves, B., Travassos, B., Wong, D. P., Coutts, A. J., & Sampaio, J. E. (2017). Mental Fatigue and Spatial References Impair Soccer Players' Physical and Tactical Performances. *Frontiers in Psychology*, 8(September). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01645>
- Evans, J. (2008). Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Annual Review of Psychology*, 59(1), 255–278.
- Gantois, P., Caputo Ferreira, M. E., Lima-Junior, D. de, Nakamura, F. Y., Batista, G. R., Fonseca, F. S., & Fortes, L. de S. (2019). Effects of mental fatigue on passing decision-making performance in professional soccer athletes. *European Journal of Sport Science*, 0(0), 1–10. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1656781>

- Gergelyfi, M., Jacob, B., Olivier, E., & Zénon, A. (2015). Dissociation between mental fatigue and motivational state during prolonged mental activity. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9, 176.
- Hasshim, N., & Parris, B. A. (2015). Assessing stimulus–stimulus (semantic) conflict in the Stroop task using saccadic two-to-one color response mapping and prerespone pupillary measures. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 77(8), 2601–2610. <https://doi.org/10.3758/s13414-015-0971-9>
- Hogarth, L. W., Burkett, B. J., & McKean, M. R. (2015). Neuromuscular and perceptual fatigue responses to consecutive tag football matches. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(5), 559–565. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0355>
- Franco-Alvarenga, P. E., Brietzke, C., Canestri, R., Goethel, M. F., Hettinga, F., Santos, T. M., & Pires, F. O. (2018). Caffeine improved cycling trial performance in mentally fatigued cyclists, regardless of alterations in prefrontal cortex activation. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(11), 1297–1304. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.233>
- Kato, Y., Endo, H., & Kizuka, T. (2009). Mental fatigue and impaired response processes : Event-related brain potentials in a Go / NoGo task. *International Journal of Psychophysiology*, 72(2), 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.12.008>
- Köklü, Y., Sert, Ö., Alemdaroglu, U., & Arslan, Y. (2015). Comparison of the physiological responses and time-motion characteristics of young soccer players in small-sided games:the effect of goalkeeper. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 964–971. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a744a1>
- Koponen, M., Aziz, W., Ramos, L., & Specia, L. (2012). Post-editing time as a measure of cognitive effort. *AMTA Workshop on Postediting Technology and Practice*, 47(3), 11–20. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00947.x>.Pupillometry
- Kunrath, Caito André, Cardoso, F. da S. L., García-Calvo, T., & Teoldo, I. (2020). Mental fatigue in soccer: A systematic Review. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 26(2), 172–178.
- Kunrath, Caito Andre, Cardoso, F., Nakamura, F. Y., & Teoldo, I. (2018). Mental fatigue as a conditioner of the tactical and physical response in soccer players: a pilot study. *Human Movement*, 19(3), 16–22. <https://doi.org/10.5114/hm.2018.76075>

- Kunrath, Caito André, Nakamura, F. Y., Roca, A., Tessitore, A., & Teoldo, I. (2020). How does mental fatigue affect soccer performance during small-sided games? A cognitive, tactical and physical approach. *Journal of Sport Science*, in press.
- Laeng, B., Ørbo, M., Holmlund, T., & Miozzo, M. (2011). Pupillary stroop effects. *Cognitive Processing*, 12(1), 13–21. <https://doi.org/10.1007/s10339-010-0370-z>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lorist, M. M., Klein, M., Nieuwenhuis, S., De Jong, R., Mulder, G., & Meijman, T. F. (2000). Mental fatigue and task control: planning and preparation. *Psychophysiology*, 37(5), 614–625.
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 857–864. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91324.2008>
- Pageaux, B. (2014). The psychobiological model of endurance performance: An effort-based decision-making theory to explain self-paced endurance performance. *Sports Medicine*, 11–12. <https://doi.org/10.1038/nrn2497.123>
- Pageaux, B., Lepers, R., Dietz, K. C., & Marcora, S. M. (2014). Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*, 114(5), 1095–1105. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2838-5>
- Reyna, V. F., & Brainerd, C. J. (2011). Dual processes in decision making and developmental neuroscience: A Fuzzy-Trace model. *Developmental Review: DR*, 31(2–3), 180–206. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2011.07.004>
- Robinson, G., & O'Donoghue, P. (2007). A weighted kappa statistic for reliability testing in performance analyses of sport. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1), 9–12.
- Roca, A., Williams, A. M., & Ford, P. R. (2012). Developmental activities and the acquisition of superior anticipation and decision making in soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1643–1652. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.701761>
- Rosenthal, J. A. (1996). Qualitative descriptors of strength of association and effect size. *Journal of Social Service Research*, 21(4), 37–59. [https://doi.org/10.1300/J079v21n04\\_02](https://doi.org/10.1300/J079v21n04_02)
- Russell, S., Jenkins, D., Smith, M., Halsone, S., & Kelly, V. (2019). The application of mental fatigue research to elite team sport performance: New perspectives. *Journal*

- of Science and Medicine in Sport, 22(6), 723–728.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.12.008>
- Shenhav, A., Musslick, S., Lieder, F., Kool, W., Griffiths, T. L., Cohen, J. D., & Botvinick, M. M. (2017). Toward a rational and mechanistic account of mental effort. *Annual Review of Neuroscience*, 40(1), 99–124.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-072116-031526>
- Smith, M. R., Coutts, A. J., Merlini, M., Deprez, D., Lenoir, M., & Marcora, S. M. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(2), 267–276.
- Smith, M. R., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2015). Mental fatigue impairs intermittent running performance. In *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 47, Issue 8). <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000592>
- Smith, M. R., Thompson, C., Marcora, S. M., Skorski, S., Meyer, T., & Coutts, A. J. (2018). Mental fatigue and soccer: Current knowledge and future directions. *Sports Medicine*, 48(7), 1525–1532. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0908-2>
- Smith, M. R., Zeuwts, L., Lenoir, M., Hens, N., De Jong, L. M. S., & Coutts, A. J. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1297–1304.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 12(2), 257–285. <http://proxy-remote.galib.uga.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=1989-15124-001&site=eds-live&scope=cite>
- Teoldo, I., Guilherme, J., & Garganta, J. (2015). Training football for smart playing: On tactical performance of teams and players. *Appris*.
- Teoldo, Israel, Garganta, J., Greco, P., Mesquita, I., & Maia, J. (2011). System of tactical assessment in Soccer (FUT-SAT): Development and preliminary validation. *Motricidade*, 7(1), 69–84. [https://doi.org/10.6063/motricidade.7\(1\).121](https://doi.org/10.6063/motricidade.7(1).121)
- Thompson, C. J., Fransen, J., Skorski, S., Smith, M. R., Meyer, T., Barrett, S., & Coutts, A. J. (2019). Mental fatigue in football: Is it time to shift the goalposts? An evaluation of the current methodology. *Sports Medicine*, 49(2), 177–183.  
<https://doi.org/10.1007/s40279-018-1016-z>
- van der Wel, P., & van Steenbergen, H. (2018). Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1–11.  
<https://doi.org/10.3758/s13423-018-1432-y>

- van Steenbergen, H., Band, G. P. H., & Hommel, B. (2015). Does conflict help or hurt cognitive control? Initial evidence for an inverted U-shape relationship between perceived task difficulty and conflict adaptation. *Frontiers in Psychology*, 6(July), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00974>
- Verguts, T., Vassena, E., & Silvetti, M. (2015). Adaptive effort investment in cognitive and physical tasks: a neurocomputational model. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9(March). <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00057>
- Vickers, J. N., & Williams, A. M. (2017). The role of mental processes in elite sports performance. *Oxford Research Encyclopedia of Psychology*, 1, 1–25. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190236557.013.161>
- Westbrook, A., & Braver, T. S. (2015). Cognitive effort: A neuroeconomic approach. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 15(2), 395–415. <https://doi.org/10.3758/s13415-015-0334-y>

# Capítulo IV

## Artigo Experimental 3

---

**Artigo Experimental 3: Este capítulo foi submetido como artigo original  
para a revista: Journal of Sport Science**

## **I.4 Associação entre os processos perceptivo-cognitivos e o tempo de resposta na tomada de decisão de jovens jogadores de futebol**

Felippe da S.L. Cardoso, José Afonso Neves, André Roca, Israel Teoldo

### **Resumo**

No futebol, é relevante entender os papéis dos Sistemas 1 (intuitivo) e 2 (deliberativo) nos processos perceptivo-cognitivos e como eles influenciam o tempo de resposta na tomada de decisões. O objetivo deste estudo foi analisar como o tempo de resposta na tomada de decisão, gerenciada pelos Sistemas 1 e 2, está associado aos processos perceptivo-cognitivos de jovens jogadores de futebol. Noventa jovens jogadores de futebol foram avaliados. Os processos perceptivo-cognitivos foram avaliados por meio de estratégias de busca visual, esforço cognitivo e relatórios verbais. Os participantes usavam o Mobile-eye tracking enquanto assistiam a simulações de futebol baseadas em vídeo. O tempo de resposta na tomada de decisão foi usado para criar dois subgrupos: tomadores de decisão mais rápidos e mais lentos. Os resultados indicaram que jogadores com tempo de resposta mais rápido na tomada de decisão empregaram mais fixações de curta duração, apresentaram menor esforço cognitivo, bem como maior número de processos de pensamento associados ao planejamento. Esses resultados reforçam que existem diferenças na maneira de usar os processos perceptivo-cognitivos a partir do sistema de gerenciamento prioritário no processo de tomada de decisão (Sistema 1 ou 2). Conclui-se que uma tomada de decisão mais rápida, gerenciada pelo Sistema 1, implica maior capacidade de empregar estratégias visuais de busca e de processar informações, possibilitando maior eficiência cognitiva.

**Palavras-Chave:** Expertise, percepção, cognição, rastreamento ocular, esforço cognitivo.

## **Introdução**

Uma grande quantidade de pesquisas no futebol forneceu evidências sólidas de como os processos perceptivo-cognitivos estão associados ao desempenho da tomada de decisão (Roca et al., 2018, 2020; Williams & Reilly, 2000). Esses estudos indicam que jogadores experientes (Ericsson et al., 2006; Roca et al., 2011; Williams & Davids, 1998), com níveis mais altos de habilidade na tomada de decisão (Roca et al., 2012; Vickers, 1996) e maior conhecimento tático (Cardoso et al., 2019; Williams & Davids, 1995), apresentam capacidade superior de usar os processos perceptivo-cognitivos. Notavelmente, jogadores mais habilidosos são capazes de adaptar seus comportamentos de busca visual, de acordo com a especificidade da situação (por exemplo, 1vs.1, 2vs.2 ou 11vs.11), utilizando estratégias de busca de informações mais eficazes e assertivas (para detalhes, ver Vaeyens et al., 2007). Além disso, esses jogadores são capazes de gerenciar melhor seu esforço cognitivo ao tomar decisões (Cardoso et al., 2019) e exibir melhores habilidades de processamento de informações (Petiot et al., 2017).

Entretanto, em esportes como o futebol, o tempo para tomar decisões é uma condição que sempre deve ser levada em consideração (Belling et al., 2015b, 2015a), uma vez que as ações geralmente ocorrem em situações altamente complexas e de restrição de tempo, com pressão constante dos oponentes e espaço limitado (Roca et al., 2011; Vaeyens et al. 2017). Portanto, é comum ver jogadores com características diferentes em relação à utilização de processos perceptivo-cognitivos e no tempo de resposta na tomada de decisão (Cardoso et al., 2019; Westbrook & Braver, 2015), o que reflete a variabilidade interindividual. Assim, os jogadores podem ser classificados em duas categorias elementares: tomadores de decisão rápidos e tomadores de decisão lentos (Reyna & Brainerd, 2011). Essas duas categorias de tomada de decisão são frequentemente associadas e descritas na teoria do sistema dual (Reyna & Brainerd, 2011).

A teoria do sistema dual pressupõe que existem dois sistemas de tomada de decisão: o primeiro é evolutivamente primitivo e, portanto, intuitivo (Evans, 2008; Mukherjee, 2010; Reyna & Brainerd, 2011; Tversky & Kahneman, 1983). O segundo é baseado em pensamento e análise e é considerado um sistema deliberativo (Reyna & Brainerd, 2011). Na literatura, eles foram denominados Sistemas 1 e 2, respectivamente, de acordo com sua ordem de aparência filogenética e ontogenética (Evans, 2008; Tversky & Kahneman, 1983). O sistema 1 é rápido, intuitivo e modula automaticamente os processos de percepção e memória, gerando uma resposta quase imediata. Por outro lado,

o processo de pensamento deliberado do Sistema 2 é mais lento e requer uma quantidade maior de tempo e esforço cognitivo para a tomada de decisões (Evans, 2008; Reyna & Brainerd, 2011; Tversky & Kahneman, 1983). Portanto, o pensamento intuitivo é rápido, automático e inconsciente, enquanto o pensamento analítico é lento, controlado e consciente (Reyna & Brainerd, 2011). Os dois sistemas são complementares. Alguns autores sugerem que o Sistema 1 está relacionado ao circuito de recompensas (por exemplo, estruturas límbicas como o estriado ventral), enquanto o Sistema 2 está mais fortemente associado ao controle cognitivo e a um número maior de interações (por exemplo, córtex pré-frontal dorsal e ventral) (e.g., Somerville, Jones, & Casey, 2011 e Rypma et al., 2006).

A relação dos Sistemas 1 e 2 com a tomada de decisão foi relatada em áreas como economia, administração, neurociência, entre outras (Beatty, 1982; Tversky & Kahneman, 1983). Apesar de pouco explorada no contexto esportivo, algumas evidências apontam que atletas experientes utilizam mais tomadas de decisão intuitivas em detrimento das tomadas de decisão deliberativas (Raab & Labord, 2003). Essas evidências parecem estar associadas às características mais econômicas e eficientes dos jogadores mais experientes no que diz respeito à utilização de processos perceptivo-cognitivos (Raab & Johnson, 2007; Roca et al., 2012). Na literatura, os pesquisadores usaram algumas avaliações para induzir jogadores de xadrez a situações de tempo limitado e verificaram que os mestres do xadrez cometiam mais erros (jogadas ruins) nos jogos em que precisavam tomar decisões mais rápidas (Lassiter, 2000). No entanto, similaridades não foram observadas em esportes mais dinâmicos, como, por exemplo, o futebol, nos quais situações de restrição de tempo são comuns (Belling et al., 2015b). Essa evidência pode ser um ponto de partida para investigações com o objetivo de analisar como os dois sistemas (sistemas 1 e 2) influenciam o tempo de resposta na tomada de decisão no futebol, bem como explicar as características dos processos perceptivo-cognitivos relacionados ao tempo de resposta na tomada de decisão. Ressalta-se que ainda não foram relatados estudos que examinaram as associações entre os processos perceptivo-cognitivos e o tempo de resposta na tomada de decisão.

Essas evidências servem como ponto de partida para investigações mais específicas, que analisem como os dois sistemas (i. e Sistema 1 e 2) influenciam o processo de tomada de decisão no futebol. Essa possibilidade é interessante, principalmente devido as características específicas do futebol. O jogo de futebol tem uma alta demanda cognitiva, na qual o jogador deve tomar muitas decisões (Roca,

Williams, & Ford, 2012; Vickers & Williams, 2017). Neste cenário é importante que os jogadores consigam gerir bem a utilização dos Sistemas 1 e 2, ora tomando decisões mais rápidas, ora tomando decisões mais lentas, dependendo do contexto/situação que o jogo apresentar. A gestão do tempo nas tomadas de decisões, portanto, é essencial para o desempenho e, nesse contexto, a literatura aponta para a importância dos processos perceptivo-cognitivos dos jogadores de futebol (Raab & Johnson, 2007; Scharfen & Memmert, 2019; Vickers & Williams, 2017). Os processos perceptivo-cognitivos estão diretamente associados com a alta performance em jogadores de futebol e sua capacidade de tomar decisões no jogo (Roca, Williams, & Ford, 2012; Vickers & Williams, 2017).

Além disso, no que diz respeito à avaliação dos processos perceptivo-cognitivos no futebol, a literatura propôs algumas variáveis a serem levadas em consideração na avaliação de jogadores, principalmente estratégias visuais de busca (Machado, Cardoso, & Teoldo, 2017; Roca, Ford, & Memmert, 2018; Williams & Davids, 1998), o esforço cognitivo (Cardoso et al., 2019; Eysenck et al., 2007) e as estratégias de processamento da informação, avaliada pelo relatório verbal (Ericsson & Simon, 1984; Petiot et al., 2017; Roca et al., 2011). Esses três processos foram considerados essenciais para a tomada de decisão e, portanto, parecem afetar muito o tempo de resposta da tomada de decisão (Cardoso et al., 2019; Roca et al., 2012; Williams et al., 1993; Williams, 2000).

Os três processos perceptivo-cognitivos mencionados acima estão diretamente relacionados às respostas mais rápidas e eficientes que os jogadores apresentam durante o jogo (Cardoso et al., 2019; Maarseveen et al., 2018; Petiot et al., 2017). Por exemplo, Maarseveen et al. (2018) indicam que uma das maneiras possíveis de obter informações e examinar como os jogadores tomam decisões em situações complexas e em pouco tempo é investigando as estratégias de busca visual. De acordo com os autores, as estratégias de busca visual são indicadores de processos aprimorados de atenção seletiva a estruturas de conhecimento específicas de tarefas (Henderson, 2003). Além disso, a percepção visual e os componentes motores parecem estar interconectados quando a tomada de decisão é necessária, exigindo uma velocidade ainda mais perceptiva na tomada de decisão (Maarseveen et al., 2018). Jogadores experientes, por exemplo, extraem informações relevantes mais rápidas e são capazes de capturar pistas visuais avançadas ou identificar padrões de jogos (Vickers & Williams, 2017). No futebol, essas informações relevantes são: a bola, os jogadores e todo o espaço envolvido no jogo (Roca et al., 2011).

Por sua vez, o esforço cognitivo apresenta uma relação direta com a tomada de decisão. Em um estudo desenvolvido por Cardoso e colaboradores (2019), apresentaram-se evidências em primeira mão sobre as associações entre conhecimento tático (declarativo e processual) e esforço cognitivo. Foi demonstrado que jogadores com maior conhecimento tático declarativo e processual precisam de menos esforço cognitivo para tomar decisões. Essas evidências reforçam que é possível que jogadores que demandam menos tempo para a tomada de decisões tenham mecanismos mais eficientes de uso e controle do esforço cognitivo. Finalmente, algumas evidências apontam que o processamento de informações de maneira mais eficiente está estritamente relacionado a estratégias eficientes de busca visual e menor esforço cognitivo, indicando que esse é um aspecto que também pode afetar diretamente o tempo de resposta na tomada de decisão (Petiot et al., 2017).

Com o objetivo de fornecer respostas concretas às relações entre o tempo de resposta na tomada de decisão e os processos perceptivos-cognitivos, o objetivo deste estudo é analisar como o tempo de resposta na tomada de decisão, gerenciada pelos Sistemas 1 e 2, está associado aos processos perceptivo-cognitivos (estratégias de busca visual, esforço cognitivo e processos de pensamento) de jovens jogadores de futebol. Nossa hipótese foi a de que jogadores de futebol, ao tomar decisões gerenciadas por sistemas distintos, exibem diferenças na utilização de processos perceptivo-cognitivos. Especificamente, assumimos que, para tomar decisões mais rápidas gerenciadas pelo Sistema 1, os jogadores precisam de processos perceptivo-cognitivos mais bem desenvolvidos e eficientes. Com base na literatura apresentada, os processos perceptivo-cognitivos mais eficientes implicam melhores estratégias de busca visual, incluindo mais fixações de curta duração por meio de uma melhor triagem do ambiente (Vaeyens et al., 2007; Ward et al., 2003) bem, como processamento da informação focados no planejamento (Petiot et al., 2017) e melhor gerenciamento do esforço cognitivo (Cardoso et al., 2019). A hipótese apresentada baseia-se nas premissas da teoria de sistema dual, segundo a qual o tempo de resposta na tomada de decisão e seu gerenciamento pelos Sistemas 1 e 2 parecem ter características diferentes no uso dos processos cognitivo-perceptivos (Mukherjee, 2010; Reyna & Brainerd, 2011; Tversky & Kahneman, 1983).

## Métodos

### Participantes

Participaram do estudo 90 jogadores de futebol do sexo masculino das categorias de base de um clube da primeira divisão do Brasil, com média de idade de  $16,69 \pm 3,11$  anos. O post hoc Power foi calculado usando o software G \* Power 3.1.9.4®, indicando um valor de 0,92. Como critério de inclusão, todos os jogadores deveriam participar de treinamentos com no mínimo cinco sessões semanais de 1h e 30 min e participar de competições de âmbito nacional e/ou internacional. Todos os jogadores possuíam tempo de prática deliberada no futebol superior a 3,500 horas.

Os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, informando estarem cientes de sua participação na pesquisa. Participantes menores de 18 anos assinaram um termo de assentimento e os seus responsáveis legais assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os procedimentos da pesquisa foram conduzidos de acordo com as normas estabelecidas pela Resolução do Conselho Nacional de Saúde (466/2012) e pelo tratado de Ética de Helsinque para pesquisas realizadas com seres humanos. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisas com seres humanos (CAAE, No. 01903818.7.0000.5153).

### Coleta de dados

Tarefa e equipamentos: Para a avaliação da velocidade e qualidade da tomada de decisão, das estratégias de busca visual, do esforço cognitivo e do relato verbal, foi utilizado um protocolo de teste de vídeo com a utilização do Mobile Eye Tracking-XG (Applied Science Laboratories, Bedford, MA, EUA). O Mobile Eye Tracking é um equipamento que permite mensurar a visão central e o comportamento pupilar do indivíduo, por meio de um sistema de câmeras montadas em um par de óculos. Esse equipamento age detectando dois aspectos, a reflexão da pupila e da córnea, determinadas pela reflexão de uma fonte de luz infravermelha na superfície da córnea, exibida em uma imagem de vídeo do olho (Wilson, Vine, & Wood, 2009).

O teste de vídeo utilizado foi composto por 11 cenas de ações ofensivas de jogos de futebol 11 contra 11, em uma perspectiva de 3ª pessoa, projetadas em uma tela, com duração entre 5 e 13 segundos cada cena. Apesar de pequeno, esse número de cenas permite a observação e retirada de informações fidedignas das variáveis relacionadas com

as habilidades perceptivo-cognitivas e com o esforço cognitivo dos jogadores. Experimentos utilizando esse protocolo tem sido publicados em estudos recentes (para saber mais ver, Américo et al., 2017; Cardoso, González-Víllora, Guilherme, & Teoldo, 2019; Machado, Cardoso, & Teoldo, 2017). Durante o experimento foram apresentadas todas as 11 sequências de vídeo, no qual as ações eram pausadas e a imagem da tela ocluída automaticamente (imagem em tela preta) momentos antes da realização de uma ação do portador da bola. Assim que o vídeo era pausado, o avaliado estava instruído a responder verbalmente o mais rápido possível “o que o portador da bola deveria fazer?” naquele momento e “o porquê?”.

Todo o protocolo experimental foi realizado em ambiente fechado, sem interferência externa, com som controlado (máximo de 35 dB), iluminação (os valores médios foram de 332 lux, com variação menor que 07 lux em todo o protocolo experimental) e temperatura ambiente (24°C). Após a preparação do ambiente, o Mobile Eye Tracking - XG era ajustado e o procedimento de calibração de 9 pontos realizado junto aos avaliados. As cenas de vídeo do teste foram apresentadas aos participantes via projeção, em uma tela de projeção retrátil (TES – TRM 150V com superfície de projeção do tipo “Matte White”), com as seguintes medidas 3,04 X 2,28 m. As cenas de vídeos foram projetadas com a utilização de um projetor HD (Epson Powerlite X14) acoplado ao teto, com resolução XGA de 2,0X2,0 m.

Para realização do protocolo experimental, os participantes ficavam posicionados em pé a 2,5m do telão em uma região previamente demarcada. Essa distância permitiu ao participante visualizar toda a tela de teste e evitou o movimento da cabeça durante o protocolo experimental. Antes de iniciar a tarefa, os procedimentos de teste eram devidamente explicados e os avaliados realizaram ensaios, nos quais três cenas de teste eram apresentadas antes da realização do experimento- os ensaios eram realizados a fim de garantir a familiaridade com o protocolo experimental. A calibração do Mobile Eye Tracking - XG foi conferida periodicamente para garantir a precisão. Todo o procedimento de aplicação do teste levou aproximadamente 30 minutos por jogador.

Durante o experimento, todas as respostas foram gravadas por um microfone embutido no Mobile Eye Tracking-XG (Applied Science Laboratories, Bedford, MA, EUA). Após a gravação das respostas do teste, o material de áudio obtido foi transcrito para formato digital em documentos de Word®, em um computador portátil (POSITIVO modelo T 3300 processador Intel Core™ i3).

Os dados transcritos foram analisados e comparados junto ao painel de peritagem oficial do teste (Mangas, 1999). Todas as cenas apresentadas aos participantes foram validadas por um painel de 6 especialistas qualificados e treinadores de futebol. As 11 cenas selecionadas apresentaram 100% de concordância entre os especialistas em relação às respostas mais apropriadas. Após a comparação com o painel de peritagem, era pontuado com 1 ponto o acerto, os erros não eram pontuados. Para análise do tempo e da qualidade da tomada de decisão, foram utilizadas apenas as cenas cuja as tomadas de decisões foram corretas. Do total de dados coletados, 78,14% das cenas foram corretamente respondidas e utilizadas para análise (vide tabela 1). Esse critério foi adotado para garantir que as medidas obtidas durante o experimento fossem analisadas em situação de isonomia. A análise dos dados foi realizada por dois avaliadores treinados, cujo valor de confiabilidade entre avaliadores foi de 97% com outros dois avaliadores, índice de Kappa 0,96. Esse valor é superior ao valor mínimo de confiabilidade proposto pela literatura (Landis & Koch, 1977).

Estratégias de Busca Visual: Para a estratégia de busca visual foram utilizados os critérios proposto por Williams e Davids (1998) para avaliação da visão central. As informações acerca da visão central foram coletadas no decorrer da tarefa de vídeo e registradas pelo Mobile Eye Tracking-XG (Applied Science Laboratories, Bedford, MA, EUA). Como envolve a avaliação de estímulos visuais em movimento (cenas de vídeo), os algoritmos não conseguem detectar com eficiência os locais exatos de fixação e, por isso, foi decidido que o método de análise quadro a quadro seria empregado (Vansteenkiste et al., 2015). Esse método consiste em reproduzir o vídeo quadro a quadro, decidindo manualmente quando uma fixação é iniciada e/ou finalizada. Três medidas-critério, foram utilizadas: i) duração média das fixações (em milissegundos); ii) o número médio de fixações por segundo, e iii) locais de preferência de fixação. As medições visão central foram processadas através do software ASLResults.

A fixação foi definida como a condição na qual o olho permaneceu estacionário por aproximadamente 1,5 grau de tolerância de variação e por um período igual ou maior que 100ms ou três quadros de vídeo (Williams & Davids, 1998). Em relação aos locais de preferência de fixação, cinco locais específicos foram definidos para análise: i) portador da bola (PB); ii) bola; iii) colegas de equipe (atacantes); iv) adversários (defensores) e, v) espaço (isto é, áreas livres dentro do campo em que nenhum jogador está localizado). Para as medidas de locais de preferência de fixação, os dados foram

apresentados em percentual. A seleção dos locais de fixação preferidos seguiu as recomendações da literatura (Roca et al., 2011; Williams & Davids, 1998). A análise dos dados foi realizada por dois avaliadores treinados que apresentaram confiabilidade inter-avaliadores de 95,4% com outros dois avaliadores, índice kappa 0,93. Este valor é superior ao valor mínimo de confiabilidade proposto pela literatura (Landis & Koch, 1977).

Esforço Cognitivo: Para avaliação do esforço cognitivo foi utilizada a técnica de pupilometria. A pupilometria fornece uma relação custo-benefício rentável para avaliação do esforço cognitivo, principalmente devido à popularização dos dispositivos de rastreamento ocular, permitindo avaliar aspectos importantes em relação ao processamento da informação em tempo real, com mensuração precisa e com baixo custo (Debue & Leemput, 2014). A avaliação do comportamento pupilar como indicador de esforço cognitivo foi primeiramente descrita no estudo de Hess e Polt (1964), no qual os autores observaram que pequenas alterações no diâmetro pupilar ocorrem em resposta a atividades mentais. Posteriormente, evidências da relação entre comportamento pupilar e esforço cognitivo também foram replicadas em outros estudos (Duchowski et al., 2018; Moran et al., 2016; van der Wel & van Steenbergen, 2018).

Neste estudo, o tamanho da pupila foi registrado continuamente a uma taxa de 60 vezes por segundo (60Hz) utilizando o Mobile Eye Tracking. O Mobile Eye Tracking possui um alto grau de precisão de medição e a taxa de erro do equipamento varia entre 0,2 e 0,5 graus. As medidas do diâmetro da pupila foram processadas usando o software ASL GazeTraker, que permite medir o tamanho da pupila e sincronizar com a tarefa de vídeo. As medidas do diâmetro dos alunos foram posteriormente transferidas para as planilhas do Excel para Windows. Os quadros de vídeo nos quais o olhar dos participantes não foi detectado (devido a piscar ou movimentos excessivos da cabeça) foram excluídos. Nenhum participante ou teste foi excluído devido à perda excessiva de dados. Todas as medidas de controle do ambiente de coleta de dados foram realizadas para reduzir, tanto quanto possível, a interferência de variáveis externas (por exemplo, som, variação de luz) e internas (por exemplo, desconforto térmico, movimento da cabeça) nas respostas pupilares.

Foram definidos cinco momentos relacionados à tarefa experimental que, posteriormente, foram utilizadas para análise do comportamento pupilar. Esses momentos buscaram caracterizar momentos distintos do da fase perceptiva e do processamento da

informação e, assim, indicar mais precisamente a relação do esforço cognitivo dentro protocolo experimental. O primeiro momento trata-se do valor basal do diâmetro pupilar, representado por M0. Esse valor foi obtido a partir do menor valor do diâmetro pupilar observado entre o final da calibração e o final da realização do experimento. O tamanho da pupila basal foi normalizado, considerando que os tamanhos individuais das pupilas geralmente são diferentes. Os valores da linha de base serviram como referência para observações subsequentes dos comportamentos de miose e midríase e suas intensidades. Os outros quatro momentos para avaliação foram definidos durante a realização do protocolo experimental, são eles: M1) Vídeo (fase na qual o avaliado está a assistir o vídeo); M2) Processamento (fase que compreende o final do vídeo e o início da resposta verbal); M3) Verbalização (fase na qual o avaliado está respondendo verbalmente sua decisão) e; M4) Descanso (fase que considera o intervalo após a resposta do avaliado até o início do próximo vídeo). Os dados do diâmetro da pupila fornecidos pelo ASL GazeTraker foram convertidos em milímetros, seguindo a sugestão de Beatty e Lucero-Wagoner (2000). Posteriormente, os dados da pupila unos foram ajustados em blocos de acordo com os quatro momentos mencionados (Vídeo, Processamento, Verbalização e Recuperação). As médias do diâmetro da pupila foram analisadas em cada um desses momentos. Os dados do esforço cognitivo foram exibidos em relação à variação do diâmetro pupilar em milímetros para cada um dos quatro momentos. Valores positivos indicam dilatação pupilar (midríase), enquanto valores negativos indicam contração pupilar (miose).

Característica do Relato Verbal: Para os dados referentes a característica do relato verbal, foram utilizadas as respostas fornecidas pelas avaliados na tarefa de vídeo, nas quais analisou-se a explicação das decisões tomadas. As respostas fornecidas pelas avaliados foram gravadas e analisadas de acordo com a adaptação desenvolvida por Ward e colaboradores (2003) do Protocolo original de Relatório Verbal elaborado por (Ericsson & Simon, 1984). Essa adaptação foi utilizada em um estudo recente (para saber mais ver, Petiot, Aquino, Cardoso, Santos, & Teoldo, 2017). Após análise dos dados, os mesmos foram organizados em quatro categorias principais de declarações: a) instruções de monitoramento, descritas como as recuperações de ações atuais ou descrições de eventos atuais; b) avaliações, descritas como alguma forma de comparação, avaliação ou avaliação de eventos que são relevantes para situações, tarefas ou contextos; c) previsões, descritas como antecipação ou destaques de eventos futuros ou potenciais; e d)

declarações de planejamento, descritas como a(s) decisão(ões) em um curso de ação a fim de antecipar um resultado ou potencial resultado de um evento.

Durante a análise dos relatos verbais, cada cena foi atribuída com sua afirmação característica dominante, de acordo com as quatro opções descritas acima. Três avaliadores treinados analisaram independentemente todas as respostas. No caso de divergências entre as respostas dos avaliadores, dois critérios foram utilizados para definir a classificação: 1) Maior número de respostas (se dois avaliadores atribuíram uma categorização e um terceiro avaliador atribuiu uma diferente, o maior número de anotações foi levado em consideração); 2) Se os três avaliadores discordaram, foi realizada uma reunião entre eles até a decisão final. Em apenas três casos, ocorreram diferenças entre os três avaliadores. A frequência de cada tipo de instrução dominante foi compilada e registrada para análise posterior. As análises dos relatórios verbais foram realizadas por 3 avaliadores treinados para este protocolo. O valor de confiabilidade entre avaliadores foi de 98,5%, índice kappa de 0,91. Este valor é superior ao valor mínimo de confiabilidade proposto pela literatura (Landis & Koch, 1977).

Procedimentos de análise dos dados e separação dos grupos a partir do tempo de resposta na tomada de decisão

Após a coleta de dados e a análise preliminar, os participantes foram categorizados em dois grupos, de acordo com o tempo de resposta e a qualidade da tomada de decisão. O tempo de resposta na tomada de decisão foi o critério usado para caracterizar os Sistemas de tomada de decisão prioritária dos jogadores (Sistema 1 ou 2) (Reyna & Brainerd, 2011). A categorização do tempo de resposta na tomada de decisão foi feita considerando o tempo médio (em segundos) entre o quadro final do vídeo e o início da resposta do participante em relação à sua decisão. A taxa de leitura de dados pelo Mobile Eye Tracking (com uma resolução temporal de 60 Hz) forneceu um alto grau de precisão temporal das respostas.

Quanto à qualidade da tomada de decisão, conforme descrito anteriormente, foram utilizados apenas os valores das respostas corretas. A Tabela 1 exhibe informações sobre a porcentagem de respostas corretas na tomada de decisões para tempos de resposta mais curtos (mais rápidos) e mais longos (mais lentos) durante o teste.

Os 90 jogadores foram divididos em três grupos. Usamos o tempo de resposta na tomada de decisão de dados de desempenho do teste de vídeo específico do futebol como

um método objetivo para diferenciar os 90 jogadores. Uma terceira abordagem de divisão foi usada, onde os participantes classificados entre os 33% superiores ( $n = 30$ ) e os 33% inferiores ( $n = 30$ ) no teste foram comparados. Queríamos garantir que nosso critério para estratificar jogadores habilidosos em subgrupos fosse baseado em marcadores objetivos e que as pontuações registradas dos dois grupos fossem estatisticamente diferentes um do outro. Esta abordagem de exclusão segue procedimentos de estudos anteriores (Gonzaga et al., 2014; Roca et al., 2018). O grupo mais rápido ( $n=30$ ) apresentou tempo médio de resposta de  $1,67 \pm 0,32$  na tomada de decisão, enquanto o grupo mais lento ( $n=30$ ) levou  $5,91 \pm 1,83$ , em média, para responder. Diferenças estatísticas foram observadas na comparação entre os grupos ( $t_{(58)} = -11,091; p < 0,001; d = 2,44$ ). Após a categorização dos grupos, foram realizados procedimentos estatísticos, considerando a variável independente, a divisão dos grupos com diferentes tempos de resposta na tomada de decisão.

**Tabela 1:** Categorização dos grupos mais rápidos e mais lentos no tempo de resposta da tomada de decisão.

Variáveis	Rápidos (n=30)	Lentos (n=30)
	%	%
% de acertos	79,08	77,19

Para analisar a distribuição dos dados em busca visual, esforço cognitivo e comportamento do relato verbal, foi utilizado o teste Shapiro-Wilk e os dados apresentaram distribuição normal. O teste t para amostras independentes foi utilizado para comparar as métricas das estratégias de busca visual (i- duração média das fixações (em milissegundos), ii - o número médio de fixações por segundo e, iii – locais de preferência de fixação), esforço cognitivo e relatório verbal, referente aos grupos com tempo de resposta diferente na tomada de decisão. Nessa análise, o tamanho do efeito foi representado pelos valores de d de Cohen, de acordo com a seguinte classificação: efeito desprezível ( $< 0,19$ ), efeito pequeno (entre 0,20 e 0,49), efeito intermediário (de 0,50 a 0,79), efeito grande (entre 0,80 e 1,29) e efeito muito grande ( $> 1,30$ ) (Rosenthal, 1996). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com o software SPSS 24.0 e o nível de significância foi estabelecido em  $p < 0,05$ .

## Resultados

### Estratégias de Busca Visual

Na comparação entre os grupos com diferentes tempos de resposta na tomada de decisão, os resultados do teste t apontam para diferenças significativas entre os jogadores para duas medidas de busca visual: i) a duração média de fixação ( $t_{(58)}=-8,903$ ,  $p<0,001$ ,  $d=2,29$ ) e ii) o número de fixações por segundo ( $t_{(58)}=-8,418$ ,  $p<0,001$ ,  $d=2,17$ ). Jogadores com menor tempo de resposta na tomada de decisão realizam mais fixações de curta duração em relação aos jogadores que tomam decisões mais lentas. A tabela 1 apresenta os resultados referentes a estas medidas.

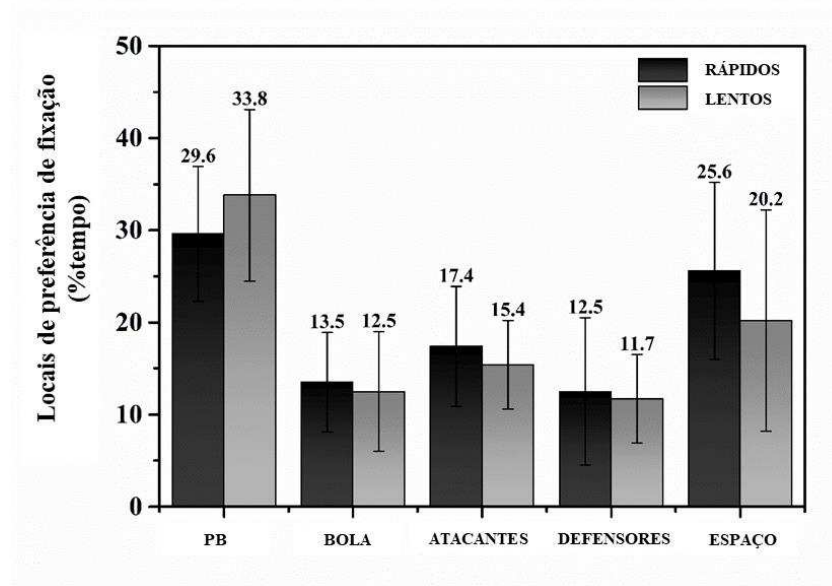
**Tabela 2:** Valores descritivos e inferenciais das variáveis de busca visual entre os grupos com diferentes tempos de resposta na tomada de decisão.

Variáveis	Rápidos (n=30)	Lentos (n=30)	t	p	d	r
	Média±DP	Média±DP				
Duração das Fixações*	520,00±197,84	905,89±131,19	-8,903	<,001	2,29	0,75
No. de Fixações por seg*	5.81±1.68	2.25±1.60	-8.419	<0.001	2.17	0.73

\*Diferenças significativas

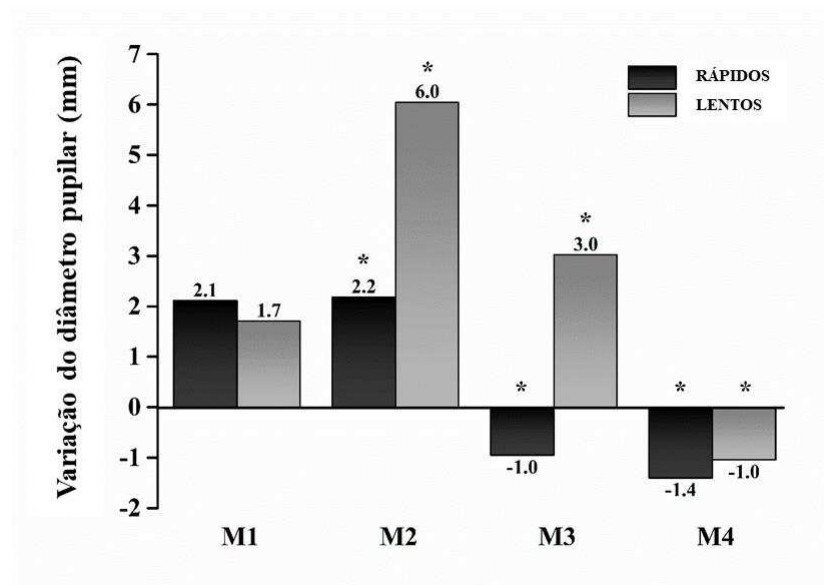
Em relação ao local de busca visual, na comparação entre os grupos com diferentes tempos de resposta na tomada de decisão, não foram observadas diferenças significativas: i) Portador da bola (PB) ( $t_{(58)}=-1,950$ ,  $p=0,059$ ,  $d=0,50$ ); ii) Bola ( $t_{(58)}=-,636$ ,  $p=0,527$ ,  $d=0,16$ ); iii) Atacantes ( $t_{(58)}=1,315$ ,  $p=0,194$ ,  $d=0,34$ ); iv) Defensores ( $t_{(58)}=-,463$ ,  $p=0,645$ ,  $d=0,12$ ) e, v) Espaço ( $t_{(58)}=1,917$ ,  $p=0,062$ ,  $d=0,53$ ), (ver figura 1).

**Figura 1:** Resultados dos grupos rápidos e lentos em relação aos locais de preferência de fixação.



#### Esforço Cognitivo

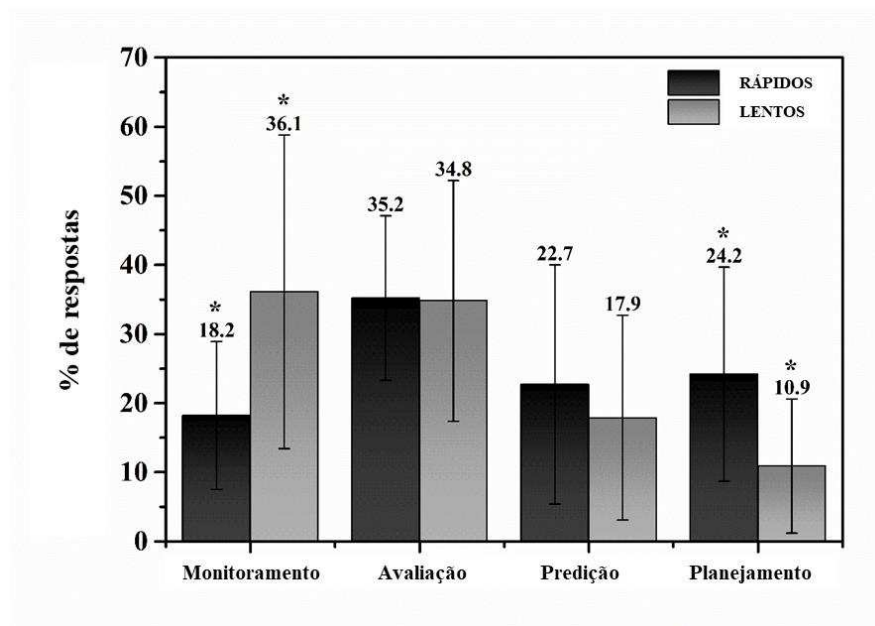
Na comparação do esforço cognitivo entre os grupos com diferentes tempos de resposta na tomada de decisão, os resultados do teste t apontam para diferenças significativas entre os jogadores para os momentos M2 (processamento) ( $t_{(58)}=-4,355$ ,  $p<0,001$ ,  $d=1,12$ ), M3 (resposta) ( $t_{(58)}=-3,659$ ,  $p=0,001$ ,  $d=0,93$ ) e, M4 (recuperação) ( $t_{(58)}=-4,403$ ,  $p<0,001$ ,  $d=1,14$ ). Para o momento M1 não foi observada diferença ( $t_{(58)}=0,594$ ,  $p=0,555$ ,  $d=0,08$ ). Em todas as diferenças significativas encontradas é possível observar que os jogadores com menor tempo de resposta na tomada de decisão apresentaram menor esforço cognitivo durante os momentos avaliados. Os resultados do esforço cognitivo são apresentados na figura 2:



**Figura 2:** Resultados dos grupos rápido e lento em relação à variação do diâmetro da pupila entre os diferentes momentos do teste. Diferenças significativas são indicadas por (\*).

#### Característica do Relato Verbal

Os resultados do teste t apontam diferenças significativas entre os jogadores com diferentes tempos de resposta na tomada de decisão para a categoria monitoramento ( $t_{(58)}=-3,902$ ,  $p<0,001$ ,  $d=1,01$ ) e planejamento ( $t_{(58)}=3,991$ ,  $p<0,001$ ,  $d=1,03$ ) categorias de resposta. Jogadores com menor tempo de resposta na tomada de decisão forneceram mais relatórios relacionados à categoria de planejamento, enquanto jogadores com maior tempo de resposta na tomada de decisão forneceram mais relatórios da categoria de monitoramento. Não foram encontradas diferenças significativas para as demais categorias (avaliação -  $t_{(58)}=0,079$ ,  $p=0,938$ ,  $d=0,02$ ; previsão -  $t_{(58)}=1,165$ ,  $p=0,249$ ,  $d=0,30$ ). Os resultados do relato verbal são apresentados na figura 3:



**Figura 3:** Resultados de grupos rápidos e lentos em relação às categorias de verbalização. Diferenças significativas são indicadas por (\*).

## Discussão

O objetivo deste estudo foi analisar como o tempo de resposta na tomada de decisão, gerenciado pelos Sistemas 1 e 2, estão associadas aos processos perceptivo-cognitivos (estratégias de busca visual, esforço cognitivo e processos de pensamento) de jovens jogadores de futebol. Constatou-se que jogadores com menor tempo de resposta na tomada de decisão empregaram um número maior de fixações de curta duração e mostraram menor esforço cognitivo nas fases de processamento de informações, verbalização da decisão e recuperação. Nessa análise, evidencia-se a característica dos relatórios verbais orientados ao planejamento, quando comparados aos jogadores com maior tempo de resposta na tomada de decisão. Esses resultados reforçam a hipótese deste estudo ao sugerir a existência de um processo cognitivo duplo, em que o uso prioritário de um dos sistemas (por exemplo, Sistema 1 ou Sistema 2) implica processos perceptivo-cognitivos distintos na tomada de decisão. Destaca-se ainda que os tamanhos de efeito observados nos resultados reforçam a robustez dessa descoberta.

De acordo com os resultados obtidos, o tempo de resposta na tomada de decisão mais rápido, gerenciado pelo Sistema 1 indica a utilização de processos perceptivo-cognitivos mais vantajosos, que demonstraram ser mais rápidos e eficientes em jogadores que tomam decisões rápidas. Essa evidência reforça a importância do desenvolvimento dos processos perceptivo-cognitivos para a tomada de decisões no

futebol e apontam a importância de respostas intuitivas, gerenciadas pelo Sistema 1. Raab e Labord (2011). Ao se avaliarem jogadores de handebol, observou-se que os especialistas usam pouca informação ambiental e confiam na resposta gerada intuitivamente; além disso, as decisões tomadas de maneira intuitiva foram geralmente melhores do que as decisões deliberativas. Essa evidência reforça nossa hipótese de que, para os jogadores tomarem decisões gerenciada pelo Sistema 1, devem possuir processos perceptivo-cognitivos muito bem desenvolvidos, que permitam maior eficiência e assertividade.

Dessa forma, as respostas intuitivas no futebol parecem permitir que os jogadores tomem decisões mais rápidas com menos esforço cognitivo em um ambiente cujo tempo é limitado e um fator determinante (Haier, Jung, Yeo, Head, & Alkire, 2005; Mann, Williams, Ward, & Janelle, 2007; Tversky & Kahneman, 1983). Nesse contexto, a tomada de decisão rápida e intuitiva leva em consideração a capacidade de otimizar as estratégias de busca visual (processos perceptivos) e direcionar prioritariamente os recursos da metacognição para o processamento da informação; conseqüentemente, responder rapidamente as demandas da tarefa (Reyna & Brainerd, 2011; Tversky & Kahneman, 1983). Assim, a capacidade de tomar decisões rápidas, gerenciadas pelo Sistema 1, permite julgamentos e respostas automáticas com menor esforço cognitivo (Evans, 2008). Esse fato pode ainda ser explicado pela menor dependência de interações neurais mais robustas dos indivíduos, o que demanda menor tempo de resposta para tomada de decisão (Rypma et al., 2006). Além disso, o uso inconsciente, intuitivo e automático dos recursos ativos da memória de trabalho e longo prazo (esquemas) permite respostas mais rápidas com menor esforço cognitivo (Henke, 2010; Reyna & Brainerd, 2011; Tversky & Kahneman, 1983). Por outro lado, quando os jogadores apresentam maior tempo de resposta para tomada de decisão, o Sistema 2 exige uma “conscientização” de todo o processo decisório, aumentando substancialmente o número de interações neurais e a utilização dos recursos de memória de trabalho e de longo prazo. Portanto, o processo de tomada de decisão se torna mais analítico (ou seja, lento, controlado e consciente), aumentando o tempo de resposta e o esforço cognitivo necessário para realizar a tarefa (Evans, 2008; Tversky & Kahneman, 1983).

Cabe destacar que nossos resultados indicam que, apesar das diferenças no número e na duração das fixações entre os jogadores que tomam decisões em velocidades diferentes, os locais de preferência de fixação não foram estatisticamente significantes. Esses resultados apontam que os mecanismos perceptivos, isoladamente, apesar de importantes, como alguns estudos sugerem (Mann et al., 2007; Roca et al., 2011; Ward &

Williams, 2003; Williams, Ward, Bell-Walker, & Ford, 2012; Williams, 2000), podem apresentar uma influência no tempo de resposta na tomada de decisão menor em detrimento do processamento da informação por si. Essa possibilidade já foi apresentada por Johnson e Raab (2003) nos pressupostos da heurística “take-the-first”, segundo a qual ser capaz de reduzir ao máximo os números de elementos que requerem atenção aumenta as chances de tomadas de decisões mais rápidas e consistentes.

Assim, a partir desses pressupostos, é importante que o jogador determine regras de similaridade nas situações que vivencia no jogo, modificando o papel da percepção (e.g. estratégias de busca visual) no momento da decisão sob pressão, de uma percepção mais ampla para uma percepção mais direcionada, o que abre espaço para investimento de recursos cognitivos no processamento da informação.

Essa modificação do papel da percepção também pode ser reforçada a partir de evidências neurocognitivas, uma vez que independente da ação dos sistemas dorsal ou ventral no controle das fixações, o cérebro humano é relativamente lento em processar as informações visuais (para saber mais ver, Corbetta & Shulman, 2002). Assim, em um ambiente com muitos estímulos como no futebol, a capacidade perceptiva pode ficar sobrecarregada (Evans, 2008; Reyna & Brainerd, 2011). Dessa forma, cabe ao jogador encontrar maneiras de otimizar o uso dos processos perceptivo-cognitivos, o que é feito aumentando a velocidade do processamento de informações e que, de acordo com nossos resultados, permite aumentar a velocidade com que as decisões são tomadas. Esses resultados levam a especular que, embora a informação visual seja relevante para a tomada de decisão, o tempo de resposta dessa decisão parece estar mais intimamente ligado aos mecanismos de processamento da informação, em que um controle maior e mais consciente da informação ambiental é substituído por processamento mais intuitivo e rápido.

Visando a uma otimização perceptiva e maior velocidade de processamento da informação, alguns estudos têm destacado que a forma como os jogadores gerem o esforço cognitivo é essencial para manutenção do desempenho (Cardoso et al., 2019; van der Wel & van Steenbergen, 2018; Verguts, Vassena, & Silvetti, 2015). Manter um elevado esforço cognitivo um por um longo período de tempo parece aumentar a possibilidade do jogador atingir o estado de fadiga mental e, assim contribui com a deterioração do desempenho (Kunrath et al., 2020; van der Wel & van Steenbergen, 2018).

Mediante essas características, o esforço cognitivo é uma variável importante a

ser levada em consideração no processo de treinamento e jogos no futebol. O presente estudo, reforça essa importância ao demonstrar que jogadores que apresentam um tempo de resposta na tomada de decisão menor parecem ser mais eficientes cognitivamente, sobretudo nas fases de processamento, resposta e recuperação, indicando uma melhor capacidade em utilizar e gerenciar os recursos cognitivos disponíveis. Portanto, é importante destacar que aspectos inerentes à experiência e ao conhecimento tático, bem como a melhor capacidade de utilização da memória de trabalho e longo prazo são os mecanismos responsáveis por otimizar o esforço cognitivo e o processamento da informação, favorecendo uma tomada de decisão rápida (Baddeley, 1983; Cardoso et al., 2019; Ericsson, Hoffman, Kozbelt, & Williams, 2006; Reyna & Brainerd, 2011).

Os resultados observados em nosso trabalho sobre estratégias de busca visual e esforço cognitivo foram corroborados pelos achados relacionados aos relatos verbais. Os participantes que apresentam menor tempo de resposta na tomada de decisão usaram significativamente mais verbalizações de planejamento em comparação com os jogadores que gastaram um maior tempo. Por sua vez, os jogadores que levaram um maior tempo de resposta na tomada de decisão, apresentam mais verbalizações voltadas para o monitoramento em comparação com os jogadores que demandam menor tempo de resposta na tomada de decisão. As diferenças no relato verbal de ambos os grupos reforçam as diferenças observadas nos processos perceptivo-cognitivos dos participantes com diferentes tempos de resposta na tomada de decisão.

Em relação ao grupo com menor tempo de resposta para tomada de decisão, os relatos verbais de planejamento estão associados a uma decisão sobre um curso de ação, com intenção de antecipar um resultado ou evento que irá ocorrer (Ward et al., 2003). Este resultado demonstra que os jogadores que apresentam menor tempo de resposta na tomada de decisão otimizam o processamento da informação e reduzem o tempo de resposta decisional (Cardoso et al., 2019; Kahnemann & Beatty, 1967; Mann et al., 2007). Essa característica auxilia em processos com elevada associação com a tomada de decisão rápida, como por exemplo a habilidade de antecipação (Gonçalves, Gonzaga, Cardoso, & Teoldo, 2015; Roca et al., 2018; Rondeel, van Steenbergen, Holland, & van Knippenberg, 2015). Isso pode trazer significativas vantagens para os jogadores durante os confrontos com os adversários nos jogos (Gonçalves et al., 2015; Roca et al., 2012).

Já em relação aos jogadores com maior tempo de resposta nas tomadas de decisões, observamos diferenças na utilização do relato verbal focado no monitoramento. Tal forma de verbalização diz respeito a capacidade em analisar a situação e recordar,

com base nas ações atuais ou, pela descrições de eventos, as melhores possibilidades de resposta (Ericsson & Simon, 1984; Ward et al., 2003). Esse resultado sugere que os jogadores com maior tempo de resposta nas tomadas de decisões, carecem de mais tempo e recursos perceptivos e cognitivos para compreender o contexto e, somente após isso eles tomam suas decisões. Essa característica, em muitas situações, pode garantir uma maior assertividade (Petiot et al., 2017), contudo, como o jogo acontece em alta intensidade na maior parte do tempo, as chances de sucesso dos jogadores podem ser reduzidas por não conseguirem ser rápidos o suficiente (Ericsson & Simon, 1984; Ward et al., 2003).

De modo geral, o tempo de resposta na tomada de decisão parece estar associado diretamente aos processos perceptivo-cognitivos, indicando que os Sistemas 1 e 2 requerem processos perceptivo-cognitivos distintos quando empregados. Nota-se que os jogadores que demandam menos tempo para tomar decisões possuem melhor capacidade de processamento da informação, o que pode melhorar sua habilidade em planejar e antecipar uma situação e resolver um problema correspondente durante o jogo, além de demandar menor esforço cognitivo nesse processo (Mann et al., 2007; Williams et al., 2012).

Estudos futuros devem abordar uma avaliação mais detalhada das medidas de esforço cognitivo por meio da pupilometria. Por exemplo, é importante considerar a relação entre esforço cognitivo (comportamento pupilar) e o local de fixação do jogador. Essa análise permite, em primeiro lugar, reduzir o efeito de um aspecto relacionado à luminância local, ou seja, a quantidade de luz refletida no local exato da tela em que o jogador está fixando o olhar, além de permitir uma análise mais detalhada compreensão sobre como o esforço cognitivo está relacionado a essa fixação. Uma limitação desse estudo é o tempo de exibição da cena que apresenta uma variação temporal relativamente grande (5 a 13 segundos) que pode afetar potencialmente os processos cognitivo-perceptivos dos jogadores.

### Conclusões e implicações práticas

Em conclusão, este artigo fornece fortes evidências sobre as vantagens perceptivo-cognitivas dos jogadores que apresentam menor tempo de resposta na tomada de decisão. Também é observada a importância da fase de processamento da informação como a mais relevante para o contexto da decisão. Entretanto, sugerimos que novos estudos avaliem

os três processos juntos (estratégias de busca visual, esforço cognitivo e estratégias de processamento), bem como o tempo de resposta, para buscar reforçar os resultados. Além disso, pesquisas futuras devem procurar identificar as associações das habilidades perceptivo-cognitivas e tomada de decisão e sua influência no desempenho no jogo. O presente artigo também apresenta informações importantes sobre como os processos perceptivo-cognitivos estão associados aos Sistemas 1 e 2.

Para a prática, é importante destacar dois pontos, o primeiro sobre a implicação do treino no processo de melhoria do desempenho. Nesse ponto, o treino deve ser organizado com intuito de estimular as tomadas de decisões dos jogadores de maneira rápida e intuitiva, aumentando a capacidade do jogador em processar as informações e tomar decisões corretas. É necessária, portanto, a utilização de instrumentos que permitam avaliar o tempo de resposta na tomada de decisão dos jogadores em diferentes situações de jogo. A partir do levantamento dessas informações, será possível planejar o treino de forma mais individualizada considerando as características da equipe e dos jogadores, focando sempre em atividades que estimulem as tomadas de decisões mais rápidas e em situações que eles necessitem melhorar o tempo de resposta. Uma estratégia para induzir comportamentos com tempo de resposta mais rápida no treinamento é a utilização de restrição de tempo e/ou espaço nas atividades.

Outro ponto importante diz respeito a necessidade do desenvolvimento de ferramentas específicas do futebol, capazes de avaliar e controlar o esforço cognitivo no contexto do treino e jogo. Essa medida é um indicador direto da capacidade de processamento de informação e do desgaste e recuperação cognitiva do jogador, estando ainda associado as possibilidades do jogador entrar em um estado de fadiga mental (Kunrath et al., 2020; Cardoso et al., 2019). Assim, se conseguirmos controlar de forma objetiva essa variável, como já é possível fazer nos aspectos físicos, fisiológicos, técnicos, motores e táticos (Filetti, Ruscello, D'Ottavio, & Fanelli, 2017; Naito & Hirose, 2014; Teoldo, Garganta, Greco, Mesquita, & Maia, 2011), além de considerar que metodologias mais atuais de ensino e treinamento do futebol incluem o aspecto cognitivo como parte central da periodização (Teoldo, Guilherme, & Garganta, 2015), teremos informações objetivas para auxiliar na melhor organização e sistematização dos treinamentos e consequentemente na formação dos jogadores.

**Referências**

- Américo, H. B., Kowalski, M., Cardoso, F., Kunrath, C. A., González-Víllora, S., & Teoldo, I. (2017). Difference in declarative tactical knowledge between U-11 and U-15 soccer players. *Human Movement*, 18(5), 25–30. <https://doi.org/10.1515/humo-2017-0045>
- Baddeley, A. D. (1983). Working memory. In *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (Vol. 302, pp. 311–324). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2834.2011.01270.x>
- Beatty, J. (1982). Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. *Psychological Bulletin*, 91(2), 276–292. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.91.2.276>
- Beatty, J., & Lucero-Wagoner, B. (2000). The pupillary system. In *Handbook of psychophysiology* (2nd ed.). (pp. 142–162). <http://prx.library.gatech.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=2000-03927-005&site=ehost-live>
- Belling, P. K., Suss, J., & Ward, P. (2015a). Advancing theory and application of cognitive research in sport: Using representative tasks to explain and predict skilled anticipation, decision-making, and option-generation behavior. *Psychology of Sport and Exercise*, 16(P1), 45–59. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.08.001>
- Belling, P. K., Suss, J., & Ward, P. (2015b). The effect of time constraint on anticipation, decision making, and option generation in complex and dynamic environments. *Cognition, Technology and Work*, 17(3), 355–366. <https://doi.org/10.1007/s10111-015-0334-2>
- Cardoso, F. S. L., González-Víllora, S., Guilherme, J., & Teoldo, I. (2019). Young soccer players with higher tactical knowledge display lower cognitive effort. *Perceptual and Motor Skills*, 126(3), 499–514. <https://doi.org/10.1177/0031512519826437>
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 201–215. <https://doi.org/10.1038/nrn755>
- Debue, N., & Leemput, C. van de. (2014). What does germane load mean ? An empirical contribution to the cognitive load theory. *Frontier in Psychology*, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01099>
- Duchowski, A. T., Biele, C., & Niedzielska, A. (2018). The index of pupillary activity

- measuring cognitive load vis-à-vis task difficulty with pupil oscillation. *CHI 2018*, 2(1), 1–13.
- Ericsson, K. A., Hoffman, R. R., Kozbelt, A., & Williams, A. M. (2006). *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. Cambridge University Press.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1984). *Protocol analysis: Verbal reports as data*. the MIT Press.
- Evans, J. (2008). Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Annual Review of Psychology*, 59(1), 255–278.
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. *Emotion*, 7(2), 336–353. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.2.336>
- Filetti, C., Ruscello, B., D’Ottavio, S., & Fanelli, V. (2017). A study of relationships among technical, tactical, physical parameters and final outcomes in elite soccer matches as analyzed by a semiautomatic video tracking system. *Perceptual and Motor Skills*, 124(3), 601–620. <https://doi.org/10.1177/0031512517692904>
- Gonzaga, A. D. S., Albuquerque, M. R., Malloy-Diniz, L. F., Greco, P. J., & Teoldo, I. (2014). Affective decision-making and tactical behavior of under-15 soccer players. *PLoS ONE*, 9(6), 1–6. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101231>
- Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R. A., Head, K., & Alkire, M. T. (2005). Structural brain variation, age, and response time. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5(2), 246–251.
- Henderson, J. M. (2003). Human gaze control during real-world scene perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(11), 498–504. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.09.006>
- Henke, K. (2010). A model for memory systems based on processing modes rather than consciousness. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(7), 523–532. <https://doi.org/10.1038/nrn2850>
- Hess, E., & Polt, J. (1964). Pupil size in relation to mental activity during simple problem solving. *Science*, 140, 1190–1192. <https://doi.org/10.1126/science.143.3611.1190>
- Johnson, J. G., & Raab, M. (2003). Take the first: Option-generation and resulting choices. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 91(2), 215–229. [https://doi.org/10.1016/S0749-5978\(03\)00027-X](https://doi.org/10.1016/S0749-5978(03)00027-X)
- Kahnemann, D., & Beatty, J. (1967). Pupillary responses in a pitch-discrimination task. *Perception & Psychophysics*, 2(3), 101–105. <https://doi.org/10.3758/BF03210302>
- Kunrath, C. A., Nakamura, F. Y., Roca, A., Tessitore, A., & Teoldo, I. (2020). How does

- mental fatigue affect soccer performance during small-sided games? A cognitive, tactical and physical approach. *Journal of Sport Science*, in press.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lassiter, G. D. (2000). The relative contributions of recognition and search-evaluation processes to high-level chess performance: Comment on Gobet and Simon. *Psychological Science*, 11(2), 172–173. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00234>
- Maarseveen, M. J. J. Van, Savelsbergh, G. J. P., & Oudejans, R. R. D. (2018). In situ examination of decision-making skills and gaze behaviour of basketball players. *Human Movement Science*, 57, 205–216. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.12.006>
- Machado, G., Cardoso, F., & Teoldo, I. (2017). Visual search strategy of soccer players according to different age groups. *Motriz: Revista de Educação Física*, 23(3), 14–19. <https://doi.org/10.1590/s1980-6574201700030022>
- Mangas, C. J. (1999). Conhecimento declarativo no futebol: Estudo comparativo em praticantes federados e não-federados, do escalão de Sub-14. [Declarative knowledge in soccer: Comparative study in federated and non-federated practitioners, from the u- 14 level] (master's thesis, p. 98). Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.
- Mann, D. T. Y., Williams, A. M., Ward, P., & Janelle, C. M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29(4), 457–478. <https://doi.org/10.1123/jsep.29.4.457>
- Mukherjee, K. (2010). A dual system model of preferences under risk. In *Psychological Review* (Vol. 117, Issue 1, pp. 243–255). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/a0017884>
- Naito, E., & Hirose, S. (2014). Efficient foot motor control by Neymar's brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00594>
- Petiot, G. H., Aquino, R., Cardoso, F., Santos, R., & Teoldo, I. (2017). What mental process favours quality decision-making in young soccer players? *Motriz: Revista de Educação Física*, 23(3), 1–7. <https://doi.org/10.1590/s1980-6574201700030003>
- Raab, M., & Laborde, S. (2011). When to blink and when to think: Preference for intuitive decisions results in faster and better tactical choices. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(1), 89–98. <https://doi.org/10.1080/02701367.2011.10599725>
- Reyna, V. F., & Brainerd, C. J. (2011). Dual processes in decision making and

- developmental neuroscience: A fuzzy-trace model. *Developmental Review: DR*, 31(2–3), 180–206. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2011.07.004>
- Roca, A., Ford, P. R., McRobert, A. P., & Williams, A. M. (2011). Identifying the processes underpinning anticipation and decision-making in a dynamic time-constrained task. *Cognitive Processing*, 12(3), 301–310. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10339-011-0392-1>
- Roca, A., Ford, P. R., & Memmert, D. (2018). Creative decision making and visual search behavior in skilled soccer players. *PLoS ONE*, 13(7), 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199381>
- Roca, A., Ford, P. R., & Memmert, D. (2020). Perceptual-cognitive processes underlying creative expert performance in soccer. *Psychological Research*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s00426-020-01320-5>
- Roca, A., Williams, A. M., & Ford, P. R. (2012). Developmental activities and the acquisition of superior anticipation and decision making in soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1643–1652. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.701761>
- Rosenthal, J. A. (1996). Qualitative descriptors of strength of association and effect size. *Journal of Social Service Research*, 21(4), 37–59. [https://doi.org/10.1300/J079v21n04\\_02](https://doi.org/10.1300/J079v21n04_02)
- Rypma, B., Berger, J. S., Prabhakaran, V., Martin Bly, B., Kimberg, D. Y., Biswal, B. B., & D’Esposito, M. (2006). Neural correlates of cognitive efficiency. *NeuroImage*, 33(3), 969–979. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.05.065>
- Somerville, L., Jones, R. M., & Casey, B. (2011). A time of change: Behavioral and neural correlates of adolescent sensitivity to appetitive and aversive environmental cues. *Brain and Cognition*, 72(1), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.07.003.A>
- Teoldo, I., Guilherme, J., & Garganta, J. (2015). Training football for smart playing: On tactical performance of teams and players. *Appris*.
- Teoldo, Israel, Garganta, J., Greco, P., Mesquita, I., & Maia, J. (2011). System of tactical assessment in Soccer (FUT-SAT): Development and preliminary validation. *Motricidade*, 7(1), 69–84. [https://doi.org/10.6063/motricidade.7\(1\).121](https://doi.org/10.6063/motricidade.7(1).121)
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1983). Extensional versus intuitive reasoning: The conjunction fallacy in probability judgment. *Psychological Review*, 90(4), 293–315.
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., Mazyn, L., & Philippaerts, R. M. (2007). The effects of task constraints on visual search behavior and decision-making skill in

- youth soccer players. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29(2), 147–169.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1123/jsep.29.2.147>
- van der Wel, P., & van Steenbergen, H. (2018). Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1–11.  
<https://doi.org/10.3758/s13423-018-1432-y>
- Vansteenkiste, P., Cardon, G., Philippaerts, R., & Lenoir, M. (2015). Measuring dwell time percentage from head-mounted eye-tracking data – comparison of a frame-by-frame and a fixation-by-fixation analysis. *Ergonomics*, 58(5), 712–721.  
<https://doi.org/10.1080/00140139.2014.990524>
- Verguts, T., Vassena, E., & Silvetti, M. (2015). Adaptive effort investment in cognitive and physical tasks: a neurocomputational model. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9(March). <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00057>
- Vickers, J. N. (1996). Visual control when aiming at a far target. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(2), 342.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1037/0096-1523.22.2.342>
- Vickers, J. N., & Williams, A. M. (2017). The role of mental processes in elite sports performance. *Oxford Research Encyclopedia of Psychology*, 1, 1–25.  
<https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190236557.013.161>
- Ward, P, Williams, M., & Ericsson, K. (2003). Underlying mechanisms of perceptual-cognitive expertise in soccer. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 25.
- Ward, Paul, & Williams, A. M. (2003). Perceptual and cognitive skill development in soccer: The multidimensional nature of expert performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 25(1), 93–111. <https://doi.org/10.1123/jsep.25.1.93>
- Westbrook, A., & Braver, T. S. (2015). Cognitive effort: A neuroeconomic approach. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 15(2), 395–415.  
<https://doi.org/10.3758/s13415-015-0334-y>
- Williams, A., Davids, K., Burwitz, L., & Williams, J. (1993). Visual search and sports performance. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(2), 55–65.  
<http://shura.shu.ac.uk/3322/>
- Williams, A. M., Ward, P., Bell-Walker, J., & Ford, P. R. (2012). Perceptual-cognitive expertise, practice history profiles and recall performance in soccer. *British Journal of Psychology*, 103(3), 393–411. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.2011.02081.x>
- Williams, A M, & Davids, K. (1998). Visual search strategy, selective attention, and expertise in soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69(2), 111–128.

- Williams, A Mark. (2000). Perceptual skill in soccer: Implications for talent identification and development. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 737–750.
- Williams, M., & Davids, K. (1995). Declarative knowledge in sport: A by-product of experience or a characteristic of expertise? *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 17(3), 259–275.
- Williams, M., Davids, K., Burwitz, L., & Williams, J. (1993). Cognitive knowledge and soccer performance. *Perceptual and Motor Skills*, 76(2), 579–593.
- Williams, M., & Reilly, T. (2000). Talent identification and development in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18, 657–667.
- Wilson, M. R., Vine, S. J., & Wood, G. (2009). The influence of anxiety on visual attentional control in basketball free throw shooting. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 31, 152–168.

# Capítulo V

## Artigo Experimental 4

---

**Artigo Experimental 4: Este capítulo foi submetido como artigo original  
para a revista: Perceptual and Motor Skills**

## **I.5 Como o esforço cognitivo influencia o comportamento tático dos jogadores de futebol?**

Felippe da S. L. Cardoso, Tomás García-Calvo, Tomas Patrick, Israel Teoldo

### **Resumo**

O presente estudo teve como objetivo investigar a associação entre o esforço cognitivo e a eficiência do comportamento tático de jogadores de futebol. Foram avaliados 52 jovens jogadores de futebol de um clube brasileiro da primeira divisão. O FUT-SAT foi utilizado para avaliar a eficiência do comportamento tático. O *Mobile Eye Tracking-XG* e um protocolo de teste de vídeo foram utilizados para mensurar o esforço cognitivo. Após a coleta dos dados, os participantes foram agrupados de acordo com os escores de esforço cognitivo. Foram realizadas análises estatísticas com os testes de *Kolmogorov-Smirnov*, teste t para medidas independentes e regressão linear. Os resultados demonstraram uma associação alta e inversa entre esforço cognitivo e eficiência do comportamento tático, ou seja, jogadores que apresentam menor esforço cognitivo possuem valores mais altos de eficiência do comportamento tático no teste de campo. Em conclusão, esses resultados indicam que manter um menor esforço cognitivo parece ser favorável na execução de um comportamento tático mais eficiente.

**Palavras-Chave:** Tomada de decisão; pupilometria; Eficiência do comportamento tático; avaliação.

## **Introdução**

No futebol, devido ao elevado número de tomadas de decisões que ocorrem, normalmente sob pressão de tempo e espaço, os jogadores necessitam utilizar de maneira rápida e eficiente muitos recursos cognitivos para obterem sucesso e manterem um alto nível de rendimento (Vickers & Williams, 2017). Essa característica do jogo de futebol, exige do jogador uma capacidade de gerenciamento adequado do seu esforço cognitivo (Cardoso et al., 2019). O esforço cognitivo é definido por Lee et al. (1994, p. 329) como o "[...] trabalho mental envolvido nas tomadas de decisões". Fiske e Taylor (2013) indicam que em algumas situações, o esforço cognitivo necessário para a realização de algumas tarefas pode ser muito alto, excedendo a capacidade do cérebro na utilização de recursos cognitivos e neurais para resolver um problema específico. Quando isso ocorre, os jogadores podem passar a ter problemas no seu desempenho esportivo (van der Wel & van Steenbergen, 2018; Westbrook & Braver, 2015).

Na literatura especializada, existem fortes argumentos indicando que a capacidade de gerir o esforço cognitivo é algo possível (Karatekin, 2004; Shenhav et al., 2013; Westbrook & Braver, 2015). Assim, os indivíduos frente a situação problema decidem se é pertinente realizar um maior ou menor investimento de esforço cognitivo (van der Wel & van Steenbergen, 2018; Westbrook & Braver, 2015). Em tarefas cotidianas, com cenários de tomada de decisão mais simples, os estudos têm observado uma relação diretamente proporcional entre o investimento do esforço cognitivo e a resolução do problema (Botvinick, 2007). Nesse contexto, ao aumentarem o investimento de esforço cognitivo, o resultado é mais favorável (Botvinick et al., 2001; Botvinick, 2007). Entretanto, no futebol, devido a sua característica dinâmica e alta exigência (numérica e temporal) de tomadas de decisões, os estudos tem apontado que essa relação é inversamente proporcional, ou seja, um menor investimento do esforço cognitivo aparentemente traz vantagens para os jogadores (Cardoso et al., 2019)). Cabe destacar que o número de estudos no futebol ainda é muito pequeno, e os que existem avaliam a performance em ambientes laboratoriais, sendo portanto necessária uma investigação mais ampla sobre os efeitos do esforço cognitivo relacionado com os comportamentos táticos dos jogadores no jogo.

Aparentemente, os jogadores que conseguem gerenciar melhor os seus recursos cognitivos, direcionando maior esforço cognitivo para situações realmente importantes, tendem a apresentar uma maior eficiência cognitiva e, conseqüentemente maiores

possibilidades de apresentar uma performance superior (Cardoso et al., 2019; Klingner et al., 2011). Esse fato parece ter relação com a capacidade dos jogadores com maior eficiência cognitiva de direcionarem a atenção para aspectos de maior relevância, como a formulação de hipóteses, no reconhecimento de padrões e na busca de informações importantes durante o jogo (Klingner et al., 2011; Vickers & Williams, 2017). Essa constatação pode ser reforçada a partir de um estudo desenvolvido por Naito e Hirose (2014), no qual os autores identificaram que um jogador de futebol de alto nível e com elevada qualidade técnica necessitava ativar em menores proporções as regiões motoras da parede medial do córtex durante uma tarefa que exigia o movimento dos pés. Assim, esse jogador muito provavelmente demandava um menor esforço cognitivo no processo execução das ações motoras, permitindo ao mesmo tempo direcionar esse esforço cognitivo para pontos que já são altamente exigentes por si só, como a leitura e o processamento das inúmeras informações ambientais e contextuais do jogo (Naito & Hirose, 2014). Dessa forma, ao necessitar de um menor esforço cognitivo na ação motora, mesmo aumentando a demanda de utilização em uma tarefa sucessiva de maior importância o resultado parece gerar um somatório de esforço cognitivo menor e com resultados melhores, ao contrário de jogadores que necessitariam de um maior esforço cognitivo em ambas as partes.

Esses resultados podem ainda ser reforçados por um estudo desenvolvido por Cardoso e colaboradores (2019), no qual os autores apresentam em primeira mão evidências sobre as associações entre o conhecimento tático (declarativo e processual) com o esforço cognitivo. Foi demonstrado que jogadores com maior conhecimento tático declarativo e processual necessitam de menor esforço cognitivo para tomarem decisões. Essas evidências e, adicionalmente, alguns estudos recentes nos levam a pensar na existência de uma relação entre a exigência do jogo, o esforço cognitivo demandado e o estado de fadiga mental (Cardoso et al., 2019; Caito André Kunrath, Nakamura, et al., 2020; van der Wel & van Steenbergen, 2018). Assim, se a exigência do jogo for muito grande e os jogadores apresentarem dificuldades de gerenciar o esforço cognitivo, maiores as chances de entrarem em estado de fadiga mental, o que geraria, conseqüentemente um prejuízo significativo na sua performance (Caito André Kunrath, Cardoso, et al., 2020). Por conta dessas características e importantes contribuições oriundas dos estudos sobre o esforço cognitivo, os pesquisadores têm buscado cada vez mais evidências sobre a relação entre essa variável com o desempenho (Naito & Hirose, 2014; van der Wel & van Steenbergen, 2018; Westbrook & Braver, 2015).

Na literatura especializada diversas técnicas têm sido desenvolvidas para a avaliação do esforço cognitivo (Brouwer et al., 2014; Just et al., 2003). Entre elas, destaca-se a pupilometria como uma das principais técnicas de avaliação, possibilitando a avaliação de aspectos importantes sobre o processamento de informações em tempo real, com medidas precisas e um baixo custo financeiro (Laeng et al., 2012). A avaliação do comportamento pupilar como indicador de esforço cognitivo foi primeiramente descrita por Hess e Polt (1964). Os autores observaram que pequenas alterações no diâmetro pupilar ocorrem em resposta a atividades mentais. Subsequentemente, Kahneman e Beatty (1967) demonstraram em um experimento de recordação de dígitos numéricos que as pupilas são progressivamente dilatadas, quanto maior o grau de esforço cognitivo é demandado; à medida que o estímulo/demanda se torna menor, as pupilas retornam gradualmente ao seu tamanho de repouso. Evidências da relação entre comportamento pupilar e esforço cognitivo também foram replicadas em estudos recentes (Duchowski et al., 2018; Moran et al., 2016).

No futebol, a utilização da pupilometria para avaliação do esforço cognitivo ainda carece de mais investigações, uma vez que poucos estudos estão disponíveis (Cardoso et al., 2019). Nos estudos encontrados, os focos dessas investigações se deram a partir de variáveis puramente cognitivas e/ou fisiológicas relacionadas ao esforço cognitivo (Capão Filipe et al., 2003; Cardoso et al., 2019). Apesar de julgarmos importantes o direcionamento dos estudos supracitados, acreditamos que seja fundamental para um entendimento maior da influência do esforço cognitivo na performance uma avaliação de como essa variável está associada com os comportamentos táticos realizados pelos jogadores durante situações de jogo. A avaliação do esforço cognitivo em relação ao comportamento tático é uma forma interessante de verificar aspectos mais globais dessa variável nas dimensões do jogo, uma vez que o comportamento tático observado reflete em sua essência uma integração com as habilidades técnicas, físicas, psicológicas e cognitivas dos jogadores (Raab, 2003; Teoldo et al., 2015). Assim, ao analisarmos essa variável, podemos esperar que os resultados estejam naturalmente considerando a natureza sistêmica do jogo e a influência do esforço cognitivo sobre ela. Nesse sentido, o objetivo deste estudo consiste em investigar a associação entre o esforço cognitivo e o comportamento tático de jogadores de futebol.

## Métodos

### Participantes

Foram avaliados 52 jogadores de futebol das categorias de base de um clube da primeira divisão do Brasil, com idade média de  $14,89 \pm 1,42$  anos. Para essa amostra, o post hoc Power foi calculado usando o software G\*Power 3.1.9.4®, indicando um valor de 0,88. Todos os jogadores avaliados possuíam pelo menos 800 horas de prática deliberada no futebol. Como critério de inclusão, todos os jogadores deveriam realizar rotinas de treinamento no clube, com pelo menos cinco sessões semanais de 1h e 30min cada, e participar de competições nacionais e/ou internacionais.

Os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, informando estarem cientes de sua participação na pesquisa. Participantes menores de 18 anos assinaram um termo de assentimento e os seus responsáveis legais assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os procedimentos da pesquisa foram conduzidos de acordo com as normas estabelecidas pela Resolução do Conselho Nacional de Saúde (466/2012) e pelo tratado de Ética de Helsinque para pesquisas realizadas com seres humanos. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisas com seres humanos (CAAE, N° 01903818.7.0000.5153).

### Procedimentos experimentais

#### Avaliação do esforço cognitivo

Com relação à mensuração dos dados do esforço cognitivo, foi utilizada a técnica da pupilometria. O tamanho da pupila foi registrado continuamente a uma taxa de amostragem de 60 vezes por segundo (60Hz), através do Mobile Eye Tracking-XG (Applied Science Laboratories, Bedford, MA, USA). O Mobile Eye Tracking é usado para verificar o rastreamento ocular móvel e permite medir a dinâmica do comportamento pupilar do indivíduo, através de um sistema de câmeras montadas em um par de óculos. Este equipamento trabalha através da detecção de dois aspectos: o reflexo da pupila e da córnea, determinado pelo reflexo de uma fonte de luz infravermelha na superfície da córnea, exibida em uma imagem de vídeo do olho (Wilson et al., 2009). As medidas do diâmetro da pupila foram processadas através do software GazeTraker, o que permite medir o tamanho da pupila e sincronizar com a tarefa de vídeo. As medidas do diâmetro da pupila foram posteriormente registradas no Excel para Windows® 2016. Dados

perdidos devido ao piscar de olhos dos sujeitos e movimentos da cabeça foram excluídos da análise. Nenhum dos indivíduos ou ensaios clínicos foi excluído devido à perda excessiva de dados. As métricas fornecidas por este equipamento têm uma taxa de erro na precisão de 0,025° por conjunto de dados observado.

Para a realização do protocolo experimental, foi preparado um ambiente fechado, sem interferência externa, como som (máximo 13 Db), brilho (os valores médios foram 332lux, com variação menor que 07lux durante o protocolo experimental) e temperatura ambiente (24°C) controlados. A variação da luminosidade era controlada e os movimentos da cabeça dos participantes eram limitados. Os movimentos oculares foram corrigidos pelo software ASL Results, considerando os eixos x e y e o grau de alteração em cada medida. Após a configuração do ambiente, o Mobile Eye Tracking - XG foi ajustado e o procedimento de calibração de 9 pontos foi realizado com os participantes.

Tarefa para avaliação do esforço cognitivo: Para a realização da tarefa experimental utilizada para avaliação do esforço cognitivo, os participantes eram posicionados em pé a 2,5m da tela, com uma área previamente demarcada. A tarefa utilizada para avaliar o esforço cognitivo dos jogadores foi realizada por meio de um protocolo de vídeo, no qual, após assistir a algumas cenas, o participante refletia sobre a melhor decisão para cada um deles. O teste de vídeo utilizado foi composto por 11 cenas com trechos de partidas de futebol de 11vs.11, projetadas em perspectiva de terceira pessoa, com duração de 7 a 9 segundos. Apesar de pequeno, esse número de cenas nos permite observar as categorias e variações do esforço cognitivo durante a tarefa (Cardoso et al., 2019). No final de cada sequência de vídeo, as cenas eram pausadas e a imagem na tela ocluída momentos antes de uma ação do jogador em posse de bola. Assim que o vídeo era pausado, o participante estava instruído a responder verbalmente o mais rápido possível o "que o portador da bola deveria fazer" naquele momento. Antes do início da tarefa experimental, todos os procedimentos foram explicados adequadamente e os participantes realizaram ensaios nos quais duas cenas de teste foram apresentadas, a fim de garantir a familiaridade com a tarefa.

Todas as cenas de teste foram apresentadas aos participantes em uma tela de projeção retrátil (TES - TRM 150V com superfície de proteção do tipo "Matte White"), com as seguintes medidas: 3,04 x 2,28m. As cenas de vídeo foram projetadas com o uso de um projetor HD (Epson Powerlite X14) montado no teto, com resolução XGA de 2,0X2,0m. A calibração do Mobile Eye Tracking-XG foi verificada periodicamente para

garantir a precisão das leituras do comportamento pupilar. Todo o procedimento de teste durou aproximadamente 30 minutos por jogador. Para esse experimento, os jogadores foram instruídos a não ingerir cafeína 24 horas antes do teste.

Todas as respostas fornecidas pelos avaliados foram gravadas por um microfone embutido no Mobile EyeTracking-XG. Após a gravação, o material de áudio obtido foi transcrito para o formato digital nos documentos do Microsoft Word®, em um computador portátil. (POSITIVE T modelo 3300 Intel Core processador <sup>TM</sup>i3). Os dados transcritos foram analisados e comparados com o painel de teste oficial (Mangas, 1999). Após a comparação com o painel de especialistas, as respostas corretas receberam 1 ponto e os erros não foram pontuados. Análises semelhantes foram realizadas em trabalhos publicados recentemente (Américo et al., 2017; Cardoso et al., 2019).

Para a análise do esforço cognitivo, foram utilizados os valores de variabilidade do diâmetro pupilar, que consideram as alterações no diâmetro pupilar a partir dos valores basais. Neste estudo, foi considerado portanto, a diferença (em milímetros) entre o valor basal e os picos do diâmetro pupilar durante apresentadas nas tarefas de vídeo. O valor basal do diâmetro pupilar foi coletado logo após a calibração do equipamento em uma tela de fundo preto. Os valores de pico do diâmetro pupilar foram coletados durante as apresentações dos vídeos do teste (o período relativo a resposta do teste, quando o avaliado deveria verbalizar, foi descartado devido aos movimentos da cabeça dos participantes e à considerável perda de informações). A variabilidade do diâmetro pupilar foi calculada a partir da média dos valores atribuídos em cada uma das 11 cenas, considerando cada avaliado individualmente. Essa análise permitiu diferenciar os jogadores que ao longo do protocolo apresentaram maior ou menor esforço cognitivo para tomada de decisão, sem discriminar as especificidades relativas de cada uma das cenas. Por meio desse formato de análise, podemos chegar mais próximo do padrão real de comportamento do esforço cognitivo na resolução de problemas de ordem decisional. Apenas as cenas em que os jogadores responderam de maneira correta foram utilizadas. Neste protocolo a taxa de acerto na tarefa de vídeo registrada foi de 81,17%. Esse critério foi adotado para garantir que o esforço cognitivo fosse analisado em uma situação de isonomia.

### Comportamento tático

Para coletar os dados sobre o comportamento tático dos jogadores, foi utilizado o Sistema de Avaliação Tática no Futebol - FUT-SAT validado por Teoldo et al. 2011 (para mais informações, ver Teoldo, Garganta, Greco, Mesquita, & Maia, 2011). O FUT-SAT permite avaliar a eficiência do comportamento tático dos jogadores por meio da análise de suas ações táticas com e sem a bola durante uma tarefa de jogo reduzido. O FUT-SAT é baseado nos princípios táticos fundamentais do futebol, considerando-se cinco princípios para a fase ofensiva e cinco princípios da fase defensiva (para mais informações, ver Teoldo, Guilherme, & Garganta, (2015).

O teste de campo que compõe esse sistema foi realizado em um campo de 36 metros de comprimento por 27 metros de largura. Para realizar o teste, os participantes foram agrupados em duas equipes, cada uma com três jogadores de campo e um goleiro (GK-3 vs. 3-GK); cada equipe foi formada contando com um zagueiro, um meio-campista e um atacante. Durante a aplicação de teste, os jogadores foram convidados a jogar de acordo com as regras oficiais do jogo de futebol. Os jogadores tiveram algum tempo (cerca de 30 a 60 segundos) para se familiarizar com o teste e se aquecer. O teste teve duração de 4 minutos, conforme recomendado no protocolo original (Teoldo et al., 2011). Para o experimento, os jogadores foram instruídos a não ingerir cafeína 24 horas antes do teste, realizar atividades físicas vigorosas e participar de partidas oficiais por um período de 72 horas antes do protocolo experimental.

Para avaliar a eficiência do comportamento tático dos jogadores, seguimos os procedimentos propostos por Teoldo et al. (2011). A análise dos dados foi realizada por um avaliador treinado e a análise de confiabilidade foi realizada por outros dois avaliadores. Os valores de confiabilidade entre as avaliações foram de 97%, valor superior ao valor mínimo proposto pela literatura (Tabachnick & Fidell, 2007).

### Análise dos dados

A estatística descritiva foi usada para verificar as médias e desvios-padrão da eficiência do comportamento tático e do esforço cognitivo. A distribuição dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, indicando uma distribuição normal.

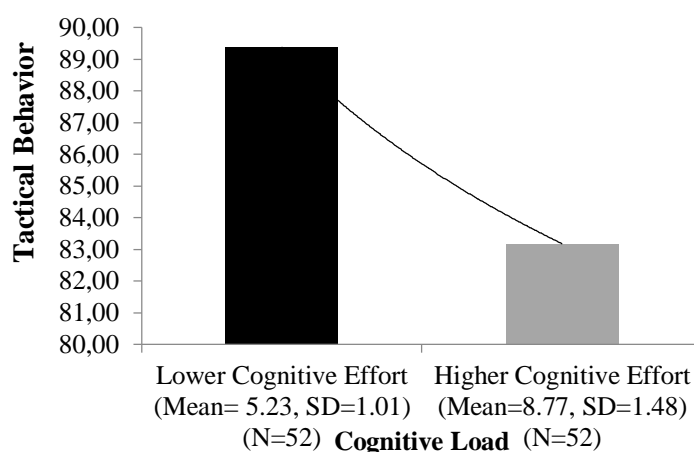
Após análise descritiva dos dados, a amostra foi categorizada em dois grupos (Maior e Menor), de acordo com o esforço cognitivo (obtido pelo diâmetro da pupila durante o teste de vídeo). Os 26 jogadores (50%) do grupo com maior esforço cognitivo

apresentaram valor médio de 8,77 e desvio padrão de 1,48 para o diâmetro pupilar. Por outro lado, os outros 26 jogadores (50%) do grupo com menor esforço cognitivo apresentaram valor médio de 5,23 e desvio padrão de 1,01 para o diâmetro pupilar. Para essa divisão, foi observado um intervalo de confiança de 95%. Diferenças estatísticas foram observadas na comparação entre os grupos com maior e menor esforço cognitivo  $t_{(50)}=-10,062$ ;  $p<0,001$ ;  $d=2,79$ . Os dados de ambos os grupos foram utilizados para análises inferenciais.

Utilizou-se o teste t para medidas independentes, com o fim de comparar a eficiência do comportamento tático entre os grupos com maior e menor esforço cognitivo. Os tamanhos dos efeitos foram obtidos a partir dos valores de Cohen-d, cujas referências são: efeito insignificante ( $d<0,19$ ), efeito pequeno ( $d$  entre 0,20 e 0,49), efeito médio ( $d$  entre 0,50 e 0,79), efeito grande ( $d$  entre 0,80 e 1,29) e efeito muito grande ( $d>1,30$ ) (Cohen, 1988). O teste de correlação de Pearson foi aplicado para verificar a correlação entre a eficiência do comportamento tático e o esforço cognitivo. Os valores de referência para correlações são: abaixo de 0,3 para correlação ruim; entre 0,31 e 0,60 para correlação moderada; 0,61 a 0,90 para correlação forte e acima de 0,91 para correlação muito forte (Pagano & Gauvreau, 2018). Para verificar a associação entre as variáveis, utilizou-se a regressão linear. Os procedimentos estatísticos foram realizados no SPSS, versão 24.0, e o nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

## **Resultados**

A figura 1 mostra os valores de eficiência do comportamento tático dos grupos com maior e menor esforço cognitivo.



\* Diferenças significativas entre os grupos com maior e menor esforço cognitivo

**Figura 1:** Eficiência do comportamento tático de jogadores com maior e menor esforço cognitivo.

Os resultados apontam diferenças significativas na eficiência do comportamento tático entre grupos de jogadores com maior e menor esforço cognitivo  $t_{(50)}=7,522$ ,  $p<0,001$ ,  $d=0,72$ . É possível observar que jogadores com menor esforço cognitivo apresentam maior eficiência do comportamento tático (Média=89,38, DP=3,07) em comparação com jogadores com maior esforço cognitivo (Média=83,18, DP=2,87).

Em relação ao teste de correlação, observou-se correlação forte e negativa entre as variáveis investigadas ( $r=-0,705$ ,  $p<0,001$ ). Esse resultado indica que, quando os jogadores demandam menor esforço cognitivo durante a tarefa de vídeo, eles exibem maiores valores de eficiência do comportamento tático. O teste de regressão linear, que permite verificar que o esforço cognitivo e a eficiência do comportamento tático estão associados, confirma esse resultado. A regressão indica uma associação significativa ( $p<0,001$ ) e alta entre as variáveis ( $R=0,72$ ), além de apontar para um coeficiente de determinação ( $R^2=0,52$ ) o que indica que o esforço cognitivo é capaz de explicar um pouco mais de 50 % da eficiência do comportamento tático.

### Discussão

O objetivo deste estudo foi investigar a associação entre o esforço cognitivo e o comportamento tático de jogadores de futebol. Os resultados aferidos indicam existir uma associação entre o esforço cognitivo e o comportamento tático de jogadores de futebol. Jogadores que investiram menos esforço cognitivo nas tarefas de tomada de decisão apresentaram maiores índices de comportamento tático.

Aplicados no contexto prático do futebol, tais resultados demonstram a importância da conexão entre o investimento cognitivo e o comportamento tático realizado pelo jogador, bem como a qualidade de execução desse comportamento. Portanto, com base em evidências relatadas anteriormente na literatura (Bornemann et al., 2010; Naito & Hirose, 2014; Robert & Hockey, 1997), é possível inferir que o processo de controle interno e gerenciamento do esforço cognitivo durante as tomadas de decisão parece ser um fator que afeta diretamente o comportamento tático do jogador e, conseqüentemente, sua performance esportiva. Nesse contexto, ser cognitivamente mais econômico implica ser taticamente melhor.

Esse achado é corroborado por alguns estudos recentemente desenvolvidos, nos quais o desempenho esportivo está diretamente associado a uma melhor regulação da atividade cortical em detrimento das capacidades físicas e fisiológicas (Caito Andre Kunrath et al., 2018; van der Wel & van Steenbergen, 2018; Vickers & Williams, 2017; Voss et al., 2010). Assim, a capacidade de gerenciar o investimento de esforço cognitivo nas tarefas promove uma economia (em níveis corticais) importante. Alguns estudos apontam que indivíduos que atingem um grande nível de perícia conseguem gerenciar melhor o esforço cognitivo a ser utilizado durante a realização de uma atividade (M. Botvinick et al., 2001; van der Wel & van Steenbergen, 2018; Westbrook & Braver, 2015). Assim, os resultados obtidos levam a sugerir que, em um cenário ideal, para os jogadores apresentarem um melhor comportamento tático, eles devem ser capazes de direcionar o esforço cognitivo para situações realmente importantes. Já em situações mais simples, o esforço cognitivo investido deve ser reduzido. Isso permite uma maior capacidade de suportar as exigências cognitivas do jogo de futebol, além de menores chances de atingir um estado de fadiga mental e apresentar queda de desempenho (Kunrath et al., 2018).

Uma das principais formas de induzir um melhor gerenciamento do investimento do esforço cognitivo no futebol é por meio do treinamento, devido à importância deste para reduzir o esforço cognitivo. O treinamento promove a aquisição de conhecimento e, portanto, o aprendizado que potencialmente reduz as demandas na utilização da memória de longo prazo e otimiza a utilização da memória de trabalho, isso comprovadamente reduz a necessidade de investimento do esforço cognitivo por parte dos jogadores (Alarcón et al., 2018; Cardoso et al., 2019). Assim, ao refletir sobre as possibilidades de intervenção no futebol, com base no investimento de esforço cognitivo, observamos que estímulos adequados no processo de treinamento voltado prioritariamente para o atleta,

não apenas no exercício, devem ser considerados, visando um ganho substancial de conhecimento e com isso, reduzindo a necessidade de investimento de esforço cognitivo em situações com algum grau de familiaridade que vierem a ocorrer durante o jogo (Williams et al., 1993). Vale ressaltar que investir em tecnologias que permitam avaliar o esforço cognitivo durante as atividades de treinamento e jogos pode ajudar a entender, controlar e direcionar o treinamento na perspectiva dessa variável.

Dessa forma, como o menor esforço cognitivo implica um melhor comportamento tático, os resultados tornam-se, ainda, bons indicativos da importância do treinamento tático com alto requisito cognitivo no processo de desenvolvimento do jogador. Como resultado, os jogadores irão adaptar e aumentar sua capacidade de lidar com elevadas exigências cognitivas e, portanto, passar a investir menos esforço cognitivo para tomar decisões no jogo. No entanto, é importante ressaltar que, para atingir esse objetivo, o treinamento deve ser planejado de forma a representar as situações encontradas no jogo, além de exigir que os jogadores aprendam a agir sob pressão de tempo e espaço. Nesse contexto, o treinamento passa a ajudar no desenvolvimento de aspectos importantes, como atenção, memória, habilidades de reconhecimento de padrões, probabilidades situacionais, entre outros (Otero-Esquina, de Hoyo Lora, Gonzalo-Skok, Domínguez-Cobo, & Sánchez, 2017; Williams, Ward, Bell-Walker, & Ford, 2012; Ward & Williams, 2003). Espera-se que, à medida que esses elementos sejam desenvolvidos, os jogadores demonstrem melhor capacidade de gerenciamento do seu esforço cognitivo (gerando uma maior eficiência cognitiva) em suas decisões no jogo e, conseqüentemente, melhoria em seus comportamentos táticos.

Assim, mesmo com a alta demanda física do jogo, os jogadores podem se destacar taticamente dos demais, pois em níveis cognitivos, eles exibem menos desgaste e, conseqüentemente, maior capacidade de tomar decisões apropriadas (Gonzaga, Albuquerque, Malloy-Diniz, Greco, & Teoldo, 2014; Williams et al., 2012). Cabe ressaltar que, para que isso ocorra, é importante o controle o investimento de esforço cognitivo necessário (e demandado) em sessões de treinamento e jogos, a fim de identificar a intervenção necessária nesse contexto de treinamento. Em conclusão, os resultados do presente estudo demonstraram que jogadores que exigem menor esforço cognitivo durante uma tarefa de tomada de decisão apresentam melhor eficiência do comportamento tático.

Uma limitação deste estudo está pautada na tarefa proposta para mensuração do esforço cognitivo; apesar de a tarefa em laboratório permitir melhor controle dessa

variável, não apresenta uma validade ecológica direta para o futebol. Contudo, os resultados do nosso estudo, corroborados pela literatura na área, apresentam um indicativo que permite extrapolar essa limitação e debater acerca do mesmo. Para futuros estudos, sugere-se a realização de um desenho experimental que inclua alguns instrumentos de controle capazes de avaliar as regiões cerebrais que estão sendo ativadas durante as tarefas. Instrumentos como o EEG ou RMF poderão fornecer informações adicionais que ajudarão a explicar melhor os mecanismos de controle neural durante as avaliações do esforço cognitivo, da tomada de decisão e da execução motora.

### Referências

- Alarcón, F., Castillo-Díaz, A., Madinabeitia, I., Castillo-Rodríguez, A., & Cárdenas, D. (2018). La carga mental deteriora la precisión del pase en jugadores de fútbol. *27*, 155–164.
- Américo, H. B., Kowalski, M., Cardoso, F., Kunrath, C. A., González-Víllora, S., & Teoldo, I. (2017). Difference in declarative tactical knowledge between U-11 and U-15 soccer players. *Human Movement*, *18*(5), 25–30. <https://doi.org/10.1515/humo-2017-0045>
- Bornemann, B., Foth, M., Horn, J., Ries, J., Warmuth, E., Wartenburger, I., & van der Meer, E. (2010). Mathematical cognition: Individual differences in resource allocation. *ZDM - International Journal on Mathematics Education*, *42*(6), 555–567. <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0253-x>
- Botvinick, M., Braver, T., & Barch, D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, *108*(3), 624–652. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.108.3.624>
- Botvinick, M. M. (2007). Conflict monitoring and decision making: Reconciling two perspectives on anterior cingulate function. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, *7*(4), 356–366. <https://doi.org/10.3758/CABN.7.4.356>
- Brouwer, A. M., Hogervorst, M. A., Holewijn, M., & van Erp, J. B. F. (2014). Evidence for effects of task difficulty but not learning on neurophysiological variables associated with effort. *International Journal of Psychophysiology*, *93*(2), 242–252. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.05.004>
- Capão Filipe, J. A., Falcão-Reis, F., Castro-Correia, J., & Barros, H. (2003). Assessment of autonomic function in high level athletes by pupillometry. *Autonomic*

- Neuroscience: Basic and Clinical, 104(1), 66–72. [https://doi.org/10.1016/S1566-0702\(02\)00268-0](https://doi.org/10.1016/S1566-0702(02)00268-0)
- Cardoso, F. S. L., González-Víllora, S., Guilherme, J., & Teoldo, I. (2019). Young soccer players with higher tactical knowledge display lower cognitive effort. *Perceptual and Motor Skills*, 126(3), 499–514. <https://doi.org/10.1177/0031512519826437>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral science*. Psychology Press.
- Duchowski, A. T., Biele, C., & Niedzielska, A. (2018). The Index of Pupillary Activity Measuring Cognitive Load vis-à-vis Task Difficulty with Pupil Oscillation. *CHI 2018*, 2(1), 1–13.
- Fiske, S. T., & Taylor, S. E. (2013). *Social cognition: From brains to culture*. Sage.
- Gonzaga, A. D. S., Albuquerque, M. R., Malloy-Diniz, L. F., Greco, P. J., & Teoldo, I. (2014). Affective decision-making and tactical behavior of under-15 soccer players. *PLoS ONE*, 9(6), 1–6. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101231>
- Hess, E., & Polt, J. (1964). Pupil size in relation to mental activity during simple problem solving. *Science*, 140, 1190–1192. <https://doi.org/10.1126/science.143.3611.1190>
- Just, M. A., Carpenter, P. A., & Miyake, A. (2003). Neuroindices of cognitive workload: Neuroimaging, pupillometric and event-related potential studies of brain work. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 4(1–2), 59–88. <https://doi.org/10.1080/14639220210159735>
- Kahnemann, D., & Beatty, J. (1967). Pupillary responses in a pitch-discrimination task. *Perception & Psychophysics*, 2(3), 101–105. <https://doi.org/10.3758/BF03210302>
- Karatekin, C. (2004). Development of attentional allocation in the dual task paradigm. *International Journal of Psychophysiology*, 52(1), 7–21. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2003.12.002>
- Klingner, J., Tversky, B., & Hanrahan, P. (2011). Effects of visual and verbal presentation on cognitive load in vigilance, memory, and arithmetic tasks. *Psychophysiology*, 48(3), 323–332. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01069.x>
- Kunrath, Caito André, Cardoso, F. da S. L., García-Calvo, T., & Teoldo, I. (2020). Mental fatigue in soccer: A systematic Review. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 26(2), 172–178.
- Kunrath, Caito Andre, Cardoso, F., Nakamura, F. Y., & Teoldo, I. (2018). Mental fatigue as a conditioner of the tactical and physical response in soccer players: a pilot study. *Human Movement*, 19(3), 16–22. <https://doi.org/10.5114/hm.2018.76075>

- Kunrath, Caito André, Nakamura, F. Y., Roca, A., Tessitore, A., & Teoldo, I. (2020). How does mental fatigue affect soccer performance during small-sided games? A cognitive, tactical and physical approach. *Journal of Sport Science*, in press.
- Laeng, B., Sirois, S., & Gredebäck, G. (2012). Pupillometry: A window to the preconscious? *Perspectives on Psychological Science*, 7(1), 18–27. <https://doi.org/10.1177/1745691611427305>
- Lee, T. D., Swinnen, S. P., & Serrien, D. J. (1994). Cognitive effort and motor learning. *Quest*, 46(3), 328–344. <https://doi.org/10.1080/00336297.1994.10484130>
- Mangas, C. J. (1999). Conhecimento declarativo no futebol: Estudo comparativo em praticantes federados e não-federados, do escalão de Sub-14. [Declarative knowledge in soccer: Comparative study in federated and non-federated practitioners, from the u- 14 level] (master's thesis, p. 98). Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.
- Moran, A., Quinn, A., Campbell, M., Rooney, B., Brady, N., & Burke, C. (2016). Using Pupillometry to Evaluate Attentional Effort in Quiet Eye: A Preliminary. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, August, 1–12. <https://doi.org/10.1037/spy0000066>
- Naito, E., & Hirose, S. (2014). Efficient foot motor control by Neymar's brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00594>
- Otero-Esquina, C., de Hoyo Lora, M., Gonzalo-Skok, Ó., Domínguez-Cobo, S., & Sánchez, H. (2017). Is strength-training frequency a key factor to develop performance adaptations in young elite soccer players? *European Journal of Sport Science*, 17(10), 1241–1251.
- Pagano, M., & Gauvreau, K. (2018). *Principles of biostatistics*. Chapman and Hall/CRC.
- Raab, M. (2003). Decision making in sports: Influence of complexity on implicit and explicit learning. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 1(4), 406–433. <https://doi.org/10.1080/1612197x.2003.9671728>
- Robert, G., & Hockey, J. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, 45(1–3), 73–93. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(96\)05223-4](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(96)05223-4)
- Shenhav, A., Botvinick, M. M., & Cohen, J. D. (2013). The expected value of control: An integrative theory of anterior cingulate cortex function. *Neuron*, 79(2), 217–240. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.07.007>

- Tabachnick, B., & Fidell, L. (2007). *Using Multivariate Statistics* (5 ed). Harper and Row Publishers.
- Teoldo, I., Guilherme, J., & Garganta, J. (2015). Training football for smart playing: On tactical performance of teams and players. *Appris*.
- Teoldo, Israel, Garganta, J., Greco, P., Mesquita, I., & Maia, J. (2011). System of tactical assessment in Soccer (FUT-SAT): Development and preliminary validation. *Motricidade*, 7(1), 69–84. [https://doi.org/10.6063/motricidade.7\(1\).121](https://doi.org/10.6063/motricidade.7(1).121)
- van der Wel, P., & van Steenbergen, H. (2018). Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1–11. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1432-y>
- Vickers, J. N., & Williams, A. M. (2017). The Role of Mental Processes in Elite Sports Performance. *Oxford Research Encyclopedia of Psychology*, 1, 1–25. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190236557.013.161>
- Voss, M., Kramer, A. F., Basak, C., Prakash, R. S., & Roberts, B. (2010). Are Expert Athletes ‘Expert’ in the Cognitive Laboratory? A Meta-Analytic Review of Cognition and Sport Expertise *Applied Cognitive Psychology*, 24, 812–826. <https://doi.org/10.1002/acp>
- Westbrook, A., & Braver, T. S. (2015). Cognitive effort: A neuroeconomic approach. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 15(2), 395–415. <https://doi.org/10.3758/s13415-015-0334-y>
- Williams, A. M., Ward, P., Bell-Walker, J., & Ford, P. R. (2012). Perceptual-cognitive expertise, practice history profiles and recall performance in soccer. *British Journal of Psychology*, 103(3), 393–411. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.2011.02081.x>
- Williams, M., Davids, K., Burwitz, L., & Williams, J. (1993). Cognitive knowledge and soccer performance. *Perceptual and Motor Skills*, 76(2), 579–593.
- Wilson, M. R., Vine, S. J., & Wood, G. (2009). The influence of anxiety on visual attentional control in basketball free throw shooting. *Journal of Sport & Exercise Physiology*, 31, 152–168.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Os objetivos dos estudos que compõem esta tese foram: 1) verificar, através de uma revisão sistemática, o estado da arte, sobre os efeitos da fadiga mental sobre a performance de jogadores de futebol, bem como a relação da mesma com o esforço cognitivo; 2) avaliar quais as formas de medida do esforço cognitivo são mais adequadas para o contexto do futebol; 3) verificar as associações entre o esforço cognitivo e o estado de fadiga mental e o impacto destas variáveis na performance de jogadores de futebol; 4) verificar as associações entre o tempo de resposta na tomada de decisão com o esforço cognitivo e processos perceptivo-cognitivos e, 5) verificar as associações entre o esforço cognitivo e a performance tática de jogadores de futebol.

Em relação ao primeiro objetivo, observamos um crescimento significativo nos estudos sobre fadiga mental no contexto do futebol. Esses estudos buscam substancialmente identificar a influência da fadiga mental, seus mecanismos de ação e as consequências para a performance esportiva. De modo geral, nota-se que, em estado de fadiga mental os jogadores apresentam uma queda na performance tática, técnica, física e cognitiva. Entretanto, os estudos não são claros em apontar, considerando as ações/tarefas necessárias em treinamentos e jogos, quais fatores são intervenientes e induzem o estado de fadiga mental. Dessa forma, foi proposto um olhar criterioso sobre o esforço cognitivo, tendo em vista que o esforço cognitivo demandado na realização das ações/tarefas do ambiente de treino e jogo (seja crônico ou agudo) pode ser um fator a induzir o jogador a entrar em um estado de fadiga mental, ou pelo menos potencializar as quedas de performance quando o jogador atinge este estado.

A partir da caracterização do papel do esforço cognitivo e a importância na sua avaliação, o segundo objetivo desta tese buscou identificar quais medidas de avaliação são mais adequadas ao contexto do futebol. Para isso, levamos em consideração as medidas objetivas (comportamental e fisiológica) e subjetivas. Observamos que a medida fisiológica (avaliada a partir do comportamento pupilar) e comportamental (avaliada a partir do percentual de acertos em uma tarefa específica de futebol), respectivamente, são mais representativas para a avaliação do esforço cognitivo. Essas medidas ainda permitem e caracterização da eficiência do comportamento tático em jovens jogadores de futebol. Em relação à medida subjetiva (avaliada através do NASA-TLX), notamos que é necessário um cuidado especial ao utilizá-la como critério de avaliação e controle do

esforço cognitivo no futebol. Esse cuidado se deve aos construtos teóricos utilizados para formulação das escalas e questionários que, de acordo com nossos achados, parece não atender as especificidades do futebol. Além disso, existe a necessidade de um pensamento dissociativo das demandas e exigências do jogo, onde o jogador deve desconsiderar aspectos como o desgaste físico e fisiológico e, responder estritamente sobre o desgaste cognitivo, algo altamente complexo. De modo geral, ao compreendermos melhor quais as principais medidas podem ser utilizadas para avaliação e controle do esforço cognitivo (com destaque para a medida fisiológica), buscamos realizar investigações complementares com intuito de verificar as associações entre esforço cognitivo e fadiga mental.

O terceiro objetivo deste trabalho buscou apresentar evidências que corroborem o esforço cognitivo como um fator importante para a indução do estado de fadiga mental. Com base na análise dos resultados, observamos que a fadiga mental afeta negativamente a performance tática, física, fisiológica e cognitiva em jogadores de futebol. Além disso, jogadores que apresentaram maior esforço cognitivo durante uma tarefa pré-estabelecida de indução de fadiga mental (Tarefa de Stroop), foram potencialmente mais susceptíveis as quedas de performance. Este trabalho apresenta uma primeira evidência sobre a relação entre o esforço cognitivo com o estado de fadiga mental, sugerindo que o esforço cognitivo é um fator condicionante e potencializador do estado de fadiga mental. Esse achado reforçou a necessidade da avaliação e controle do esforço cognitivo no contexto do futebol, era necessário, portanto estudos adicionais que verificassem as associações do esforço cognitivo com a performance de jogadores de futebol.

Dessa forma, visto o nível de implicação do esforço cognitivo para a prática, além de identificar as formas adequadas de avaliar e controlar essa variável, realizaram-se estudos que levam em conta as associações do esforço cognitivo com outros componentes diretos da performance esportiva. Entre os componentes da performance esportiva, observamos em constructos teóricos recentes um destaque dado ao tempo de resposta na tomada de decisão. Nessa perspectiva, o quarto objetivo da investigação buscou verificar as associações entre o tempo de resposta na tomada de decisão com o esforço cognitivo e os processos perceptivo-cognitivos. Os resultados apontam que os jogadores com menor tempo de resposta na tomada de decisão, aparentemente gerenciadas pelo Sistema 1, apresentam, prioritariamente formas de processamento de informações mais eficientes e rápidas, além de uma melhor utilização dos processos perceptivo-cognitivos. Observamos que processar as informações de maneira mais eficiente e rápida, implica melhor

utilização das estratégias de busca visual, na utilização de relatos verbais voltados para o planejamento, e menor esforço cognitivo durante as fases de processamento, resposta e recuperação. A interação entre esses fatores favorece maior eficiência cognitiva, que pode estar ligada diretamente à performance dos jogadores no jogo e nos treinamentos. A partir dessas constatações, foi então necessária a avaliação da influência do esforço cognitivo sobre a performance dos jogadores em tarefas relacionadas diretamente com o jogo.

Por fim, tendo em vista a necessidade de avaliar as influências do esforço cognitivo na performance dos jogadores em tarefas relacionadas com o jogo, o nosso quinto objetivo buscou verificar as associações entre o esforço cognitivo e a performance tática de jogadores de futebol. Os resultados demonstraram que os jogadores que demandam um maior esforço cognitivo em tarefas de vídeo específicas do futebol, apresentam menor eficiência do comportamento tático. Esses achados sugerem que o esforço cognitivo é uma medida importante e que impacta diretamente na performance tática, indicando que a utilização de menor esforço cognitivo pode favorecer a realização das ações táticas no jogo. Esse fato parece também estar ligado à maior capacidade de controle cognitivo por parte de alguns jogadores, que sabem quando realizar maior investimento cognitivo e quando optar por uma “economia” do mesmo. Reforça-se, portanto, que ser eficiente cognitivamente é benéfico para a performance no jogo de futebol.

De modo geral, esta tese apresenta evidências do esforço cognitivo como uma variável interveniente ao estado de fadiga mental, além de apontar direcionamentos sobre as formas de avaliação e controle do esforço cognitivo, bem como suas associações com outros aspectos da cognição e da performance tática de jogadores de futebol. As discussões abordadas sobre essa temática em cada artigo/ capítulo desta tese, indicam alguns importantes direcionamentos para pesquisas futuras, assim como apontamentos específicos a serem considerados no contexto da prática. Ressaltamos ainda, que, mesmo identificando essas evidências, estudos futuros devem considerar outros aspectos que podem afetar diretamente a performance de jogadores de futebol, como por exemplo a fadiga emocional e social. Acreditamos que essas investigações poderão favorecer substancialmente a forma como pensamos o treinamento e, favorecer em um processo e qualificação do jogo de futebol.

## IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

---

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino”. **Leonardo da Vinci**

As evidências apresentadas neste trabalho permitem uma compreensão sobre o papel do esforço cognitivo no futebol, bem como fornecem uma perspectiva teórica que possibilita um direcionamento mais específico sobre a sua avaliação e controle nos jogos e treinamentos.

Talvez um dos pontos de maior debate, na literatura ou na práxis, esteja pautado no entendimento sobre a relação entre o esforço cognitivo e o treinamento. Assim, existe uma busca por entender como o treinamento pode estar associado a uma possível redução do esforço cognitivo, ou à identificação do momento adequado de investimento nesse esforço, bem como procura-se compreender como esse fator reflete em vantagens que poderão ser observadas no jogo ou durante o processo de formação esportivo.

Em primeiro lugar, cabe relembrar que o esforço cognitivo é dependente de fatores individuais e ambientais, os quais influenciam diretamente a capacidade de investimento dos jogadores. Se olharmos por uma perspectiva voltada para as capacidades do indivíduo, o conjunto de habilidades (skills) que o jogador possui vai estar diretamente ligado ao investimento necessário de esforço cognitivo. Assim, se o jogador apresenta uma elevada habilidade tática, técnica, física e psicológica, certamente estará resguardado e será cognitivamente mais eficiente na realização das ações no decorrer do treinamento e jogo. Por outro lado, deficiências ou falta de habilidade em alguma desses componentes geraria a necessidade de um maior investimento de esforço cognitivo para cumprir as mesmas demandas. Além disso, observou-se que o investimento de esforço cognitivo desproporcional, ou seja, acima da capacidade que o jogador tem de suportá-la, levaria o mesmo a um estado de fadiga mental.

Com base nessas observações, concluiu-se que o treinamento deve direcionar sempre a melhor estratégia para que o jogador tenha condições adequadas de investir apenas o esforço cognitivo adequado, aumentar sua capacidade de suportar o esforço cognitivo e não entrar em estado de fadiga mental. Além disso, deve-se dirigir especial atenção às possibilidades de controle e avaliação do esforço cognitivo nos treinamentos

e jogos, como já é feito habitualmente com a carga física e fisiológica. Normalmente, isso pode ser realizado controlando aspectos associados às medidas subjetivas e objetivas e no controle de variáveis relacionadas à tomada de decisão.

A partir desse controle, um impacto poderá ser observado diretamente no treinamento. Por exemplo: tarefas mais complexas, logicamente, tendem a gerar nos jogadores uma maior taxa de erro, ao passo que tarefas menos complexas reduzem a taxa de erro. É esse o ponto que norteia a aplicação do princípio da complexidade no treinamento no futebol. Caso o nível de exigência (isto é, a complexidade da tarefa) seja excessivamente elevado para o atleta, tem-se uma dificuldade na própria compreensão do contexto de exercitação, o que limita o desenvolvimento do conhecimento tático e aumenta a demanda de esforço cognitivo em níveis que podem ser muito altos, levando a perdas substanciais de informações importantes. Por outro lado, se a tarefa apresenta um nível de exigências baixa, isto é, com decisões óbvias e pouca necessidade de esforço cognitivo, não haverá a necessidade de adaptação cognitiva do atleta. Portanto, há baixa perspectiva de que se configure, ao longo prazo, aprendizagem. Partindo desse preceito, é necessário manter um nível de exigência condizente com as capacidades e habilidades individuais dos jogadores, buscando potencializar suas características no jogo coletivo. Defende-se aqui, portanto, que o treino deve ser direcionado às capacidades/habilidades específicas dos jogadores, e que tais capacidades/habilidades possam ser integradas às dos seus companheiros, gerando um potencial de desenvolvimento coletivo das equipes.

Assim, o treino adequado, pautado nas capacidades/habilidades individuais, favorece o aumento progressivo da adaptação cognitiva, e o jogador vai passar a suportar cada vez mais (e melhor) a realização de tarefas complexas. Esse fato traz em um primeiro momento uma evolução individual que posteriormente se soma a um desenvolvimento coletivo. O entendimento desse aspecto direciona um nível de responsabilidade ainda maior sobre o papel do treinador, uma vez que ele torna-se responsável direto por formar de fato, jogadores mais inteligentes e criativos.

Vale lembrar que, para que isso ocorra, o treinador deve estar atento às possibilidades de controle e avaliação do esforço cognitivo, bem como de outros processos perceptivo-cognitivos relacionados ao futebol. Os resultados das avaliações serão o caminho norteador para montagem do treino e o controle será o meio de entender se as variáveis estão realmente sendo trabalhadas/desenvolvidas no treinamento.