

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UPE/UFPB  
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

**EFEITO DA PRIVAÇÃO PARCIAL DO SONO E DA FADIGA MENTAL NO  
DESEMPENHO DE ATLETAS TREINADOS DE VOLEIBOL DE PRAIA**

BRUNO TEIXEIRA BARBOSA

JOÃO PESSOA/PB

2023

BRUNO TEIXEIRA BARBOSA

**EFEITO DA PRIVAÇÃO PARCIAL DO SONO E DA FADIGA MENTAL NO  
DESEMPENHO DE ATLETAS TREINADOS DE VOLEIBOL DE PRAIA**

Tese de doutorado em Educação Física  
apresentada ao Programa Associado de Pós-  
Graduação em Educação Física UPE/UFPB, como  
requisito para a obtenção do título de doutor.

Área de concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano

Linha de pesquisa: Exercício Físico, Esporte e Desempenho

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Sousa Fortes

JOÃO PESSOA/PB

2023

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

B238e Barbosa, Bruno Teixeira.

Efeito da privação parcial do sono e da fadiga mental no desempenho de atletas treinados de voleibol de praia / Bruno Teixeira Barbosa. - João Pessoa, 2023. 113 f. : il.

Orientação: Leonardo de Sousa Fortes.  
Tese (Doutorado) - UFPB/CCS.

1. Voleibol de praia. 2. Fadiga cognitiva. 3. Privação de sono. 4. Performance atlética. I. Fortes, Leonardo de Sousa. II. Título.

UFPB/BC

CDU 796.325(043)

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UPE/UFPB  
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

A tese “**EFEITO DA PRIVAÇÃO PARCIAL DO SONO E DA FADIGA MENTAL NO DESEMPENHO DE ATLETAS TREINADOS DE VOLEIBOL DE PRAIA**” elaborada por Bruno Teixeira Barbosa

Foi julgada pelos membros da Comissão Examinadora e aprovada no exame de defesa de tese de doutorado do Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UPE/UFPB, para obtenção do título de Doutor em Educação Física área de concentração “Saúde, Desempenho e Movimento Humano” e na linha de pesquisa “Exercício Físico, Esporte e Desempenho”.

Data: 10 de fevereiro de 2023.



Prof. Dr. Leonardo de Sousa Fortes

Coordenador do Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UPE/UFPB

**Banca Examinadora**



Prof. Dr. Leonardo de Sousa Fortes

Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura  
Instituto Universitário da Maia



Prof. Dr. Gilmário Ricarte Batista  
Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dr. Alexandre Moreira  
Universidade de São Paulo



Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Shona Halson  
Universidade Católica da Austrália

*Dedico esse trabalho a minha família que nunca mediu esforços para que os meus objetivos fossem alcançados. Palavras não são suficientes para externar minha eterna gratidão. Obrigado, mãe. Obrigado, pai. Obrigado, irmã.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe e ao meu pai. Dois exemplos de seres humanos ímpares. Pessoas íntegras, honradas e meus maiores incentivadores. A realização desse sonho só foi possível por causa do amor e dedicação que vocês têm por mim. Nunca me deixaram faltar absolutamente nada; sou um privilegiado. Cada dia que passa me vejo mais e mais em vocês. Na dedicação e comprometimento de mainha; na honradez e coração mole de painho. Nada me alegra mais do que perceber que minhas atitudes hoje são reflexo das pessoas que vocês são e dos ensinamentos que vocês me passam. O mundo seria melhor se todos tivessem o privilégio de vir ao mundo como filhos de vocês. Santaci Teixeira Barbosa e Francisco de Assis Barbosa, talvez um dia, nesse ou noutro plano, seja possível explicar o amor e a gratidão que sinto por vocês.

Agradeço a minha irmã. Hoje, minha melhor amiga. Pessoa que sei que posso confiar com meus olhos fechados. Incrível como os anos só nos tornaram mais amigos e mais próximos. Ter você ao meu lado para me ouvir e me dar suporte foi essencial para que eu tivesse calma nos momentos turbulentos. As turbulências nos aproximaram e mostraram o quão unidos nós somos. Sou extremamente feliz por termos construído essa relação madura e de admiração mútua. Nos agradecimentos na minha dissertação de mestrado eu havia dito que você havia sido minha maior surpresa; hoje não há mais surpresa. Já sedimentamos nossos caminhos e eles não se separam mais. Eu te amo.

Agradeço a todos os professores que já passaram pelo meu caminho. Infelizmente, não lembro de todos, mas tenho certeza de que carrego um pouco de cada um na pessoa que sou hoje. Talvez eu tenha optado por ser professor pelo exemplo de vocês. Tia Finha, Tia Joseilda, Tia Lenici são figuras da minha infância na escola que jamais esquecerei. Não lembro em detalhes, mas sei que adorava elas. O professor Adeilson da Silva Tavares foi aquele a quem agradei na minha dissertação de mestrado e reitero o agradecimento na minha tese de doutorado. Talvez ele não saiba, mas foi sob os olhos dele, ainda no início da minha graduação em Educação Física, que despertei em mim a vocação para a vida acadêmica. O seu estímulo para que eu escrevesse, pesquisasse e participasse de eventos científicos no início da minha formação foi essencial para o meu caminho na vida acadêmica.

Agradeço aos meus amigos. O alívio e a leveza que tanto necessitamos ao longo da formação doutoral muitas vezes vêm dos nossos amigos. Foi com eles que me diverti e desabafei inúmeras vezes e foram eles, muitas vezes, os responsáveis por me ajudar a manter a cabeça no lugar quando eu pensei em jogar tudo para o alto.

Agradeço ao meu orientador. Obrigado por aceitar a minha orientação com o barco andando e por confiar no meu trabalho, Leonardo. Foi muito importante para mim e para a minha formação doutoral. Aproveito para agradecer aos meus colegas de laboratório que dividiram tantos momentos de apreensão e desafios comigo.

Agradeço aos voluntários da minha pesquisa. Aos atletas que participaram do meu estudo, saibam que sem vocês nada disso seria possível. A paciência e a confiança que vocês depositaram nesse trabalho me enche de gratidão. Aqui, agradeço ao professor Gilmário (Cajá), aos treinadores dos Centros de Treinamentos (CT) Vôlei Vida, Klaus, e A Grande Sacada, Nayara, e ao preparador físico do CT do Cangaço, Riceler, que foram prestativos, pacientes e não titubearam ao me ajudar fazer esse estudo acontecer. Minha gratidão a vocês será eterna.

Agradeço aos secretários do Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física (PAPGEF) da UFPB. Ricardo e Herson, vocês são iluminados. Nós, alunos de pós-graduação, somos e seremos eternamente gratos aos serviços que vocês prestam ao PAPGEF. O trabalho de vocês é indispensável para nós e vocês o realizam magistralmente. Se há turbulência na vida do pós-graduando, certamente ela foi amenizada graças ao excelente serviço e atendimento que vocês prestam na secretaria do PAPGEF. Essa vitória também é de vocês. Muito obrigado por tudo e por tanto.

Agradeço aos meus alunos de graduação. Minha formação doutoral não seria a mesma não fosse a experiência docente que tive ao longo dos últimos anos. Apesar das dificuldades que encontrei ao trabalhar e estudar ao mesmo tempo, eu não poderia me queixar jamais dessa experiência. Ao conciliar trabalho e estudo, criei o meu grupo de pesquisa – que há de se reerguer futuramente em alguma Instituição de Ensino Superior, coordenei meu projeto de extensão universitária com idosas que levarei para sempre junto ao meu coração, aprendi – e sigo aprendendo – a ser professor. A todos os meus alunos, orientandos de trabalhos de conclusão de curso, extensionistas, alunos do grupo de pesquisa, usuários da extensão universitária, o meu agradecimento fraterno e eterno.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

*Ninguém nasce odiando outra pessoa pela cor de sua pele, ou por sua origem, ou sua religião. Para odiar, as pessoas precisam aprender, e se elas aprendem a odiar, podem ser ensinadas a amar, pois o amor chega mais naturalmente ao coração humano do que o seu oposto. A bondade humana é uma chama que pode ser oculta, jamais extinta.*

Nelson Mandela

## LISTA DE SIGLAS

<b>COI</b>	Comitê Olímpico Internacional
<b>CT</b>	Controle
<b>EVA</b>	Escala Visual Analógica
<b>FM</b>	Fadiga Mental
<b>LED</b>	<i>Light Emitting Diode</i> (diodo emissor de luz)
<b>PPS</b>	Privação Parcial do Sono
<b>PS</b>	Privação do Sono
<b>TR</b>	Tempo de Reação

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Descrição detalhada desenho do estudo. Legenda: PPS, Privação Parcial do Sono; FM, Fadiga Mental; CT, Controle; SCM, Salto com contramovimento; EVA, Escala Visual Analógica; DC, Documentário. ....42
- Figura 2.** Diagrama do fluxo de participação dos voluntários ao longo do estudo. ....47
- Figura 3.** Descrição da configuração de estímulos incongruentes e função “troca” do Stroop task adotada no estudo para a indução da fadiga mental. ....50
- Figura 4.** Detalhamento do posicionamento das luzes de led e do voluntário para realização do teste visuomotor de bloqueio proposto no estudo. ....51
- Figura 5.** Tela do celular com a configuração adotada para o teste visuomotor de bloqueio proposto nesse estudo no ReactionX<sup>®</sup>. ....52
- Figura 6.** Detalhamento do posicionamento das luzes de led para realização do teste visuomotor de defesa proposto no estudo. ....54
- Figura 7.** Tela do celular com a configuração adotada para o teste visuomotor de defesa proposto nesse estudo no ReactionX<sup>®</sup>. ....55
- Figura 8.** Respostas subjetivas de fadiga mental e sonolência ao Stroop task. Legenda: CT = controle; FM = fadiga mental; PPS+FM = privação parcial do sono + fadiga mental. \* vs pré-tratamento FM;  $\alpha$  vs pré-tratamento PPS+FM; # vs pré-tratamento. ....63
- Figura 9.** Respostas subjetivas de fadiga mental e sonolência às condições experimentais. Legenda: Sono habitual = condições CT + FM; Sono privado = condições PPS + PPS+FM. # vs sono habitual. ....64
- Figura 10.** Respostas comportamentais (A, tempo de reação; B, acurácia) ao comando "troca" no Stroop task que comparam os 10 minutos iniciais aos 10 minutos finais da tarefa. Legenda: Legenda: FM = fadiga mental; PPS+FM = privação parcial do sono + fadiga mental. \*  $p=0,04$  comparado com “Começo”;  $\alpha$   $p=0,03$  comparado com “Começo” da FM;  $\beta$   $p=0,01$  comparado com “Começo” da PPS+FM. ....65
- Figura 11.** Respostas percepto-cognitivas ao teste visuomotor de defesa em todas as condições experimentais. Legenda: CT = controle; FM = fadiga mental; PPS = privação parcial do sono; PPS+FM = privação parcial do sono + fadiga mental. #  $p<0,05$  comparado a CT. ....66
- Figura 12.** Respostas percepto-cognitivas ao teste visuomotor de bloqueio em todas as condições experimentais. Legenda: CT = controle; FM = fadiga mental; PPS = privação parcial do sono; PPS+FM = privação parcial do sono + fadiga mental; \*  $p<0,05$  comparado ao CT. 67
- Figura 13.** Respostas físicas ao teste de salto com contramovimento em todas as condições experimentais. Legenda: CT = controle; FM = fadiga mental; PPS = privação parcial do sono; PPS+FM = privação parcial do sono + fadiga mental. ....68
- Figura 14.** Análise bibliométrica das ocorrências de palavras-chave nos artigos publicados pelo Prof. Dr. Alexandre Moreira e indexados no Scopus. ....100
- Figura 15.** Análise bibliométrica da força de colaboração de coautoria entre o Prof. Dr. Alexandre Moreira e demais pesquisadores. ....101
- Figura 16.** Análise bibliométrica da força de inserção do Prof. Dr. Alexandre Moreira ao redor do mundo. ....101

<b>Figura 17.</b> Análise bibliométrica das ocorrências de palavras-chave nos artigos publicados pelo Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura.....	102
<b>Figura 18.</b> Análise bibliométrica da força de colaboração de coautoria entre o Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura e demais pesquisadores. ....	102
<b>Figura 19.</b> Análise bibliométrica da força de inserção do Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura ao redor do mundo.....	103
<b>Figura 20.</b> Análise bibliométrica das ocorrências de palavras-chave nos artigos publicados pelo Prof. Dr. Gilmário Ricarte Batista. ....	104
<b>Figura 21.</b> Análise bibliométrica da força de colaboração de coautoria entre o Prof. Dr. Gilmário Ricarte Bastista e demais pesquisadores .....	104
<b>Figura 22.</b> Análise bibliométrica da força de inserção do Prof. Dr. Gilmário Ricarte Batista ao redor do mundo.....	105
<b>Figura 23.</b> Análise bibliométrica das ocorrências de palavras-chave nos artigos publicados pela Profª Drª Shona Halson.....	106
<b>Figura 24.</b> Análise bibliométrica da força de colaboração de coautoria entre a Profª Drª Shona Halson e demais pesquisadores. ....	107
<b>Figura 25.</b> Análise bibliométrica da força de inserção da Profª Drª Shona Halson ao redor do mundo. ....	107

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>16</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>18</b>
<b>FORMATO DO PROJETO DE TESE.....</b>	<b>20</b>
1. INTRODUÇÃO .....	21
2. OBJETIVOS .....	27
<b>2.1. Objetivo geral .....</b>	<b>27</b>
<b>2.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>27</b>
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	28
<b>3.1. Fadiga Mental e Desempenho Humano .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2. Sono e Desempenho Humano.....</b>	<b>34</b>
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	41
<b>4.1. Desenho do estudo.....</b>	<b>41</b>
4.1.1. Pré-intervenção .....	43
4.1.2. Familiarização.....	43
4.1.3. Baseline.....	43
4.1.4. Condições experimentais .....	44
<b>4.2. Sujeitos .....</b>	<b>45</b>
<b>4.3. Aspectos éticos .....</b>	<b>48</b>
<b>4.4. Testes e protocolos .....</b>	<b>48</b>
4.4.1. Stroop task .....	48
4.4.2. Testes visuomotores.....	51
4.4.2.1. Teste visuomotor de bloqueio.....	51
4.4.2.2. Teste visuomotor de defesa.....	53
4.4.3. Teste de salto com contramovimento .....	55
<b>4.5. Medidas .....</b>	<b>56</b>
4.5.1. Comportamento habitual de sono .....	56
4.5.2. Privação do sono .....	56
4.5.3. Sonolência.....	57
4.5.4. Indicador de fadiga mental.....	57
<b>4.6. Cálculo amostral .....</b>	<b>58</b>

4.7. Análise estatística .....	59
4.8. Análise de reprodutibilidade dos testes e protocolos .....	60
5. RESULTADOS .....	62
5.1. Perfil do sono dos voluntários.....	62
5.2. Respostas subjetivas de FM e sonolência ao Stroop <i>task</i> .....	62
5.3. Respostas subjetivas de FM e sonolência às condições experimentais .....	63
5.4. Respostas comportamentais ao Stroop task .....	64
5.5. Respostas percepto-cognitivas ao teste visuomotor de defesa.....	65
5.6. Respostas percepto-cognitivas ao teste visuomotor de bloqueio.....	66
5.7. Respostas físicas ao teste de salto com contramovimento .....	67
6. DISCUSSÃO .....	69
7. CONCLUSÃO .....	78
8. REFERÊNCIAS.....	80
9. ANEXOS .....	96
9.1. Anexo 1: Aprovação do projeto de tese no CEP .....	96
10. APÊNDICES .....	99
10.1. Apêndice 1: Análise bibliométrica para composição da banca.....	99
10.2. Apêndice 2: Termo de consentimento livre e esclarecido.....	108
10.3. Apêndice 3: Termo de assentimento livre e esclarecido .....	111
10.4. Apêndice 4: Escala visual analógica .....	114
10.5. Apêndice 5: Escala de sonolência Karolinska .....	115

## RESUMO

A fadiga mental (FM) e a privação/privação parcial do sono (PS/PPS), por si só, prejudicam o desempenho percepto-cognitivo e físico de atletas das mais variadas modalidades esportivas. Estudos que avaliem os efeitos da FM e PPS conjugados, que individualizem a carga cognitiva e a duração da PPS e que analisem o desempenho percepto-cognitivo e físico de atletas de voleibol de praia a partir de testes ecológicos são necessários. Esse estudo teve como objetivo analisar os efeitos da PPS e da FM, conjugadas e isoladas, no desempenho percepto-cognitivo e físico em atletas treinados de voleibol de praia. Participaram do estudo 14 atletas treinados de voleibol de praia (12 homens; 17,6±1,5 anos). O estudo foi do tipo experimental de medidas repetidas, cruzado e randomizado e adotou quatro condições experimentais: a) Controle (CT), b) FM, c) PPS e d) PPS+FM. A FM foi induzida pelo Stroop *task* incongruente e a atividade de sono dos voluntários foi monitorada por oito noites consecutivas. A carga cognitiva e a duração da PPS foram individualizadas. O cumprimento da PPS foi monitorado por formulário online, preenchido em intervalos de 15 minutos pelo tempo que perdurou a PPS. O desempenho físico foi medido por uma série de 50 saltos com contramovimento com intervalos de 5 segundos entre cada salto realizados em esforço máximo e o desempenho percepto-cognitivo foi avaliado via testes visuomotores com luzes de *light emitting diode* (LED) que simularam ações de defesa e bloqueio no voleibol de praia. Os desfechos primários do estudo foram analisados pela análise de variância ANOVA de um fator (condição [4]) e o post-hoc de *bonferroni* foi aplicado para localizar as eventuais diferenças estatisticamente significantes. Os dados contínuos estão apresentados como média e desvio padrão e os categóricos como valores absolutos e relativos. A condição PPS causou respostas mais lentas no tempo de reação (TR) “mais rápido” ( $p=0,02$ ;  $d$  de Cohen=1,12; PPS: 1562.14±109.06 ms vs CT: 1440.71±101.41 ms) e “média” ( $p=0,02$ ;  $d$  de Cohen=1,13; PPS: 1874.29±144.63 ms vs CT: 1727.14±113.30 ms) do teste visuomotor de defesa comparado ao CT e a condição PPS+FM apresentou prejuízo no TR “média” ( $p<0,01$ ;  $d$  de Cohen=1,38; PPS+FM: 1906.43±133.45 ms vs CT: 1727.14±113.30 ms) do mesmo teste comparado ao CT. Para o teste visuomotor de bloqueio foi observado que a condição PPS+FM prejudicou o TR “média” ( $p=0,04$ ;  $d$  de Cohen=1,06; PPS+FM: 722.14±100.09 ms vs CT: 631.42±82.17 ms) e “índice de desempenho” ( $p=0,02$ ;  $d$  de Cohen=1,18; PPS+FM: 0,14±0,02 u.a vs CT: 0,16±0,02 u.a) comparado ao CT. O desempenho físico não foi prejudicado por nenhuma condição experimental. Conclui-se, portanto, que a PPS, isolada e conjugada à FM, prejudicam o desempenho percepto-cognitivo de atletas treinados de voleibol de praia, entretanto, os prejuízos da PPS conjugados à FM não se sobrepõem àqueles observados na PPS

quando isolada. Adicionalmente, o desempenho físico não foi prejudicado nem pela FM nem pela PPS em atletas treinados de voleibol de praia.

**Palavras-chave:** Fadiga cognitiva, Privação de sono, Performance atlética, Voleibol de praia.

## ABSTRACT

Mental fatigue (MF) and sleep restriction/deprivation (SR/SD) impair athletes' perceptual-cognitive and physical performance in the most varied sports. Studies that evaluate the effects of combined MF and SR, that individualize the cognitive load and the duration of SR, and which analyse the perceptual-cognitive and physical performance of beach volleyball athletes from ecological tests are necessary. This study aims to analyse the effects of SR and MF, combined and isolated, on perceptual-cognitive and physical performance in trained beach volleyball athletes. Fourteen trained beach volleyball athletes participated in the study (12 men;  $17.6 \pm 1.5$  years). It is an experimental, crossover, and randomized study of repeated measures which implemented four experimental conditions: a) Control (CT), b) MF, c) SR, and d) SR+MF. MF was induced by the incongruous Stroop task, and the volunteers' sleep activity was monitored for eight consecutive nights. Cognitive load and SR duration were individualized. Compliance with SR was monitored using an online form, filled in at 15-minute intervals for the duration of the SR. Physical performance was measured by a series of 50 jumps with countermovement with 5-second intervals between each jump performed at maximum effort, and perceptual-cognitive performance was evaluated via visuomotor tests with light emitting diode (LED) lights that simulated defensive and blocking actions in beach volleyball. The primary outcomes of the study were analysed by one-way ANOVA analysis of variance (condition [4] x moment [1]), and Bonferroni's post-hoc was applied to locate any statistically significant differences. Continuous data are presented as mean and standard deviation, and categorical data as absolute and relative values. The SR condition caused slower responses in the "faster" ( $p=0.02$ ; Cohen's  $d=1.12$ ; SR:  $1562.14 \pm 109.06$  ms vs CT:  $1440.71 \pm 101.41$  ms) and "mean" reaction time (RT) ( $p=0.02$ ; Cohen's  $d=1.13$ ; SR:  $1874.29 \pm 144.63$  ms vs CT:  $1727.14 \pm 113.30$  ms) of the defence visuomotor test compared to CT, and the SR+ MF condition showed impairment in the "mean" RT ( $p<0.01$ ; Cohen's  $d=1.38$ ; SR+MF:  $1906.43 \pm 133.45$  ms vs CT:  $1727.14 \pm 113.30$  ms) of the same test compared to CT. It was observed that the SR+MF condition impaired the "mean" RT ( $p=0.04$ ; Cohen's  $d=1.06$ ; SR+MF:  $722.14 \pm 100.09$  ms vs CT:  $631.42 \pm 82.17$  ms) and "performance index" ( $p=0.02$ ; Cohen's  $d=1.18$ ; SR+MF:  $0.14 \pm 0.02$  a.u vs CT:  $0.16 \pm 0.02$  a.u) for the visuomotor blocking test compared to CT. Physical performance was not impaired by any experimental condition. It is therefore concluded that SR, isolated and combined with MF, impairs the perceptual-cognitive performance of trained beach volleyball athletes; however, the damage of SR combined with MF do not overlap with those observed in SR when isolated.

Additionally, physical performance was not impaired by either MF or SR in beach volleyball-trained athletes.

**Keywords:** Cognitive fatigue, Sleep deprivation, Athletic performance, Beach volleyball.

## RESUMEN

La fatiga mental (FM) y la privación/privación parcial del sueño (PS/PPS), por sí solas, deterioran el rendimiento perceptivo-cognitivo y físico de los atletas en las más variadas modalidades deportivas. Son necesarios estudios que evalúen los efectos de la FM y la PPS combinadas, que individualicen la carga cognitiva y la duración de la PPS y que analicen el rendimiento perceptivo-cognitivo y físico de los deportistas de voleibol de playa en base a tests ecológicos. Este estudio tuvo como objetivo analizar los efectos de PPS y FM, combinados y aislados, en el rendimiento perceptivo-cognitivo y físico de atletas de voleibol de playa entrenados. Catorce atletas de voleibol de playa entrenados (12 hombres;  $17,6 \pm 1,5$  años) participaron en el estudio. El estudio fue del tipo experimental de medidas repetidas, cruzado y aleatorizado y adoptó cuatro condiciones experimentales: a) Control (CT), b) FM, c) PPS y d) PPS+FM. FM fue inducida por la incongruente tarea de Stroop y la actividad del sueño de los voluntarios fue monitoreada durante ocho noches consecutivas. Se individualizaron la carga cognitiva y la duración de la PPS. El cumplimiento del PPS se monitoreó mediante un formulario en línea, completado a intervalos de 15 minutos durante la duración del PPS. El rendimiento físico se midió mediante una serie de 50 saltos con contramovimiento con intervalos de 5 segundos entre cada salto realizado al máximo esfuerzo, y el rendimiento perceptivo-cognitivo se evaluó mediante pruebas visomotoras con luces de diodos emisores de luz (LED) que simulaban acciones defensivas y de bloqueo en el voleibol de playa. Los resultados primarios del estudio se analizaron mediante ANOVA unidireccional (condición [4]) y se aplicó Bonferroni post-hoc para localizar cualquier diferencia estadísticamente significativa. Los datos continuos se presentan como media y desviación estándar y los datos categóricos como valores absolutos y relativos. La condición PPS provocó respuestas más lentas en el tiempo de reacción (RT) “más rápido” ( $p=0,02$ ;  $d$  de Cohen= $1,12$ ; PPS:  $1562,14 \pm 109,06$  ms vs CT:  $1440,71 \pm 101,41$  ms) y “media” ( $p=0,02$ ;  $d$  de Cohen= $1,13$ ; PPS:  $1874,29 \pm 144,63$  ms vs CT:  $1727,14 \pm 113,30$  ms) de la prueba de defensa visomotora comparada con CT y la condición PPS+FM mostró deterioro en el TR “medio” ( $p<0,01$ ;  $d$  de Cohen= $1,38$ ; PPS+FM:  $1906,43 \pm 133,45$  ms vs CT:  $1727,14 \pm 113,30$  ms) de la misma prueba en comparación con CT. Para la prueba de bloqueo motor visual, se observó que la condición PPS+FM perjudicó el TR “medio” ( $p=0,04$ ;  $d$  de Cohen= $1,06$ ; PPS+FM:  $722,14 \pm 100,09$  ms vs CT:  $631,42 \pm 82,17$  ms) y “índice de rendimiento” ( $p=0,02$ ;  $d$  de Cohen= $1,18$ ; PPS+FM:  $0,14 \pm 0,02$  au vs CT:  $0,16 \pm 0,02$  au) en comparación con CT. El rendimiento físico no se vio afectado por ninguna de las condiciones experimentales. Se concluye, por tanto, que el PPS, aislado y combinado con

FM, perjudica el rendimiento perceptivo-cognitivo de atletas de voleibol de playa entrenados, sin embargo, los daños del PPS combinado con FM no se superponen con los observados en PPS cuando está aislado. Además, el rendimiento físico no se vio afectado por FM o PPS en jugadores de voleibol de playa entrenados.

**Palabras clave:** fatiga cognitiva, privación del sueño, rendimiento deportivo, voleibol de playa.

## **FORMATO DO PROJETO DE TESE**

De acordo com a norma nº 002/2015 que dispõe sobre a normatização para a elaboração das teses no Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UPE/UFPB, o presente projeto de tese de doutorado está escrito conforme o formato tradicional/monográfico. Para maiores informações acerca da norma que dispõe sobre a normatização para a elaboração de dissertação e tese, clique [aqui](#) ou visite a página <https://bit.ly/normaspapgef>.

## 1. INTRODUÇÃO

O voleibol de praia é uma modalidade esportiva praticada em uma quadra de areia com predominância de esforços intermitentes, curtos e de alta intensidade, alternados com períodos de recuperação mais longos e de baixa intensidade (MAGALHÃES et al., 2011; PÉREZ-TURPIN et al., 2019); nesse sentido, exige saltos repetidos para as ações de ataque e bloqueio, movimentos de mudança de direção rápidos acompanhado de ações musculares explosivas para as ações de defesa que necessitam cobrir uma grande área de quadra com de base instável e habilidades com grande contribuição de contração muscular excêntrica (MAGALHÃES et al., 2011).

Além disso, é disputado em duplas por atletas de ambos os naipes (masculino/feminino) em uma quadra de 16x8-m de dimensão dividida por uma rede e com duração de até três sets, dos quais os dois primeiros vão até 21 pontos e, quando necessário, em caso de empate, o *tie-break* (terceiro set) segue até o décimo quinto ponto. Em ambos os casos, é necessária uma diferença mínima de dois pontos para o adversário para que seja decretada a vitória no set (CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE VOLEIBOL, 2020). Ainda, as duplas são comumente formadas por atletas com características específicas de bloqueadores ou defensores ou, mesmo que com menos frequência, por atletas universais, capazes de desempenhar as funções de bloqueio ou defesa sem prejuízos ao desempenho da dupla (NUNES et al., 2020).

O voleibol de praia é uma modalidade que exige demandas físicas, técnico-táticas e percepto-cognitivas de seus atletas, independente do nível, em um jogo dividido em complexos (K1, K2, K3 e K4) que estruturam as ações da modalidade em saque, recepção, levantamento, ataque, bloqueio, cobertura de ataque e defesa (MEDEIROS et al., 2017; PALAO; SANTOS; UREÑA, 2004). Ainda, é possível diferenciar as situações contextuais do voleibol de praia em ações de continuidade (recepção e levantamento) e terminais (saque, ataque e bloqueio). Estudos têm observado que os atletas de bloqueio tendem a saltar com mais frequência do que os atletas de defesa (MEDEIROS et al., 2014; NATALI et al., 2018), independente da categoria (MEDEIROS et al., 2014) e do naipe (NATALI et al., 2018). Além disso, os defensores da categoria adulta saltam mais vezes quando comparados aos atletas da mesma posição da categoria Sub-19 (MEDEIROS et al., 2014). Isso decorre, possivelmente, da maior quantidade de saques recebidos pelos defensores na categoria adulta como parte de uma estratégia para aumentar as chances de defesa da equipe sacadora (PALAO; GUTIÉRREZ; FRIDERES, 2008). Por conseguinte, se justifica a quantidade maior de ataques executados por atletas de defesa

quando comparado àqueles de bloqueio na categoria adulta, por exemplo (MEDEIROS et al., 2014).

Ainda, as cargas internas e externas de treinamento têm sido cada vez mais analisadas em modalidades esportivas diversas (BOURDON et al., 2017; JIMENEZ OLMEDO et al., 2016; NUNES et al., 2020; SCOTT; SCOTT; KELLY, 2016), inclusive, no voleibol de praia (JIMENEZ OLMEDO et al., 2016; NUNES et al., 2020). Nesse sentido, os estudos têm observado que o atleta de bloqueio, independente do nível de competição (nacional/internacional), é submetido a maiores demandas de carga interna e externa, comparado ao atleta de defesa (JIMENEZ OLMEDO et al., 2016; NUNES et al., 2020). Vale ressaltar que tais demandas inseridas em um contexto de jogo podem ser afetadas por condições ambientais/climáticas (BAHR; REESER, 2012), pela força necessária para deslocamento na areia (BUSCÀ et al., 2015), como também pelas características antropométricas dos atletas (MEDEIROS et al., 2014).

Após as mudanças nas dimensões da quadra e no sistema de pontuação no voleibol de praia em 2001, algumas observações técnico-táticas foram percebidas no jogo. O saque, a eficiência no contra-ataque, o percentual de erros e o número de bloqueios, por exemplo, parecem ser determinantes para a vitória nas dimensões de quadra atuais (16x8m ante os 18x9m da regra antiga) (AFONSO et al., 2012; GRGANTOV; KATIĆ; MARELIĆ, 2005; KOCH; TILP, 2009; MEDEIROS et al., 2014, 2017). Ademais, homens e mulheres costumam diferir na escolha da técnica para as ações de saque, ataque, recepção, bloqueio, defesa e levantamento sem que haja prejuízos à qualidade do desempenho (KOCH; TILP, 2009; PÉREZ-TURPIN et al., 2019).

A eficiência da recepção e do ataque também foram afetadas a partir de 2001. Por um lado, a eficiência da recepção aumentou, por outro, a eficiência do ataque foi reduzida (GIATSI; TZETZIS, 2003). Tais alterações se justificam pela facilidade em receber um saque em uma quadra de dimensões menores e pela dificuldade em finalizar um ponto de ataque nestas mesmas condições de dimensões reduzidas. Ainda, o uso do toque no levantamento é uma escolha técnica mais predominante entre os homens quando comparado às mulheres (KOCH; TILP, 2009; PÉREZ-TURPIN et al., 2019) e, tal escolha, parece ser mais prevalente na medida que os atletas ficam mais experientes (PÉREZ-TURPIN et al., 2019).

Cabe destacar, ainda, que homens e mulheres costumam receber a bola para o centro da quadra próximo à rede e, apesar do bloqueio ofensivo ser a estratégia mais predominante em ambos os naipes (KOCH; TILP, 2009; YIANNIS, 2008), quando comparado aos homens, o recuo do bloqueio é a estratégia tática mais adotada por mulheres (KOCH; TILP, 2009). Além

disso, enquanto que as mulheres usam diferentes estratégias de ataque (*spike* e *shot*) equanimente, os homens adotam os *spikes* com mais frequência do que os *shots* (KOCH; TILP, 2009). Tal diferença de estratégias táticas podem explicar o porquê de o naípe feminino utilizar mais o recuo do bloqueio, uma vez que o uso do *shot* é mais prevalente entre as mulheres quando comparado aos homens (KOCH; TILP, 2009).

Por último, mas não menos importante, o voleibol de praia demanda um acentuado desempenho percepto-cognitivo em seus atletas, uma vez que a imprevisibilidade das ações desta modalidade exige que decisões sejam tomadas em pouco espaço de tempo (FORTES et al., 2020a; KLOSTERMANN et al., 2015; KÜNZELL et al., 2014). Neste sentido, a experiência na modalidade aliada a um vasto repertório percepto-motor específico para o voleibol de praia parecem ser indispensáveis para rastrear/visualizar estímulos relevantes, antecipar as ações de adversários e tomar decisões acuradas (CAÑAL-BRULAND; MOOREN; SAVELBERGH, 2011). Além disso, após o levantamento, o atleta, ao observar o comportamento de bloqueio/defesa da equipe adversária, pode instruir seu parceiro sobre onde atacar a bola na quadra adversária, entretanto, apesar da efetividade desta estratégia (KÜNZELL et al., 2014), obedecer este comando, exige alta capacidade percepto-cognitiva do atleta que executará o ataque. Para tanto, o treinamento das habilidades percepto-cognitivas é essencial para o aprimoramento do desempenho tático e tomada de decisão de atletas de voleibol de praia (FORTES et al., 2020a; KLOSTERMANN et al., 2015; MORENO et al., 2016).

Para que as demandas exigidas pela prática esportiva competitiva sejam atendidas por atletas de diversas modalidades, dentre as quais o voleibol de praia, vários fatores de ordem biopsicossocial precisam estar em equilíbrio (BARBOSA; LIMA-JUNIOR; SILVA FILHO, 2020; GRINDEM; MYKLEBUST, 2020; REVERBERI et al., 2020). Entretanto, tal equilíbrio nem sempre é alcançado, seja por razões de vida diária, seja por razões relacionadas à rotina de treinamentos (WALSH et al., 2021). Neste sentido, o sono, mais especificamente a privação do sono (PS), a privação parcial do sono (PPS) (privação ~ 3-5 horas num período de 24 horas) e a fadiga mental (FM) são aspectos que comumente prejudicam o desempenho de atletas (BOLIN, 2019; CHAREST; GRANDNER, 2020; FORTES et al., 2020c; FULLAGAR et al., 2019; GANTOIS et al., 2020; HIMASHREE; BANERJEE; SELVAMURTHY, 2002; KÖLLING et al., 2019; LIM; DINGES, 2010; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; SMITH et al., 2018, 2016a; SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015; VAN CUTSEM et al., 2017b; WALSH et al., 2021; WATSON, 2017).

O sono usualmente cumpre uma função de restituição fisiológica no organismo e tem sido considerado um importante fator para o desempenho de atletas (AKERSTEDT; NILSSON,

2003; REARDON et al., 2019), visto que muitos atletas, amadores ou de elite, são maus dormidores e dormem menos do que o suficiente (CARTER et al., 2020; DREW et al., 2018; JULIFF; HALSON; PEIFFER, 2015; ROBERTS; TEO; WARMINGTON, 2019). Ademais, a PS e a PPS, que diferem entre si no tempo total de PS, usualmente provocam alterações de humor que podem cooperar para prejuízos de desempenho (ANGUS; HESLEGRAVE; MYLES, 1985; BOONSTRA et al., 2007; EDWARDS; WATERHOUSE, 2009; MENEY et al., 1998; REILLY; PIERCY, 1994; SKEIN et al., 2011).

A literatura científica especializada mostra que a PPS promove prejuízos ao desempenho físico e percepto-cognitivo, às respostas fisiológicas ao exercício físico e ao desempenho específico de algumas modalidades esportivas (ABEDELMALEK et al., 2013; AXELSSON et al., 2008; EDWARDS; WATERHOUSE, 2009; LÉGER et al., 2008; MOUGIN et al., 1991, 2001; OTMANI et al., 2005; REILLY; PIERCY, 1994; REYNER; HORNE, 2013; SOUISSI et al., 2013; VGONTZAS et al., 2004). Apesar disso, os resultados, que ainda são conflitantes (FULLAGAR et al., 2015, 2019; VAN CUTSEM et al., 2017b), são incipientes em apontar os mecanismos pelos quais a PPS compromete o desempenho. Acredita-se, entretanto, que a redução da produção e atividade de neurotransmissores como dopamina e norepinefrina pode estar associada a decrementos de atividade eletrofisiológica em áreas corticais e subcorticais relacionadas às habilidades percepto-cognitivas (p.ex., córtex pré-frontal, córtex visual primário e área motora pré-suplementar) (MCCANN et al., 1992), indicando que o cérebro tem papel fundamental neste processo (HALSON; JULIFF, 2017; HOBSON, 2005).

Importante pontuar que os protocolos de medida pouco ecológicos podem comprometer a transferência dos resultados para a prática esportiva (FULLAGAR et al., 2015, 2019) e que a não individualização do tempo de prescrição para a PPS (ABEDELMALEK et al., 2013; AXELSSON et al., 2008; SOUISSI et al., 2013) pode, ao atribuir o mesmo quantitativo de tempo de PS a todos os voluntários, sub/superestimar o tempo total de sono dos mesmos, gerando diferentes pontos de partida para a PPS. Para tanto, essa tese adotou a individualização do tempo de PPS para que fosse possível obter maior controle dessa variável.

Adicionalmente à PS/PPS, a FM, por si só, é considerada outro potencial fator de prejuízo ao desempenho de atletas de diversas modalidades esportivas individuais e coletivas (MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; SMITH et al., 2018; VAN CUTSEM et al., 2017b). A FM pode ser compreendida como um estado psicobiológico de cansaço, falta de energia e letargia, acompanhado de atenuação no desempenho de funções executivas, oriunda de altas cargas cognitivas (e.g., prolongado período de tempo com baixa intensidade cognitiva

ou curto espaço de tempo com elevada intensidade cognitiva) (BOKSEM; TOPS, 2008; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; VAN CUTSEM et al., 2017b).

Por um lado, o desempenho de *endurance* parece ser afetado pela FM (BROWN et al., 2020; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; MCMORRIS et al., 2018), por outro, o desempenho de esforço *all-out* de curta duração parece não ser alterado em sujeitos mentalmente fatigados (PAGEAUX et al., 2015). Ainda, a FM compromete aspectos físicos de *endurance* e habilidades técnicas específicas de modalidades esportivas coletivas (SMITH et al., 2017, 2018; VENESS et al., 2017; WEERAKKODY et al., 2021), das quais, o futebol é a modalidade esportiva coletiva mais estudada. Além disso, prejuízos ao desempenho percepto-cognitivo também têm sido observados (DELUCA, 2005; FORTES et al., 2019; GANTOIS et al., 2020).

Estes prejuízos de desempenho relacionados à FM são comumente discutidos a partir de modelos neurofisiológicos (MARTIN et al., 2018) e psicobiológicos (BOKSEM; TOPS, 2008; DE MORREE; MARCORA, 2015; MARCORA, 2008). O modelo neurofisiológico baseia-se nos níveis acentuados e atenuados de adenosina cerebral e dopamina, respectivamente, que levam ao aumento da percepção de esforço e a redução da motivação, culminando, portanto, para os decrementos de desempenho (MARTIN et al., 2018). O modelo psicobiológico proposto por Marcora (2008) sugere que o desengajamento da tarefa está associado ao esforço máximo (p.ex., relação esforço/recompensa) que o voluntário está disposto a exercer para obter sucesso na tarefa ou ao fato do voluntário acreditar já ter desempenhado seu esforço máximo e que, a continuação do esforço, passa a ser percebida como impossível por ele. Por fim, o outro modelo psicobiológico proposto por Boksem e Tops (2008) sugere que o sistema de recompensa determina o quanto de esforço será aplicado na tarefa, indicando que, uma vez que o sistema de recompensa seja pouco ativado (e.g., quando mentalmente fatigado), os recursos cognitivos disponibilizados para a tarefa serão atenuados, o que irá comprometer o desempenho de atletas.

Importante salientar que os estudos que têm analisado os efeitos da FM no desempenho muito comumente apresentam pouca validade ecológica, seja na forma de induzir a FM (MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; VAN CUTSEM et al., 2017a) ou nas medidas pouco específicas para as modalidades esportivas (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2005, 2006; DUNCAN et al., 2015; LORIST; BOKSEM; RIDDERINKHOF, 2005).

Este projeto de tese, em contrapartida, apesar de não adotar um método ecológico para induzir a FM, como o uso de redes sociais em *smartphones* (FORTES et al., 2019, 2020c, 2020d), jogos de videogame (FORTES et al., 2020c) ou imagens motoras (JACQUET et al., 2021a) propostos em estudos recentes, realizou a individualização da carga de FM na aplicação

do Stroop *task* e adotou medidas para a avaliação do desempenho físico (salto com contramovimento) e percepto-cognitivo (luzes de led) com características específicas para o voleibol de praia que permitirão interpretações mais práticas e voltadas à realidade da modalidade.

Além disso, ciente da ocorrência concomitante da PPS e da FM em atletas e dos prejuízos que ambas podem causar, por si só, no desempenho percepto-cognitivo e físico em atletas, este estudo se dedicou a analisar os efeitos isolados e conjugados de ambas as condições (PPS e FM) no desempenho de atletas treinados de voleibol de praia. Além disso, o estudo analisou a atividade habitual de sono dos voluntários para ser possível individualizar adequadamente o tempo de PPS de cada voluntário em 50%.

Para tanto, hipotetizamos que a PPS e a FM causarão prejuízos ao desempenho físico e percepto-cognitivo de atletas treinados de voleibol de praia e que, os decrementos ao desempenho causados pela PPS e FM, quando conjugados, se sobreporão àqueles isolados da PPS e da FM. Ainda, os resultados dessa tese de doutorado permitirão ao profissional de educação física compreender se a PPS e a FM, comuns entre atletas das mais diversas modalidades, principalmente em períodos pré-competitivos, podem causar prejuízos ao desempenho de atletas treinados de voleibol de praia. Caso a hipótese do estudo seja confirmada, caberá aos treinadores desenvolver estratégias que visem a higiene do sono e a adoção de práticas com pouca demanda cognitiva antes de partidas/eventos competitivos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

- Analisar o efeito da PPS e da FM, isoladas e conjugadas, no desempenho percepto-cognitivo e físico de atletas treinados de voleibol de praia.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Descrever o perfil do sono de atletas de voleibol de praia treinados.
- Verificar se a PPS e uma tarefa de alta demanda cognitiva aumentam a FM e o estado subjetivo de sonolência de atletas treinados de voleibol de praia.
- Verificar se a FM promove aumento do tempo de resposta a uma tarefa de alta demanda cognitiva em atletas treinados de voleibol de praia.
- Verificar se a PPS reduz o tempo de indução à FM em atletas treinados de voleibol de praia.
- Analisar a correlação entre o tempo de prática do voleibol de praia com o tempo decorrido para indução à FM e a quantidade de horas de treino por dia de atletas treinados de voleibol de praia.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Fadiga Mental e Desempenho Humano**

Os estudos acerca da fadiga e, mais especificamente, da FM ainda fazem parte de um campo controverso da ciência (ACKERMAN, 2011; MATTHEWS et al., 2012). Enquanto estudos sugerem diferentes definições para a fadiga, tornando o seu conceito impreciso (ACKERMAN, 2011; MATTHEWS et al., 2012), a FM tem sido descrita como um estado psicobiológico de cansaço, falta de energia e letargia, acompanhado por decremento de funções executivas, acarretado por demandas cognitivas elevadas (e.g., prolongada com baixa intensidade cognitiva ou curta duração com elevada intensidade cognitiva) que costumam fazer com que o indivíduo realize a tarefa com maior esforço percebido que culminam numa diminuição do engajamento da tarefa (BOKSEM; TOPS, 2008; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; MATTHEWS et al., 2012; PIRES et al., 2018; VAN CUTSEM et al., 2017b).

O método de avaliar a FM é um tema amplamente discutido e igualmente controverso, apesar dos crescentes avanços neste campo da ciência nos últimos anos (ACKERMAN, 2011; CHRISTODOULOU, 2005; SMITH et al., 2019). Tamanha controvérsia se dá pela inexistência de um marcador biológico universalmente aceito para a identificação da FM e a sua avaliação ser comumente realizada por análises de prejuízos de desempenho comportamental ao longo de tarefas cognitivas e pelo uso de escalas de percepção subjetivas (FORTES et al., 2020c, 2021b; SMITH et al., 2019). Entretanto, com os avanços das pesquisas em neurociência, o uso de eletroencefalogramas, espectroscopia funcional de infravermelho, pupilometria e exames de neuroimagem, por exemplo, apesar de também apresentarem suas limitações, tem se difundido para o estudo dos processos que envolvem estados psicobiológicos, como a FM (COOK et al., 2007; CRAIG et al., 2012; CRAIG; TRAN, 2012; GEVINS et al., 1990; SHEN et al., 2008; ZOU et al., 2014).

Apesar da FM ser observada em indivíduos acometidos por doenças crônicas (CHAUDHURI; BEHAN, 2004; COX, 2012; JASON et al., 2012), ela também pode ser observada em populações saudáveis em decorrência das atividades da vida diária moderna que envolvem fatores como cansaço, mudanças no humor e prejuízos da função executiva, por exemplo (BOKSEM; TOPS, 2008; CRAIG et al., 2006; DESMOND; MATTHEWS, 2009; DESMOND; MATTHEWS; BUSH, 2001; MEEUSEN; VAN CUTSEM; ROELANDS, 2020). Ainda, prejuízos comportamentais de ordem física (MARCORA; STAIANO; MANNING,

2009; SMITH et al., 2016a; SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015) e cognitiva (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2005; LORIST; BOKSEM; RIDDERINKHOF, 2005) também têm sido observados.

A FM pode ser acarretada por fatores ambientais, fisiológicos e psicológicos, manifestando-se no indivíduo por meio de respostas subjetivas ou autorrelatadas, comportamentais e/ou neurofisiológicas (ACKERMAN, 2011; MATTHEWS et al., 2012). Neste sentido, a PS (MA et al., 2009; OWENS, 2007) e a exposição à redes sociais em telas de smartphones (FORTES et al., 2021b) por período prolongado, por exemplo, parecem acarretar FM. Como consequência, é comum que se observe sensações de cansaço aumentado conjugado a motivação e vigilância reduzidas (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2006; BOKSEM; TOPS, 2008; VAN DER LINDEN; ELING, 2006). Estudos têm reportado respostas eletrofisiológicas no cérebro (BROWNSBERGER et al., 2013; COOK et al., 2007; WASCHER et al., 2014) em indivíduos mentalmente fatigados. Mais especificamente, achados científicos revelaram aumento da amplitude das bandas theta e alpha de baixa frequência nas regiões frontoparietais do cérebro em sujeitos mentalmente fatigados (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2005; FRIEHS et al., 2020; KÄTHNER et al., 2014; LI et al., 2019; WASCHER et al., 2014). Essas alterações eletrofisiológicas indicam redução de alerta/vigilância.

Apesar de ainda ser pouco utilizado (BROWNSBERGER et al., 2013; VAN CUTSEM et al., 2017a), o eletroencefalograma é um instrumento capaz de identificar os indicadores responsáveis pelo estado de FM (LAL; CRAIG, 2001, 2002; WIJESURIYA; TRAN; CRAIG, 2007), uma vez que se sabe que as medidas de atividade subcortical do cérebro compreendem importante marcador para o estado de FM (ACKERMAN, 2011; CRAIG; TRAN, 2012). Entretanto, o uso de encefalograma para essa finalidade é escasso e a aplicação de escalas subjetivas e análises comportamentais para quantificar a FM (SMITH et al., 2019; VAN CUTSEM et al., 2017b) são mais frequentes para o entendimento de indicadores que apontem para os prejuízos ao desempenho causados por este estado psicobiológico. Ademais, ainda são incipientes os estudos que avaliam os mecanismos neurobiológicos responsáveis pelo estado de FM (WANG et al., 2016).

Para além das respostas subjetivas, comportamentais e neurofisiológicas à FM citadas anteriormente, estudos sugerem que o estado de FM pode ser adaptativo e que parece estar suscetível à motivações externas, como as recompensas financeiras, em indivíduos mentalmente fatigados (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2006; HOCKEY, 2013; HOPSTAKEN et al., 2015). Por conseguinte, níveis elevados de autocontrole e a motivação

surgem como potenciais neutralizadores das respostas deletérias no desempenho oriundas da FM.

Neste sentido, a FM também parece estar associada a uma análise subconsciente de custo e benefício que envolve a motivação em realizar determinada tarefa (BOKSEM; TOPS, 2008). Quando custos e benefícios para a realização de determinada tarefa são, respectivamente, baixos e altos (p. ex.: aplicação de atividade motivante acrescido de recompensa imediata ou de longo prazo), os indivíduos tendem a dedicar mais tempo à tarefa/atividade que deveria ser, inicialmente, mentalmente fatigante. Mais especificamente, parece que sujeitos mentalmente fatigados podem recrutar recursos atencionais adicionais quando percebem a tarefa com alto nível de recompensa, o que acarreta maior esforço cognitivo para a tarefa (BAFNA; HANSEN, 2021). Entretanto, quando essa lógica é invertida e o esforço para a realização da tarefa prolongada se sobrepõe à eventuais recompensas, o comportamento, antes modulado pelo sentimento de motivação, é alterado (BOKSEM; TOPS, 2008). Para tanto, os desempenhos cognitivos individuais estarão suscetíveis a aumentar, piorar ou se manter inalteradas a depender das estratégias de comportamento motivacional adotadas durante as tarefas com potencial de indução à FM (ACKERMAN et al., 2010; MATTHEWS et al., 2012).

Como reflexo das respostas comportamentais à FM, o tempo de resposta em testes computacionais tem se mostrado prejudicado em indivíduos mentalmente fatigados (DELUCA, 2005; FORTES et al., 2019; JENNEKENS-SCHINKEL et al., 1988; LORIST; BOKSEM; RIDDERINKHOF, 2005). A manifestação desses prejuízos tem implicado em níveis aumentados de distração (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2005), dificuldade em responder adequadamente aos estímulos recebidos (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2006) e latência da tomada de decisão comprometida (FORTES et al., 2019; GANTOIS et al., 2020). Tais manifestações acentuam os decrementos de desempenho cognitivo que impactam aspectos comportamentais, a exemplo do tempo de reação (TR), da taxa de erros e, conseqüentemente, a acurácia (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2006; LORIST; BOKSEM; RIDDERINKHOF, 2005), a qual tem sido adotada como indicador de engajamento da tarefa.

Em contrapartida, a FM parece não promover efeitos adversos no desempenho físico quando se trata de esforços *all-out* de curta duração (DUNCAN et al., 2015; MARTIN et al., 2015; PAGEAUX et al., 2015; PAGEAUX; MARCORA; LEPERS, 2013), mesmo quando a abordagem de monitoramento do exercício físico é voltada para atenuar a fadiga neuromuscular central (FORTES et al., 2020d). Ademais, a FM também parece não alterar (aumentar ou reduzir) o estresse metabólico durante a realização do esforço físico quando realizado com a

mesma carga externa (DUNCAN et al., 2015; PAGEAUX et al., 2015; PAGEAUX; MARCORA; LEPERS, 2013; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009).

Considerando o desempenho de *endurance*, estudos apontam que a FM é capaz de comprometê-lo (BROWN et al., 2020; FORTES et al., 2020b, 2021b; GIBOIN; WOLFF, 2019; MCMORRIS et al., 2018; VAN CUTSEM et al., 2017b). Tais prejuízos são observados quanto à tolerância ao exercício de *endurance* (MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009), à distância em corridas contra o relógio (MACMAHON et al., 2014; PAGEAUX et al., 2014), à distância em corridas de intensidade leve (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015) e aos testes de *endurance* intermitente em diferentes modalidades esportivas (SMITH et al., 2016a; VENESS et al., 2017). Este fenômeno parece estar relacionado à alta percepção de esforço dos indivíduos mentalmente fatigados (MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015). Além disso, estes achados foram observados em experimentos ecológicos e específicos para determinadas modalidades esportivas (SMITH et al., 2016a; VENESS et al., 2017) e em procedimentos conduzidos em laboratório (BROWNSBERGER et al., 2013; VAN CUTSEM et al., 2017a). Recentemente, achados científicos revelaram que estímulos repetidos de fadiga mental ao longo de 8 semanas inibiram adaptações positivas no desempenho de *endurance* em atletas de natação (FORTES et al., 2020b). Todavia, em se tratando do voleibol, um estudo recente não encontrou diferença no desempenho de *endurance* para o grupo que treinou mentalmente fatigado ao longo de 4 semanas (FORTES et al., 2021c). Este achado pode ser explicado porque o tempo de duração do experimento foi curto para gerar mudança no desempenho de *endurance* ou também pode ser explanado porque o voleibol é uma modalidade com baixa exigência de *endurance*.

A literatura científica propõe alguns modelos para a explicação dos mecanismos responsáveis pelos decrementos de desempenho em sujeitos submetidos à FM. Os modelos neurofisiológico (MARTIN et al., 2018), psicobiológico (DE MORREE; MARCORA, 2015; MARCORA, 2008) e do sistema de recompensa (BOKSEM; TOPS, 2008) discutem diversos aspectos capazes de modular o desempenho ante o estado psicobiológico causado pela FM.

O modelo fisiológico (MARTIN et al., 2018) propõe uma análise dos decrementos ao desempenho de *endurance* causados pela FM e sugere, para tanto, que a fadiga originada do esforço mental colabora para o aumento de adenosina cerebral extracelular em regiões ativas do cérebro, por exemplo o córtex cingulado anterior e o córtex pré-frontal. Tal teoria é suportada pela ação da adenosina que age em duas vias: i) aumentando a percepção de esforço em atividades subsequentes e ii) atenuando a motivação ou o desejo de seguir em atividades de esforço, a partir da interação com a dopamina no córtex cingulado anterior.

As inferências acerca do papel da adenosina nos decrementos de desempenho de *endurance* sob condições de FM se fortalecem na medida que os efeitos ergogênicos de antagonistas da adenosina, como a cafeína, no desempenho cognitivo (JARVIS, 1993) e esportiva (MEEUSEN; ROELANDS; SPRIET, 2013) são observados. Além disso, um dos papéis da adenosina é o de modular a liberação de neurotransmissores, reduzindo, inclusive, a liberação de dopamina (MYERS; PUGSLEY, 1986). Neste sentido, apesar de ser sabido que a adenosina está presente em diversas regiões do cérebro, a sua atuação, especificamente no córtex cingulado anterior (PAGEAUX et al., 2015), e o seu papel na regulação da tomada de decisão baseada no esforço (SCHWEIMER; HAUBER, 2006), podem sugerir que a adenosina modula a fadiga baseada no esforço (MARTIN et al., 2018). Por isso, manipulações externas que reduzam a concentração de adenosina no cérebro deverão ser estimuladas para que se minimizem os efeitos deletérios da FM no desempenho de *endurance*.

O modelo psicobiológico, por sua vez, sugere que o desengajamento da tarefa física ocorre quando: a) o esforço percebido exigido pela tarefa física alcança o máximo esforço que se deseja exercer ou b) o voluntário acredita ter desempenhado um esforço máximo para a tarefa física exigida e a sua continuação parece impossível (DE MORREE; MARCORA, 2015; MARCORA, 2008); o modelo propõe ainda que se o fator “b” for ajustado, a fim de aumentar o que se chama de “motivação potencial”, é possível interferir no fator “a” e, assim, aumentar a tolerância ao exercício. A lógica desse modelo, entretanto, se aplica às atividades que exigem um esforço físico onde a única autorregulação possível é o desengajar da tarefa, uma vez que a carga de trabalho proposta é fixa, não sendo possível ao participante, por exemplo, determinar um ritmo reduzido para seguir executando a tarefa. Por conseguinte, a adenosina, como citado anteriormente no modelo fisiológico, parece ter papel importante na regulação do esforço máximo percebido (MARTIN et al., 2018).

Por fim, o modelo do sistema de recompensa propõe compreender a FM a partir de uma análise integrada das recompensas que são esperadas e dos custos energéticos associados à realização de tarefas por tempo prolongado e que resultam na redução da motivação e do esforço investido para continuar a desempenhar a tarefa (BOKSEM; TOPS, 2008). Nesse sentido, a motivação para obter a recompensa e a motivação para evitar prejuízos/punições estão associados a dois sistemas motivacionais que se complementam e que interagem entre si para produzir um comportamento que leva o indivíduo em direção aos seus objetivos. Entretanto, apesar da motivação ser capaz de aumentar o engajamento à tarefa, ela também está associada a custos energéticos.

O modelo do sistema de recompensa (BOKSEM; TOPS, 2008) sugere, para tanto, que o sentimento de fadiga é o resultado de uma análise que o indivíduo faz dos custos e benefícios para gastar ou conservar energia. Assim sendo, as pessoas gastarão mais energia realizando uma tarefa se os custos – energéticos – necessários para a realização dessa tarefa forem considerados baixos pelo indivíduo e se os benefícios, seja pela boa recompensa ou pelos baixos prejuízos, forem altos. Em atividades mais longas, por exemplo, o gasto de energia, de acordo com o modelo do sistema de recompensa (BOKSEM; TOPS, 2008), costuma aumentar ao longo do tempo e acaba se sobrepondo às eventuais recompensas; como resultado, a motivação diminui, uma vez que as recompensas parecem não ser mais atraentes o suficiente, e surge o impulso de abandonar a tarefa.

Neste sentido, o eletroencefalograma, responsável por captar atividade sináptica em região do córtex cerebral por meio de bandas de frequência e tornar possível análises precisas de frequência e frequência-tempo, é considerado uma ferramenta promissora para a obtenção de medida objetiva da FM (WIJESURIYA; TRAN; CRAIG, 2007). Para tanto, sabe-se que as bandas delta ( $\delta$ ) (0,5-4 Hz), alpha de baixa frequência (8-13 Hz) e theta ( $\Theta$ ) (4-7,5 Hz) apresentam baixa frequência e que estas estão associadas às sensações de redução do processamento de informação, como os baixos níveis de alerta (LAL; CRAIG, 2001, 2002). A banda alfa ( $\alpha$ ), por sua vez, está relacionada a recursos atencionais e memória episódica, enquanto as ondas beta rápidas ( $\beta$ ) associam-se a um estado de alerta aumentado e as ondas gama refletem níveis acentuados de processamento cognitivo (LAL; CRAIG, 2001, 2002).

Ainda que haja alguns resultados conflitantes (CALDWELL; HALL; ERICKSON, 2002; STRIJKSTRA et al., 2003), estudos que analisaram os efeitos da FM na atividade eletrofisiológica do cérebro, além de observarem maior amplitude nas bandas delta, alpha de baixa frequência e theta em sujeitos mentalmente fatigados comparado àqueles em estado vigilante (PAL et al., 2008; PAPADELIS et al., 2006; TREJO et al., 2015), identificaram que os aumentos na atividade cerebral destas ondas estão associados a redução de atividade dopaminérgica na região frontoparietal, em especial, no córtex pré-frontal supraorbital e córtex pré-frontal dorsolateral (CRAIG et al., 2012; PAL et al., 2008). Ainda, os achados que mostram que as alterações na atividade elétrica das ondas delta, alpha de baixa frequência e theta relacionadas à FM ocorrem antes mesmo de qualquer declínio de desempenho referente à FM, indicam que o aumento da amplitude de sinal nestas bandas podem compreender marcadores de FM e predizerem decrementos no desempenho antes mesmo deles ocorrerem (GEVINS et al., 1990).

Como dito no início desta seção, a FM está situada em um campo controverso da ciência, tornando conflituosa a definição do seu estado e o adequado entendimento de seus sintomas. Não surpreende, portanto, constatar que durante o período no qual a FM tem sido investigada, houve uma tendência entre diversos autores em usar o termo "fadiga" como sinônimo de "sonolência" ou "cansaço". Entretanto, enquanto a sonolência surge da PS, a FM tem no trabalho ou o esforço o seu fator causal (ACKERMAN, 2011); e ambas, sozinhas, são capazes de promover decrementos no desempenho humana (CULLEN et al., 2019; FORTES et al., 2019; FULLAGAR et al., 2015, 2019; GRECO et al., 2017; MA et al., 2009; MCCANN et al., 1992; SKURVYDAS et al., 2020; STEPAN; ALTMANN; FENN, 2020; VAN CUTSEM et al., 2017b; VANHELDER; RADOMSKI, 1989). Portanto, a fim de que se elucide potenciais divergências sobre aspectos conceituais e de seus efeitos no desempenho humano, maiores esclarecimentos acerca da PS são necessários.

### **3.2. Sono e Desempenho Humano**

O sono, considerado um fator-chave para uma restituição fisiológica adequada do corpo humano (AKERSTEDT; NILSSON, 2003), foi, recentemente, mencionado pelo Comitê Olímpico Internacional (COI) como um importante colaborador para o desempenho atlético e saúde mental de atletas (REARDON et al., 2019). Tal menção se justifica, possivelmente, pelo elevado número de atletas que dormem menos do que o considerado suficiente e que reportam má qualidade do sono (CARTER et al., 2020), além dos estudos que apontam que cerca de 50% dos atletas de elite são considerados maus dormidores (DREW et al., 2018) e que, na noite que antecede a competição, estes atletas não dormem o suficiente (JULIFF; HALSON; PEIFFER, 2015; ROBERTS; TEO; WARMINGTON, 2019), possivelmente em razão do aumento da ansiedade pré-competitiva. Estas condições se agravam quando se observa que aproximadamente 82% dos atletas de elite relatam que adormecer nas noites que antecedem a competição é o maior problema relacionado ao sono que eles enfrentam, e que, adicionalmente, mais de 50% deles não usam nenhuma estratégia para dormir bem (JULIFF; HALSON; PEIFFER, 2015).

A PS remete a casos prolongados e contínuos de perda de sono, normalmente referentes a privação de uma noite completa de sono ou mais (24 horas/dia). Em contrapartida, a PPS, também retratada na literatura científica especializada como restrição do sono (FULLAGAR et al., 2015), compreende períodos com ausência do sono que podem ocorrer no adormecer mais tarde ou despertar mais cedo do que o normal (BOONSTRA et al., 2007). Ainda, para fins

elucidativos, a literatura científica retrata o sono fragmentado como àquele intervalado (JONES; HARRISON, 2001); portanto, diferente da PS e PPS. Em ambos os casos (PS e PPS), a PS é considerada fator de risco e prognóstico para diversos distúrbios do sono (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013) e provoca alterações no estado de humor que desencadeiam aumento da fadiga subjetiva (ANGUS; HESLEGRAVE; MYLES, 1985; EDWARDS; WATERHOUSE, 2009; MENEY et al., 1998; SKEIN et al., 2011), do sentimento de confusão (MENEY et al., 1998; REILLY; PIERCY, 1994), da letargia (SKEIN et al., 2011), podendo causar até alucinações (KAHN-GREENE et al., 2007).

A literatura especializada aponta fatores relacionados e não-relacionados ao esporte como potenciais responsáveis pelos distúrbios do sono em atletas (ROBERTS; TEO; WARMINGTON, 2019; WALSH et al., 2021). As noites pré-competição, as viagens de longa distância, as competições noturnas, as sessões de treinamento matutinas e as altas cargas externas de treinamento, por exemplo, levam às excitações cognitivas e fisiológicas e perturbações do ciclo circadiano que comprometem o cumprimento das recomendações de sono para atletas (WALSH et al., 2021). De todo modo, o perfil cronotrópico em atletas de elite parece influenciar a escolha da modalidade, colaborando para uma melhor adaptação dos atletas às agendas de treinamento e competição (LASTELLA et al., 2016). Ainda, as demandas sociais, familiares e de estudo/trabalho, representadas pelos laços de amizade, redes sociais, filhos e formação acadêmica, também cooperam para os distúrbios do sono em atletas (WALSH et al., 2021).

O sono exerce uma função de restituição fisiológica (AKERSTEDT; NILSSON, 2003); e a vigília sustentada, resultado da PS/PPS, promove alterações neurofisiológicas que requerem o envolvimento de sistemas cerebrais compensatórios para regular estas alterações (DÍAZ-LEINES et al., 2017; HOLST et al., 2017; KLUMPERS et al., 2015; MCCARLEY, 2007). Neste sentido, estudos têm observado que o período de vigília está associado a maiores concentrações de adenosina extracelular no sistema nervoso central, que a adenosina desempenha importante papel homeostático sobre o comportamento sono-vigília (PORKKA-HEISKANEN, 1997, 1999; PORKKA-HEISKANEN et al., 2002; STENBERG; PORKKA-HEISKANEN, 2008) e que a sua concentração no prosencéfalo aumenta progressivamente a cada hora de vigília em condições de PS não traumáticas (PORKKA-HEISKANEN, 1997). Ainda, a ativação do sistema dopaminérgico em concomitância com uma resposta de cortisol atenuada sugerem que a PS leva a maior controle motivacional eferente e requer ações das áreas corticais pré-frontal e límbica (KLUMPERS et al., 2015).

Dito isto, a avaliação da PS é complexa devido, principalmente, à sua característica multifacetada (CLUYDTS et al., 2002; MALIK; KAPLAN, 2005) e pode ser realizada por métodos subjetivos, objetivos e eletrofisiológicos (GATTONI, 2019; MALIK; KAPLAN, 2005).

Obtido de forma subjetiva, o autorrelato nos diários do sono e questionários apresentam alto custo-benefício para a prática clínica além de ser uma técnica não-invasiva (MALIK; KAPLAN, 2005). O índice de qualidade de sono de Pittsburgh (BUYSSE et al., 1989) e o questionário de comportamento do sono do atleta (DRILLER; MAH; HALSON, 2018) são exemplos de instrumentos utilizados na análise da qualidade do sono na população em geral e atletas, respectivamente; a cautela, entretanto, é necessária devido à subnotificação do tempo total de sono frequente que este método pode induzir (MCCALL et al., 1995). Além dos diários do sono e questionários, diversas escalas também são utilizadas na literatura científica especializada para avaliar a sonolência (ÅKERSTEDT; GILLBERG, 1990; HODDES et al., 1973; JOHNS, 1991; KAIDA et al., 2006; WEWERS; LOWE, 1990).

Ainda, a actigrafia é um instrumento unidimensional e exerce importante papel na avaliação de distúrbios do ritmo circadiano, sendo capaz de avaliar, por exemplo, a variabilidade noite-a-noite do sono de pessoas com insônia, além de apresentar melhor custo-benefício comparado à polissonografia (ANCOLI-ISRAEL et al., 2003; SADEH et al., 1995). O uso do actígrafo e do diário do sono como instrumentos complementares tem sido adotado em estudos com diferentes populações (CAMPANINI et al., 2017; MAZZA; BASTUJI; REY, 2020; TREMAINE; DORRIAN; BLUNDEN, 2010).

Por fim, o teste de latência múltipla do sono é considerado padrão ouro para a observação da sonolência, além de ser sensível à PPS e PS (JANJUA et al., 2003; PUNJABI; BANDEEN-ROCHE; YOUNG, 2003). A sua avaliação é realizada no dia após o exame de polissonografia noturno e consiste em sessões de cochilo para que medidas eletrofisiológicas e de eletrooculograma sejam registradas (CARSKADON et al., 1986).

Dito isto, apesar do caráter pouco ecológico de alguns procedimentos metodológicos adotados, estudos têm demonstrado prejuízos da PS (AZBOY; KAYGISIZ, 2009; FRÖBERG et al., 1975; PALLESEN et al., 2017; SKEIN et al., 2011, 2013; SOUISSI et al., 2003; SYMONS; VANHELDER; MYLES, 1988; TAKEUCHI et al., 1985) e da PPS (ABEDELMALEK et al., 2013; AXELSSON et al., 2008; EDWARDS; WATERHOUSE, 2009; JARRAYA et al., 2014; LÉGER et al., 2008; MOUGIN et al., 1991, 2001; OTMANI et al., 2005; REILLY; PIERCY, 1994; REYNER; HORNE, 2013; SOUISSI et al., 2013; VGONTZAS et al., 2004) no desempenho físico e comportamental de atletas.

Estudos prévios demonstraram que a indução da PS/PPS resulta em déficits no desempenho comportamental relacionada aos domínios da atenção sustentada e função executiva, com prejuízos mais percebidos nas capacidades de lapso de atenção e de inibição cognitiva (LOWE; SAFATI; HALL, 2017). Além disso, há a compreensão de que, dos componentes passíveis de comprometimento em decorrência da PS/PPS, o cérebro é aquele que agrega os maiores riscos (HOBSON, 2005).

Neste sentido, estudos têm observado decrementos associados à PS/PPS no tempo de resposta e acurácia em atividades comportamentais, na tomada de decisão, no TR, na aprendizagem e memória de trabalho (ANGUS; HESLEGRAVE; MYLES, 1985; AXELSSON et al., 2008; EDWARDS; WATERHOUSE, 2009; FULLAGAR et al., 2015; GRUNDGEIGER; BAYEN; HORN, 2014; JARRAYA et al., 2014). Tais decrementos podem resultar na baixa absorção de informações do treinador ou de colegas de equipe, no aumento de erros e escolhas de tomada de decisão menos adequadas. Entretanto, a cautela em eventuais conclusões é imperativa dado os resultados conflitantes apresentados na literatura científica sobre PS e PPS (FULLAGAR et al., 2015, 2019).

Desta forma, prejuízos cognitivos ligados a PS/PPS parecem estar associados a processos de memória e aprendizagem que requerem ações do hipocampo, região esta afetada pela PS quanto à plasticidade neuronal do hipocampo (KREUTZMANN et al., 2015); o hipocampo, ainda, é sensível às reduções de tempo e qualidade sono (HALSON; JULIFF, 2017). Não surpreende, portanto, o cérebro ser considerado peça chave para a compreensão dos mecanismos que regulam estes prejuízos cognitivos (HALSON; JULIFF, 2017; HOBSON, 2005). Para tanto, as perturbações no funcionamento do córtex pré-frontal, a redução do metabolismo cerebral no tálamo e no cerebelo, o drive homeostático para a regulação do sono, o ciclo circadiano e os efeitos da sensibilidade do hipocampo na transcrição, sinalização e expressão de receptor glutamato que prejudicam a plasticidade sináptica do hipocampo parecem estar associados à variabilidade do desempenho cognitivo (FULLAGAR et al., 2019; HALSON; JULIFF, 2017; HOBSON, 2005; KREUTZMANN et al., 2015). Adicionalmente, a depleção da atividade dopaminérgica e noradrenergica parece exercer importante papel nos prejuízos ao desempenho cognitivo (MCCANN et al., 1992).

O desempenho físico, por sua vez, também parece ser prejudicada pela PS/PPS, apesar da inconsistência dos resultados para alguns parâmetros (FULLAGAR et al., 2015, 2019). Para o parâmetro de *endurance*, o tempo para exaustão (AZBOY; KAYGISIZ, 2009; MARTIN, 1981; MARTIN; CHEN, 1984) e a distância percorrida (MEJRI et al., 2014; OLIVER et al., 2009) são desfechos comumente avaliados; destes, apenas um estudo verificou decrementos em

atletas de voleibol (AZBOY; KAYGISIZ, 2009) e um analisou a PPS (perturbações parciais no início e fim do sono) (MEJRI et al., 2014).

Dos parâmetros anaeróbios avaliados, o pico de potência é o desfecho mais testado (ABEDELMALEK et al., 2013; HAJSALEM et al., 2013; MOUGIN et al., 1996; SOUISSI et al., 2003, 2008; SYMONS; VANHELDER; MYLES, 1988; TAHERI; ARABAMERI, 2012), seguido da potência máxima e do perfil força x velocidade (SOUISSI et al., 2003, 2008). Nenhum estudo para este parâmetro foi realizado com atletas de voleibol ou voleibol de praia, que seja do nosso conhecimento, e cinco avaliaram a PPS (ABEDELMALEK et al., 2013; HAJSALEM et al., 2013; MOUGIN et al., 1996; SOUISSI et al., 2003, 2008). Baseado nos resultados destes estudos, é essencial adotar cautela para eventuais conclusões dado, novamente, o conflito encontrado entre os mesmos desfechos e a PS/PPS.

O desempenho físico para a habilidade de *sprints* repetidos também foi avaliado. O desempenho para testes de *sprints* de 15-m (SKEIN et al., 2011), 30-m (PALLESEN et al., 2017) e 40m (TAKEUCHI et al., 1985) foi analisado em atletas de esportes coletivos e não atletas apenas em condições de PS igual ou superior a 24 horas. Mesmo diante da reduzida quantidade de estudos, os desfechos apresentaram resultados conflitantes, dos quais o desempenho para os *sprints* de 15m (SKEIN et al., 2011) e 30m (PALLESEN et al., 2017) foi negativamente afetado pela PS (30 e 24 horas, respectivamente) e a de 40m não sofreu alterações (64 horas) (TAKEUCHI et al., 1985).

Ainda, a PS/PPS foi induzida para a análise de diversos desfechos para força muscular em populações heterogêneas (BULBULIAN, 1996; HAJSALEM et al., 2013; MENEY et al., 1998; REILLY; DEYKIN, 1983; REILLY; PIERCY, 1994; SKEIN et al., 2011; SOUISSI et al., 2013; SYMONS; VANHELDER; MYLES, 1988; TAKEUCHI et al., 1985). Os estudos com PPS avaliaram judocas (HAJSALEM et al., 2013; SOUISSI et al., 2013) e adultos saudáveis independente da prática esportiva (REILLY; DEYKIN, 1983; REILLY; PIERCY, 1994) e observaram apenas redução da resistência da força muscular em exercício de rosca direta (REILLY; PIERCY, 1994).

A literatura especializada atual sugere que os prejuízos dos aspectos de *endurance* relacionados à PS/PPS são regulados por fatores emocionais e de humor, os quais uma vez perturbados, influenciam a percepção subjetiva de esforço, de modo a acentuá-la; esse processo, por conseguinte, compromete a motivação dos sujeito em continuar as tarefas físicas (DE MORREE; MARCOR, 2015; FULLAGAR et al., 2015; MARCOR, 2008). Adicionalmente, os prejuízos dos desfechos de ordem anaeróbia, de esforços intermitentes e de força muscular parecem destacar o papel somático que o sono desempenha nos tecidos musculares e dos

desajustes fisiológicos que ocorrem quando a atividade cortical durante o sono é perturbada (FRANK; BENINGTON, 2006; FULLAGAR et al., 2019; HALSON; JULIFF, 2017; HOBSON, 2005).

Há ainda os decrementos no desempenho de habilidades/medidas específicas de modalidades esportivas e ocupacionais causados pela PS/PPS. Atletas de lançamento de dardo (EDWARDS; WATERHOUSE, 2009), tiro ao alvo (FRÖBERG et al., 1975), tênis (REYNER; HORNE, 2013), natação (SINNERTON; REILLY, 1992), handebol (goleiros) (JARRAYA et al., 2014) e de futebol (PALLESEN et al., 2017), além de militares em desempenho psicomotor de perseguição (GOH et al., 2001), marinheiros (LÉGER et al., 2008), pilotos de carro (OTMANI et al., 2005), foram avaliados. A PPS foi analisada na maioria dos estudos (EDWARDS; WATERHOUSE, 2009; JARRAYA et al., 2014; LÉGER et al., 2008; OTMANI et al., 2005; REYNER; HORNE, 2013; SINNERTON; REILLY, 1992) e demonstrou desempenho psicomotor, estado de alerta, acurácia e TR comprometidos. Apesar de ter avaliado a PS (24 horas), atletas de futebol apresentaram resultados atenuados ao teste de chute contínuo, possivelmente devido ao alto nível de atenção que a tarefa exige (PALLESEN et al., 2017).

Neste sentido, estudos sugerem que os prejuízos da PS/PPS no desempenho em habilidades/medidas específicas de esportes ou de atividades ocupacionais estejam mais relacionados às atividades que demandam habilidades motoras finas (EDWARDS; WATERHOUSE, 2009; JARRAYA et al., 2014; REYNER; HORNE, 2013), ao invés das atividades com predominância de habilidades motoras grosseiras (MEJRI et al., 2014; SINNERTON; REILLY, 1992). Entretanto, a grande quantidade de resultados divergentes, os diferentes protocolos aplicados, os períodos de tempo para PS pouco ecológicos, a não individualização do tempo de PPS entre os voluntários e as características peculiares de cada modalidade esportiva tornam a compreensão dos mecanismos que explicariam os prejuízos da PS/PPS no desempenho de atletas ainda incerta (FULLAGAR et al., 2015, 2019) e deixam lacunas de conhecimento a serem respondidas.

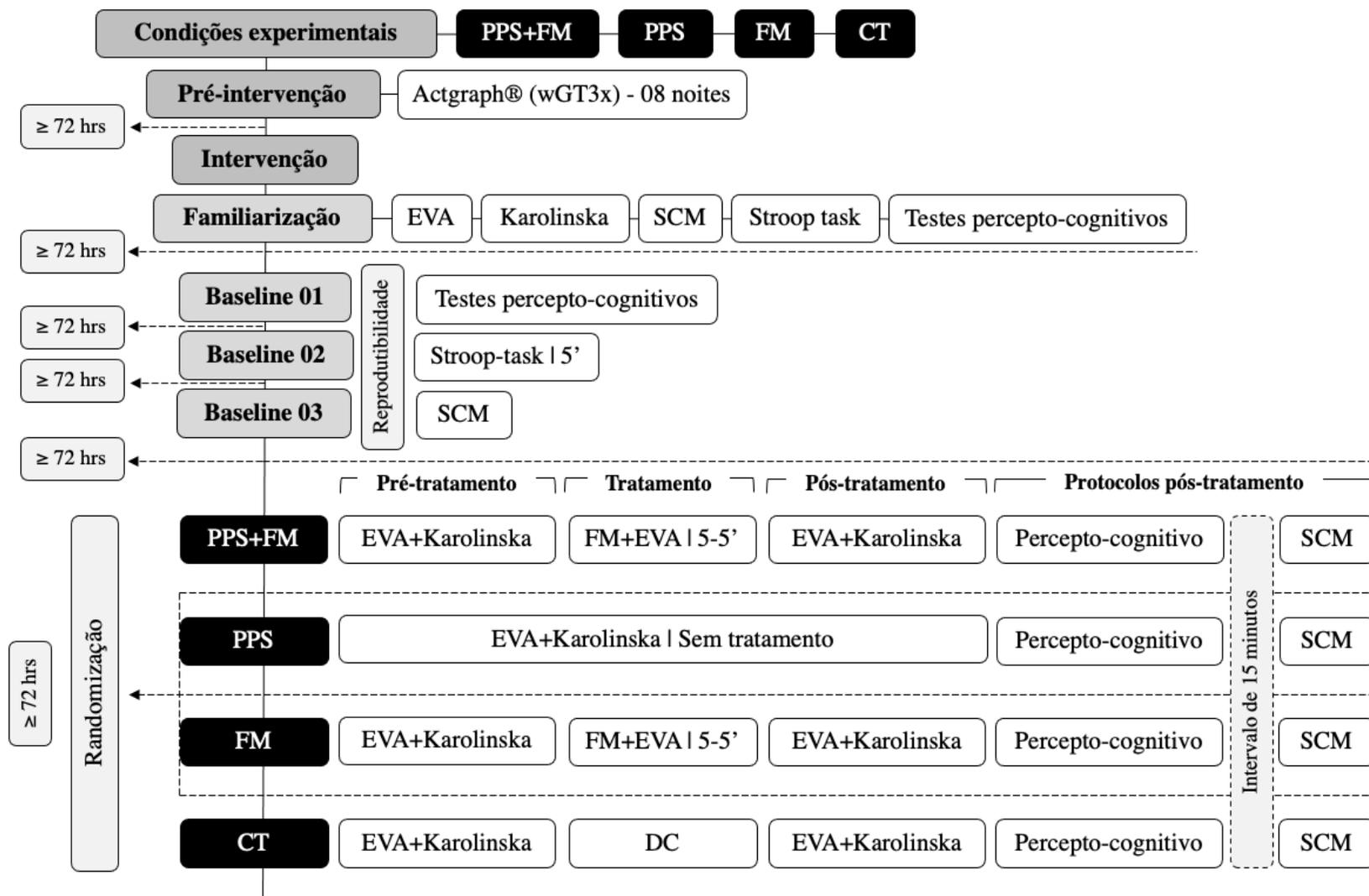
Por fim, apenas um estudo, do nosso conhecimento, analisou os efeitos combinados da FM e PPS no desempenho de atletas (FILIPAS et al., 2021a); para tanto, os voluntários foram permitidos a dormir, no máximo, 5 horas na noite de PPS. O estudo analisou atletas amadores de basquetebol e o desempenho técnico de arremesso livre foi o desfecho avaliado. Os autores verificaram maior acurácia para os arremessos de lance livre na condição controle quando comparado às condições i) FM, ii) PPS e iii) FM + PPS. Além disso, nenhum efeito de condição foi observado quando as intervenções de FM e PPS foram comparadas. Deste modo, a combinação entre FM e PPS afetaram o desempenho específico da modalidade esportiva

(acurácia para o arremesso de tiro livre no basquetebol) sem nenhuma diferença para os efeitos isolados da FM e PPS.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Desenho do estudo**

Esse é um estudo de desenho experimental de medidas repetidas, uma vez que compara duas ou mais condições de tratamento ao avaliar o mesmo grupo de sujeitos em todas as condições de tratamento que estão sendo comparadas no estudo; para tanto, nesse desenho de estudo, cada voluntário participa de cada etapa da variável independente (PPS e FM) e, ao fazê-lo, participa de todas diferentes avaliações da variável independente (GRAVETTER; FORZANO, 2018). O estudo adotou a randomização simples das condições experimentais e, além disso, foi estipulado o intervalo mínimo de 72 horas para a realização de cada condição experimental para que fossem evitados eventuais efeitos residuais dos tratamentos de PPS, FM, teste cognitivo, testes visuomotores e físico aplicados nas respostas dos desfechos avaliados nos voluntários. Nesse sentido, esse estudo avaliou desfechos percepto-cognitivos (TR, acurácia, índice de desempenho e controle inibitório) e físicos (maior e menor saltos contramovimento, média de altura dos saltos e o índice de fadiga – delta percentual do maior e menor saltos contramovimento) como primários e secundário, respectivamente. O desenho do estudo foi composto por quatro condições experimentais (1. PPS+FM, 2. PPS, 3. FM e 4. CT) e está descrito na [Figura 1](#).



**Figura 1.** Descrição detalhada desenho do estudo. Legenda: PPS, Privação Parcial do Sono; FM, Fadiga Mental; CT, Controle; SCM, Salto com contramovimento; EVA, Escala Visual Analógica; DC, Documentário.

#### 4.1.1. Pré-intervenção

Nessa etapa, o voluntário teve sua atividade de sono monitorada por um aparelho (Actgraph®, wGT3x) posicionado no pulso não-dominante por oito noites para que fosse observado o seu comportamento habitual de sono (horário de deitar-se, horário de levantar, tempo na cama, tempo total de sono, latência do sono e eficiência do sono); identificar esse comportamento foi essencial para que a privação parcial de 50% do sono, proposta nesse estudo, fosse conduzida adequadamente. Os detalhes sobre o processo de monitoramento da atividade do sono e de PPS estão descritos nos tópicos “[Comportamento habitual de sono](#)” e “[Privação de sono](#)”, respectivamente.

#### 4.1.2. Familiarização

A etapa de familiarização foi a primeira do período de intervenção e consistiu na apresentação e explanação didática do funcionamento e conceito dos instrumentos perceptuais (EVA, Escala de Karolinska), do teste cognitivo (Stroop *task*) por cinco minutos, das avaliações percepto-cognitivas (configurações dos testes com luzes de led) e física (tapete de contato do salto contramovimento) com o objetivo de evitar o efeito de aprendizagem aos testes e avaliações nas condições experimentais. A aplicação dos instrumentos, testes e avaliações nessa etapa foi realizada para garantir melhor compreensão e sem considerar o desempenho do voluntário. Os detalhes de configuração e aplicação dos instrumentos, do teste cognitivo e das avaliações percepto-cognitivas e física estão descritos adiante.

#### 4.1.3. Baseline

Três encontros foram realizados, com intervalos mínimos de 72 horas entre eles, para que houvesse estabilização do desempenho dos voluntários aos testes cognitivos usados para indução da FM e testes dos desfechos percepto-cognitivos e físico propostos nessa tese. Além disso, os dados coletados nessa etapa do desenho do estudo foram utilizados para a análise de reprodutibilidade; os detalhes sobre a análise de reprodutibilidade dos testes e protocolos estão descritos no tópico “[Análise de reprodutibilidade dos testes e protocolos](#)”. O protocolo do Stroop *task* utilizado nessa etapa foi adaptado quanto à duração comparado à configuração adotada para a indução de FM nas condições experimentais; para tanto, nessa etapa, esse protocolo durou cinco minutos. Maiores detalhes desse protocolo estão descritos no tópico

“[Stroop task](#)”. Para as medidas das avaliações percepto-cognitivas e física foram adotadas configurações idênticas às aquelas aplicadas nas condições experimentais descritas em detalhes nos tópicos “[Testes visuomotores](#)” e “[Teste de salto com contramovimento](#)”, respectivamente.

#### 4.1.4. *Condições experimentais*

Esse estudo adotou quatro condições experimentais: 1. PPS+FM, 2. PPS, 3. FM e 4. CT; ainda, foi realizada uma randomização simples no site [www.randomizer.org](http://www.randomizer.org) para definir a ordem dos encontros das quatro condições experimentais para cada voluntário.

Para todas as condições experimentais, os voluntários responderam a VAS e a Escala de Karolinska imediatamente antes de dormir e imediatamente após acordar; além disso, o voluntário, ao chegar no laboratório, ficou em repouso por cinco minutos na posição sentada e em ambiente climatizado ( $\cong 21^{\circ}\text{C}$ ). Logo após esse período, o voluntário foi orientado a responder a EVA e Escala de Karolinska para a obtenção de medidas pré-tratamento.

Para as condições experimentais que exigiram indução da FM (PPS+FM e FM), o *Stroop task* com estímulos incongruentes foi conduzido por, no mínimo, 30 minutos; entretanto, a carga cognitiva da tarefa foi individualizada entre os participantes, pois a duração da tarefa entre os voluntários variou até que fosse apontado, duas vezes, seguidas ou não, 70 mm ou mais na EVA. Essa duplicidade foi aplicada como forma de confirmar o estado de FM do voluntário. Caso o voluntário alcançasse os 70 mm ou mais duas vezes antes dos 30 minutos mínimos de aplicação do *Stroop task*, ele continuaria realizando o teste até completar a duração mínima necessária. Ao longo da realização do *Stroop task*, os voluntários respondiam a EVA a cada 5 minutos para que fosse possível acompanhar e atestar a indução da FM. Uma vez atestada a indução da FM, o último valor da EVA foi adotado como o dado pós-tratamento e a Escala de Karolinska foi novamente aplicada. Os desfechos desse estudo foram avaliados após as medidas da EVA e da Escala de Karolinska serem aplicadas, conforme apresentado na [Figura 1](#).

Na condição experimental PPS não foi adotado nenhum tratamento além da indução da PPS realizada pelo voluntário na noite anterior aos testes e protocolos. Nesse caso, ao chegar para a realização dos testes e protocolos o voluntário respondeu a EVA e a Escala de Karolinska após repousar por cinco minutos na posição sentada e em ambiente climatizado, e, logo depois, foi encaminhado para a realização dos protocolos pós-tratamento.

Diferente das condições experimentais que exigiram a indução da FM e/ou PPS, para a condição CT foi adotada a transmissão de um documentário emocionalmente neutro por 45 minutos; nesse caso, todos os procedimentos pré-tratamento, pós-tratamento e dos protocolos

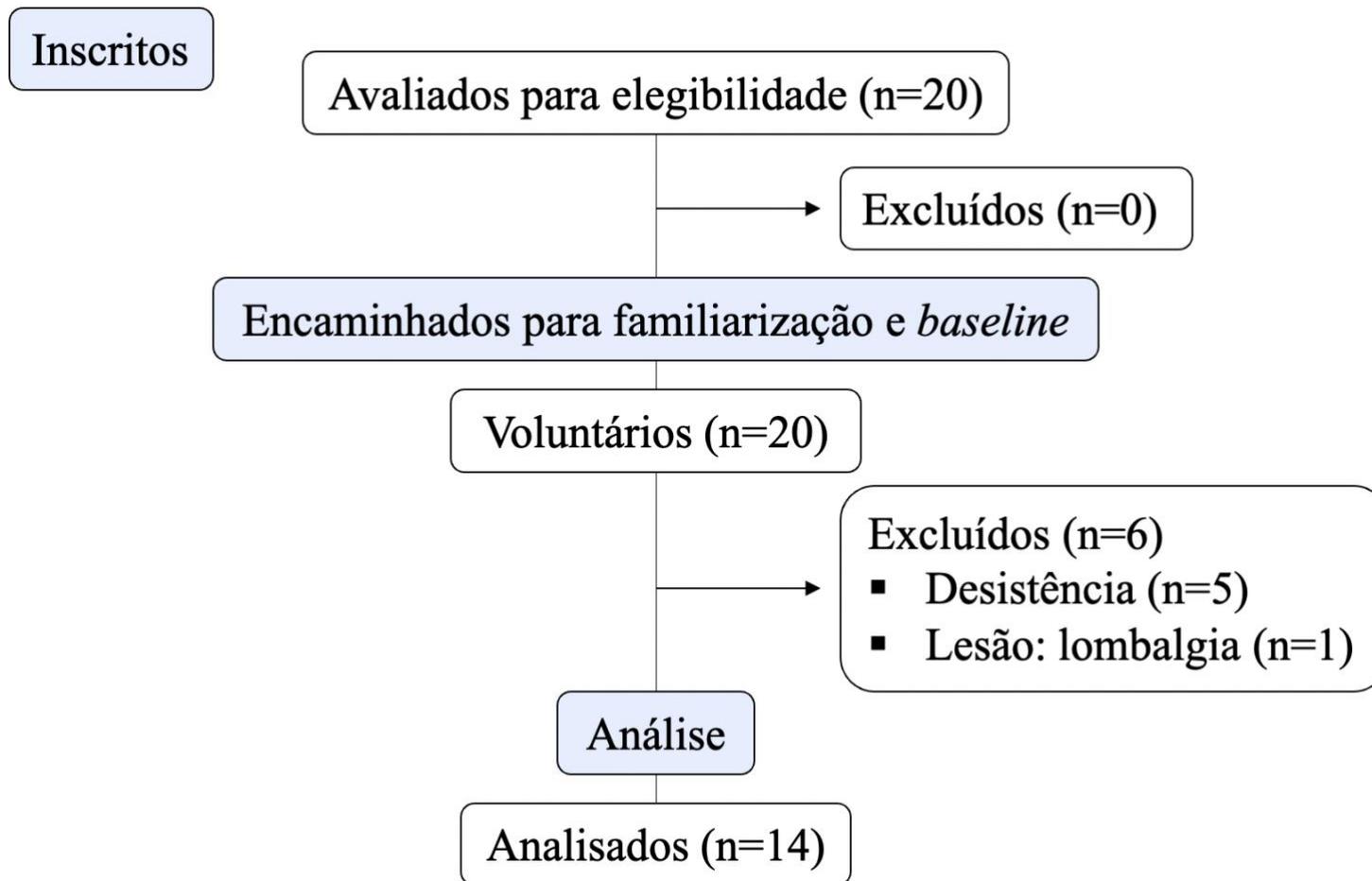
pós-tratamento para avaliação dos desfechos do estudo foram mantidos tal qual para as condições experimentais com indução da FM. O documentário utilizado foi o mesmo para todos os voluntários.<sup>2</sup>

A ordem de execução dos protocolos pós-tratamento foi a mesma para todos os voluntários em todas as condições experimentais. Os testes visuomotores de bloqueio e defesa foram aplicados nessa ordem e, após descanso de 15 minutos, o teste de salto contramovimento foi conduzido. Os detalhes dos protocolos pós-tratamento descritos na [Figura 1](#) e conduzidos nas condições experimentais propostos nesse estudo estão descritos nos tópicos “[Testes visuomotores](#)” e “[Teste de salto com contramovimento](#)”.

## 4.2. Sujeitos

Os voluntários desse estudo (n=14; 12 homens;  $17,57 \pm 1,45$  anos;  $21,74 \pm 1,78 \text{kg/m}^2$ ; Atleta de defesa, n=7; Atleta de ataque, n=7;  $4,71 \pm 1,07$  treinos/semana) disputavam campeonatos em diferentes categorias (Sub-17, n=2; Sub-19, n=4; Sub-21, n=8) e em diferentes níveis (Estadual, n=14; Regional, n=12; Nacional, n=10); além disso, não apresentaram nenhuma desordem do sono/psiquiátrica, nem distúrbio visual/cognitivo, nem faziam uso de medicamento para dormir. Os voluntários foram recrutados por divulgação em mídias digitais e redes sociais e em contato direto com treinadores de centros de treinamento de voleibol de praia em João Pessoa/PB. Para participar do estudo os voluntários precisavam 1) ser atletas de voleibol de praia há pelo menos um ano e manter uma rotina de treinamento sistematizado na modalidade, 2) dispor de condições físicas preservadas para a realização dos testes e protocolos sem prejuízo ao desempenho. Os critérios de exclusão do estudo incluíram 1) casos de eventuais lesões do voluntário que interferissem nas capacidades físicas dos voluntários e compromettesse o desempenho nos desfechos avaliados por esse estudo e 2) atletas com daltonismo. Os atletas que se lesionaram no decorrer das coletas de dados e que não puderam se recuperar em tempo hábil para seguirem no estudo ou que desistiram de participar dos procedimentos experimentais durante o estudo foram considerados perdas amostrais. Nesse estudo o termo “atleta treinado” foi adotado para se referir aos voluntários da pesquisa a partir de proposta recente (MCKAY et al., 2022) que classifica os indivíduos com habilidades atléticas distintas e sugere que atletas treinados/em desenvolvimento são aqueles que se apresentam representação de nível local, treinam regularmente aproximadamente três vezes por semana, se identificam com um esporte específico, treinam com o propósito de competir e apresentam desenvolvimento de habilidades

ainda limitado. A [Figura 2](#) representa o diagrama do fluxo de participação dos voluntários ao longo do estudo, desde a inscrição até o período de análise dos dados.



**Figura 2.** Diagrama do fluxo de participação dos voluntários ao longo do estudo.

### 4.3. Aspectos éticos

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba e respeitou as normas éticas de pesquisa com seres humanos regidas pela resolução nº 510/16 do Conselho Nacional de Saúde. O projeto foi aprovado sob registro CAAE nº 52235421.3.0000.5188 e parecer nº 5.053.948 ([Anexo 1](#)).

Os voluntários foram solicitados a assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que os informou dos objetivos e procedimentos que envolviam a sua participação na pesquisa, de modo a atestar a sua colaboração como voluntário desse estudo. O Termo de Assentimento Livre e Esclarecido foi elaborado com linguagem acessível e obtido dos responsáveis de voluntários menores de idade (< 18 anos) após ciência dos procedimentos que envolviam a participação do voluntário nessa pesquisa. Ainda, o voluntário foi alertado que poderia, em qualquer etapa do estudo, desistir de participar dos procedimentos experimentais propostos nesse projeto sem que essa decisão lhe acarretasse quaisquer prejuízos.

### 4.4. Testes e protocolos

#### 4.4.1. Stroop task

O Stroop *task* foi utilizado para induzir a FM nesse estudo (STROOP, 1935); o teste foi construído e aplicado pela versão computadorizada do Stroop *task* no *software* Psychopy (versão 2020.2.4) em uma tela de 20 polegadas (HP Compaq, LA2006x, 16000x900). Foi utilizada uma configuração de estímulos incongruentes com a função “troca” que exigiu dos voluntários resposta motora ao relacionar cores e palavras. As cores/palavras “amarelo”, “azul”, “verde” e “vermelho” compuseram a versão do teste aplicado nesse estudo. As respostas motoras foram fornecidas nas teclas “A” para a cor “Amarela”, “D” para a cor “Azul” e “J” para a cor “Verde”. As teclas “A”, “D” e “J” foram identificadas no teclado usado para a resposta motora do voluntário com fitas adesivas das respectivas cores ([Figura 3](#)). Os voluntários foram estimulados a indicarem a cor da palavra, de modo a ignorar o seu significado. Na função “troca”, as palavras “amarelo”, “azul” ou “verde” foram configuradas para aparecerem na cor vermelha e a resposta motora do voluntário, nesse caso, deveria estar associada ao significado da palavra em detrimento da cor dela. Além disso, foi estabelecida uma sequência aleatória com 100% dos estímulos incongruentes. Cada palavra foi apresentada em tela por 1000 ms seguido por um *feedback* por 1000 ms antes da próxima palavra aparecer.

O Stroop *task* teve duração mínima de 30 minutos e foi finalizado sempre que o voluntário apontasse por duas vezes, seguidas ou não, pelo menos 70 mm na EVA. Caso essa duplicidade ocorresse antes da finalização dos 30 minutos, o voluntário continuaria com o teste até que fosse alcançado o tempo mínimo de duração do Stroop *task* proposto nesse estudo; detalhes sobre a aplicação da EVA estão descritos no tópico “[Indicador de fadiga mental](#)”. A acurácia e o tempo de resposta foram analisados em blocos de cinco minutos para serem utilizados como indicadores comportamentais (i.e., medidas de checagem) da FM pelo desempenho cognitivo dos voluntários ao realizar o Stroop *task*. O percentual de acurácia foi analisado e, para a análise do tempo de resposta, foram considerados apenas os estímulos com resposta correta.



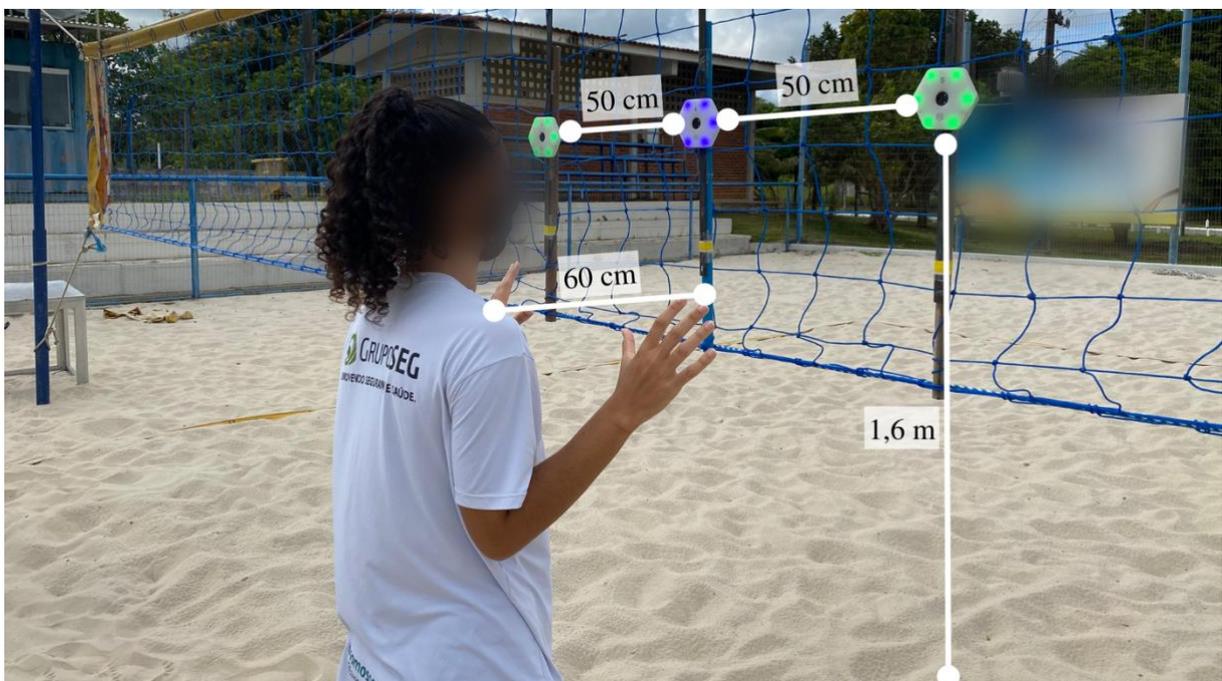
**Figura 3.** Descrição da configuração de estímulos incongruentes e função “troca” do Stroop *task* adotada no estudo para a indução da fadiga mental.

#### 4.4.2. Testes visuomotores

Os testes visuomotores propostos nesse estudo foram realizados com luzes de led (ReactionX®, UK) estacionárias e simularam situações de jogo reais relacionadas ao bloqueio e defesa no voleibol de praia. Todos os testes foram realizados em ambiente aberto e nenhum deles foi conduzido sob chuva ou com o uso de óculos de sol e/ou boné.

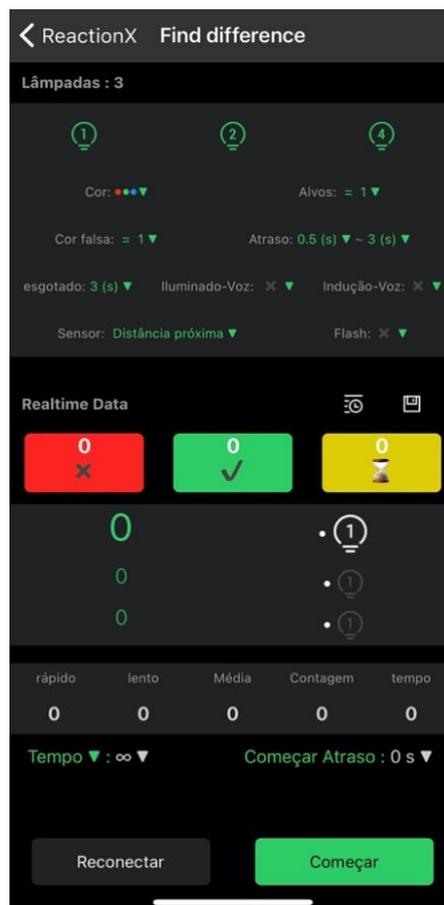
##### 4.4.2.1. Teste visuomotor de bloqueio

Esse teste avaliou o TR, acurácia e o controle inibitório dos voluntários ao simular uma situação de bloqueio atento a um eventual ataque após a recepção do saque; para tanto, foram coletados os seguintes desfechos: “mais rápido”, “mais lento”, “média” e “índice de desempenho”. Três luzes de led foram posicionadas a 1,60m de altura, com uma distância horizontal entre as luzes de led de 50 cm. Além disso, o voluntário, que fica posicionado no centro das luzes de led, manteve 60 cm de distância da luz de led central. Para esse teste, o voluntário foi orientado a manter os cotovelos juntos ao corpo e com as mãos posicionadas em expectativa de bloqueio conforme está demonstrado na [Figura 4](#).



**Figura 4.** Detalhamento do posicionamento das luzes de led e do voluntário para realização do teste visuomotor de bloqueio proposto no estudo.

No ReactionX<sup>®</sup> foi utilizado o modo *Find difference*/Diferente para a realização desse teste. Foi adotada uma configuração com três lâmpadas, nas cores vermelho, verde e azul, com apenas um alvo e uma cor falsa. Além disso, o atraso para o acendimento das luzes variou entre 0,5 e 3,0 segundos e foi considerado “tempo esgotado” se o voluntário demorasse três segundos ou mais para responder ao estímulo visual; nesse caso, o teste era continuado e aquele estímulo era contabilizado como perda. Nenhum estímulo além do visual (iluminado-voz, indução-voz ou flash) foi adotado nesse teste e a definição das cores e do intervalo de tempo para o acendimento das luzes de led foram aleatorizados. Para o sensor do ReactionX<sup>®</sup> ter a resposta motora do voluntário como válida e a luz de led ser apagada foi adotada a configuração de “distância próxima”. Para esse teste foram utilizados 86 estímulos considerando estudo prévio (TURPIN et al., 2008) que identificou que atletas de bloqueio no voleibol de praia executam, em média, 86 ações de bloqueio ao longo de uma partida durante uma competição. A [Figura 5](#) apresenta a tela do celular com as configurações do *software* adotadas nesse teste e mencionadas anteriormente.

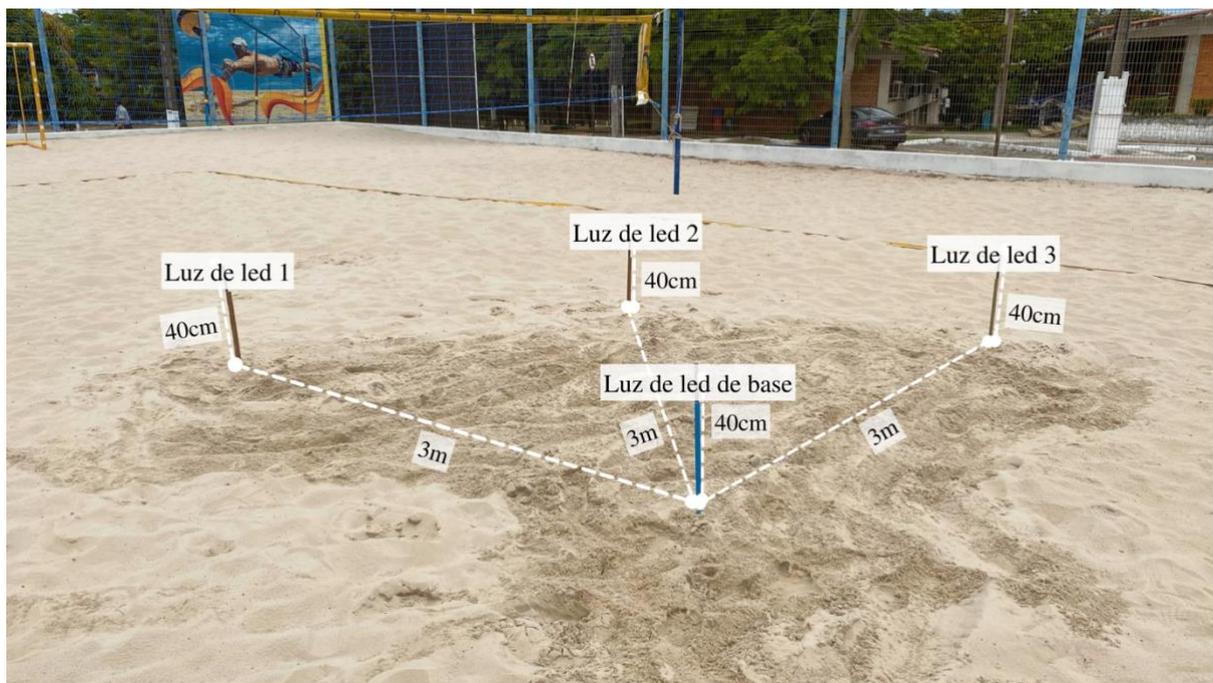


**Figura 5.** Tela do celular com a configuração adotada para o teste visuomotor de bloqueio proposto nesse estudo no ReactionX<sup>®</sup>.

Um vídeo em terceira pessoa foi registrado durante a realização desse teste; para assisti-lo, clique [nesse link](#).

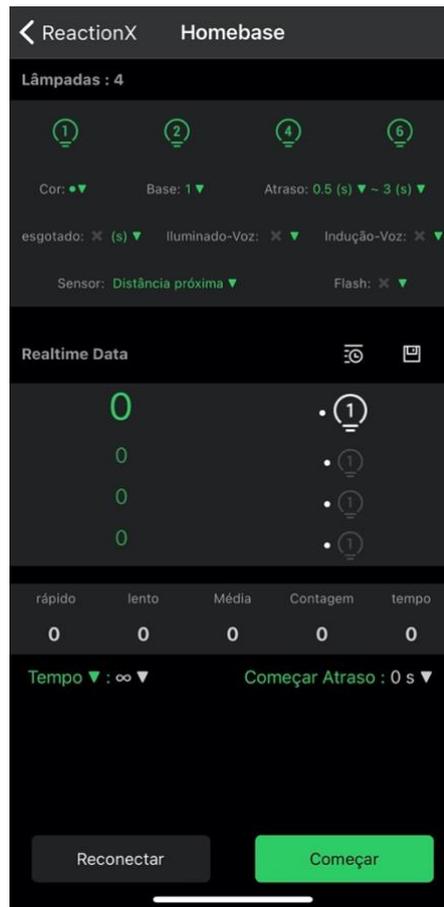
#### 4.4.2.2. Teste visuomotor de defesa

Esse teste avaliou o TR dos voluntários ao simular três situações de defesa no voleibol de praia: 1) *cut shot* na diagonal curta, 2) *shot curto* (largada atrás do bloqueio) e 3) *shot* longo no corredor; para tanto, foram coletados os seguintes desfechos: “mais rápido”, “mais lento” e “média”. Quatro luzes de led foram posicionadas na areia e suspensas por hastes onde as luzes de led eram fixadas. Essas hastes tinham 60 cm de altura, dos quais 20 cm eram enterrados na areia; portanto, as luzes de led ficavam posicionadas a 40 cm do solo. Essa configuração foi adotada para que a areia deslocada proveniente do movimento do atleta durante a execução desse teste não ativasse o sensor das luzes de led por engano. Das quatro luzes de led utilizadas nesse teste, uma era a base de onde o atleta iniciava o teste e aguardava os estímulos luminosos das três situações de defesas simuladas no teste. Com a haste da base posicionada, as demais hastes foram posicionadas a três metros de distância da base de modo a promover ações de deslocamento do voluntário que representasse as situações de defesa simuladas no teste e de modo que esse posicionamento não configurasse uma angulação acima de 90°. O atleta, por sua vez, foi orientado a posicionar-se à 60 cm da haste da base e optar por manter a perna esquerda ou direita à frente da haste; isso foi feito para facilitar o deslocamento para todas as demais hastes, sem que a haste da base retardasse esse deslocamento. A configuração mencionada nesse tópico para o teste visuomotor de defesa está representada na [Figura 6](#).



**Figura 6.** Detalhamento do posicionamento das luzes de led para realização do teste visuomotor de defesa proposto no estudo.

No ReactionX<sup>®</sup> foi usado o modo *Homebase/Base* para a realização desse teste. Foi adotada uma configuração com quatro lâmpadas, sendo uma de base e três para o deslocamento e registro do TR do voluntário; nesse sentido, o voluntário era solicitado a se deslocar para as luzes de led 1, 2 ou 3 o mais rápido possível, entretanto, para a luz de led de base, ele foi instruído a apagá-la apenas quando já estivesse em posição de expectativa de defesa, ou seja, pronto a responder o estímulo das luzes de led 1, 2 ou 3. As luzes de led 1, 2 e 3 eram acionadas aleatoriamente e, uma vez apagada pelo voluntário, a luz de base era a próxima a ser acesa; desse modo, a luz de base servia de gatilho para o acendimento das demais luzes de led nesse teste. Foi utilizada apenas a cor verde para o teste, pois essa era a cor de maior destaque em ambiente aberto. O atraso para o acendimento das luzes variou entre 0,5 e 3,0 segundos e nenhuma configuração para “tempo esgotado” foi definido, sendo assim, a luz de led 1, 2 ou 3 só seria apagada quando o voluntário ativasse o sensor do aparelho. Nenhum estímulo além do visual (iluminado-voz, indução-voz ou flash) foi adotado nesse teste e o intervalo de tempo para o acendimento das luzes de led foi aleatório. Para o sensor do ReactionX<sup>®</sup> ter a resposta motora do voluntário como válida e a luz de led ser apagada foi adotada a configuração de “distância próxima”. Para esse teste foram utilizados 41 estímulos visuais, dos quais apenas 20 foram computados para análise, uma vez que o TR para acionar o desligamento da luz de led de base não seria considerado para alcançar os propósitos desse estudo. A [Figura 7](#) apresenta a tela do celular com as configurações do *software* adotadas nesse teste e mencionadas anteriormente.



**Figura 7.** Tela do celular com a configuração adotada para o teste visuomotor de defesa proposto nesse estudo no ReactionX®.

Um vídeo em terceira pessoa foi registrado durante a realização desse teste; para assisti-los, clique [nesse link](#).

#### 4.4.3. *Teste de salto com contramovimento*

Os voluntários realizaram saltos com contramovimento em um tapete de salto de contato eletrônico (Hidrofit®, Jump System, Belo Horizonte, Brasil) para a análise do desempenho físico dos voluntários do estudo. Para tanto, foram adotados os seguintes indicadores de desempenho: 1) maior altura dos saltos, 2) menor altura dos saltos, 3) média da altura dos saltos e 4) delta percentual do melhor e pior salto (índice de fadiga). Os voluntários realizaram os saltos com contramovimento com as mãos na cintura e sem restrições na angulação do joelho durante a fase excêntrica do salto; ainda, foram instruídos a manter os joelhos estendidos durante a fase de voo e pousar no ponto de decolagem. Foram adotados 50 saltos de máximo

esforço com intervalos de 5 segundos entre cada salto, uma vez que o voleibol de praia é considerado uma modalidade esportiva de esforços intermitentes e baseado nos dados descritivos das categorias sub-19 e sub-21 de estudo prévio (MEDEIROS et al., 2014).

## **4.5. Medidas**

### *4.5.1. Comportamento habitual de sono*

A atividade de sono de cada voluntário foi monitorada por um aparelho (Actgraph®, wGT3x) posicionado no pulso não-dominante, ao longo de oito noites para a identificação do comportamento habitual de sono dos voluntários. Essa identificação permitiu que o tempo de PS, adotado nas condições experimentais, de cada voluntário fosse individualizado. O primeiro dia de monitoramento da atividade de sono do voluntário foi descartado das análises para identificar o comportamento habitual do sono, pois esse dia foi considerado como familiarização do voluntário com o instrumento. Os dados foram coletados em frequência de 30Hz e analisados em *epochs* de 60 segundos; posteriormente, o sono e a vigília foram avaliados de acordo com algoritmo específico (SADEH, 2011). Um diário do sono digital foi elaborado via formulário online para os voluntários informarem a hora que iam se deitar para dormir e que acordavam para iniciar o dia; as respostas a esse formulário eram essenciais para a elaboração do relatório do sono dos voluntários gerado pelo *software Actilife* versão 6.13.3. Esse relatório forneceu informações como a latência do sono (tempo de intervalo entre deitar-se na cama e começar a dormir), o horário de início e fim do sono, o tempo de duração do sono, o tempo na cama e a eficiência do sono dos voluntários. O monitor de atividade do sono utilizado nesse estudo apresenta validade discriminante, concorrente e reprodutibilidade razoáveis na avaliação do comportamento do sono-vigília quando comparados à polissonografia e apresenta boa concordância com relatos subjetivos sobre os parâmetros de horário do sono (SADEH, 2011; SLATER et al., 2015).

### *4.5.2. Privação do sono*

O presente estudo adotou a PPS ao invés da privação total do sono; nesse sentido, foi adotada uma privação de 50% do sono dos voluntários. O período de PPS dos voluntários nas condições experimentais foi monitorado pelo preenchimento de formulário online que deveria acontecer em intervalos de 15 minutos até que fosse concluído o período de PPS. Por exemplo,

o voluntário que foi orientado a privar quatro horas de sono (das 23:00 às 03:00), deveria preencher o formulário online das 23:15, até às 03:00 em intervalos de 15 minutos (16 vezes). Caso o voluntário não cumprisse o preenchimento do formulário online nos períodos necessários, ficaria subentendido que houve episódio de cochilo ou de sono e a sua condição experimental que deveria ser realizada no outro dia deveria ser remarcada. Para tanto, as condições experimentais que exigiam a PPS só aconteceram quando o voluntário cumpriu o preenchimento adequado do formulário de PPS de modo a atestar que ele se manteve acordado no período estipulado para a PPS.

#### *4.5.3. Sonolência*

A escala de sonolência de Karolinska (ESK) foi usada para avaliar o nível subjetivo de sonolência dos voluntários (ÅKERSTEDT; GILLBERG, 1990). Esse é um instrumento unidimensional com alta validade de construto em mensurar sonolência, tendo sido validado psicometricamente (validade concorrente) em estudos que analisaram variáveis eletroencefalográficas, eletrooculográficas e comportamentais de sonolência (ÅKERSTEDT; GILLBERG, 1990; KAIDA et al., 2006). Nesse estudo foi usada a versão modificada da ESK com uma escala que varia de 0 a 10 (SHAHID et al., 2012), que foi traduzida para o português pelo pesquisador responsável pelo estudo e retraduzida por um tradutor independente residente no Brasil e nativo dos Estados Unidos. Deste modo, a escala de 10 pontos em sua versão final para o português foi conduzida para identificar a sonolência como segue: 1 – Extremamente alerta; 2 – Muito alerta; 3 – Alerta; 4 – Bastante alerta; 5 – Nem alerta nem sonolento; 6 – Alguns sinais de sonolência; 7 – Sonolento, mas sem esforço para se manter acordado; 8 – Sonolento, mas com esforço para se manter acordado; 9 – Muito sonolento, com muito esforço para se manter acordado, lutando contra o sono; e 10 – Extremamente sonolento, não consigo ficar acordado. Após a chegada no laboratório climatizado, o voluntário foi instruído a permanecer sentado por cinco minutos em repouso. A ESK foi aplicada ao longo de todas as condições experimentais imediatamente antes de dormir e imediatamente após acordar. Além disso, os voluntários responderam a ESK no momento pré-tratamento das condições experimentais PPS+FM, FM e CT e imediatamente antes dos testes pós-tratamento da condição experimental PPS após terem permanecido em repouso por cinco minutos; e no pós-tratamento das condições experimentais PPS+FM, FM e CT.

#### *4.5.4. Indicador de fadiga mental*

A escala visual analógica (EVA) de 100mm foi o instrumento utilizado como indicador subjetivo de FM dos voluntários. A escala é dividida em duas extremidades. A extremidade da esquerda é sinalizada com o descritor “sem fadiga mental” e a extremidade da direita é sinalizada com o descritor “completamente fatigado mentalmente”. Neste sentido, os voluntários foram solicitados a indicar, em uma linha de intervalo que vai de 0 a 100, o quão fatigados mentalmente eles estavam. Indicações mais à direita sugerem maior sensação de FM autorrelatada. A definição de FM e os exemplos de “sem fadiga mental” (nenhum sentimento de cansaço ou falta de energia) e “completamente fatigado mentalmente” (sentimento máximo de cansaço e falta de energia) foram fornecidos baseado em tarefas de períodos prolongados que demandam atividade cognitiva e em exemplos de situações reais da prática esportiva dos voluntários que apresentem alta demanda cognitiva. Após a chegada no laboratório climatizado, o voluntário foi instruído a permanecer sentado por cinco minutos em repouso. A EVA foi aplicada ao longo de todas as condições experimentais imediatamente antes de dormir e imediatamente após acordar. Além disso, os voluntários responderam a EVA no momento pré-tratamento das condições experimentais PPS+FM, FM e CT e imediatamente antes dos testes pós-tratamento da condição experimental PPS após terem permanecido em repouso por cinco minutos. A EVA foi respondida em intervalos de cinco minutos para acompanhamento do procedimento de indução da FM nas condições experimentais PPS+FM, FM e CT, bem como no pós-tratamento das condições experimentais PPS+FM, FM e CT. Por fim, a EVA é um instrumento previamente validado para o uso proposto neste estudo (HEWLETT; DURES; ALMEIDA, 2011; PRICE et al., 1983).

#### **4.6. Cálculo amostral**

O tamanho amostral foi calculado assumindo um tamanho de efeito 0,62, uma probabilidade de erro  $\alpha$  de 0,05 e poder amostral de 0,80, considerando a análise de ANOVA de um fator sob quatro condições experimentais diferentes (1. PPS+FM, 2. PPS, 3. FM, 4. CT). Para tanto, esse cálculo baseou-se no desfecho “tempo de resposta” relacionado ao desempenho percepto-cognitivo de estudo prévio recente (GANTOIS et al., 2020) e forneceu, dessa forma, um poder estatístico de 96,2%. Portanto, o estudo deverá contar com 12 voluntários para participar de todas as condições experimentais propostas. A esse quantitativo, foi acrescido um excedente de 20% de voluntários referente às possíveis perdas e desistências que o estudo poderia apresentar, estabelecendo-se, assim, um tamanho amostral mínimo de 14 voluntários.

Para essa análise foi utilizado o software G\*Power 3.1.9.2 (Heinrich-Heine-Universität Dusseldorf, Germany).

#### 4.7. Análise estatística

Os dados foram tabulados no Microsoft Excel® e exportados e analisados no *software* Jamovi (versão 2.2.5); ainda, as figuras foram elaboradas no *software* *GraphPad Prism* (versão 9.4.0). As variáveis contínuas estão apresentadas como média e desvio padrão e as variáveis categóricas como valores absolutos e relativos. A normalidade e homogeneidade dos dados foi atestada pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Para verificar se houve efeito das condições experimentais (CT, FM, PPS e PPS+FM) nos desfechos percepto-cognitivos (i.e., testes visuomotores) e físicos (salto com contramovimento) foi utilizada a análise de variância ANOVA de um fator (condição [4]), considerando a condição experimental como a variável de agrupamento; o post-hoc de *bonferroni* foi aplicado para localizar as eventuais diferenças estatisticamente significantes.

Para verificar se a PPS induziu os voluntários à FM ou aumentou o seu estado subjetivo de sonolência, a análise de variância ANOVA de medidas repetidas de dois caminhos (condição [3] x momento [2]) foi utilizada; para isso, os dados obtidos nas noites (antes de dormir) e manhãs (após acordar) das condições experimentais PPS, PPS+FM e CT foram considerados para análise. Ainda, a análise de variância ANOVA de medidas repetidas de dois caminhos (condição [3] x momento [2]) foi conduzida para verificar se a aplicação de uma tarefa de alta demanda cognitiva (Stroop *task*) nas condições experimentais (FM e PPS+FM) induziu os voluntários a um estado subjetivo de sonolência aumentado ou à FM, considerando as respostas subjetivas (EVA). Assim, em caso de interações estatisticamente significantes nas análises, comparações pareadas utilizando o teste post-hoc de *bonferroni* foram utilizadas para localizar as diferenças significantes.

A ANOVA de medidas repetidas de dois caminhos (condição [2] x momento [2]) foi utilizada para analisar se a FM, induzida nas condições experimentais PPS+FM e FM, alterou o tempo de resposta ao Stroop *task* ao comparar as medidas pré- e pós-tratamento; para tanto, foram adotadas as respostas dos 10 minutos iniciais e finais ao Stroop *task* referentes ao momento da “troca”, na qual a cor vermelha aparecia na tela do voluntário. Ainda, o teste t para amostras pareadas foi aplicado para analisar se houve diferenças estatisticamente significantes para o tempo de indução à FM nas condições experimentais FM e PPS+FM.

O teste de correlação de Spearman foi utilizado para correlacionar o tempo decorrido para indução à FM dos voluntários com o tempo de prática do voleibol de praia e a quantidade de horas de treino por dia; nesse caso, o tempo transcorrido no processo de indução à FM na condição experimental FM e PPS+FM foi utilizado.

Todos os testes estatísticos foram bicaudais; além disso, todos os pressupostos para a aplicação da ANOVA de um fator e de medidas repetidas foram atendidos. O eta quadrado parcial foi utilizado para estimar o tamanho dos efeitos das análises de variância e, caso alguma diferença estatisticamente significativa dessas análises seja observada, o tamanho do efeito do par será indicado pelo *d* de Cohen. A interpretação da magnitude dos efeitos dos resultados seguiu os padrões estabelecidos por Cohen (1988) que adotou os seguintes intervalos para o eta quadrado parcial: 0,010-0,039 (efeito pequeno), 0,06-0,11 (efeito moderado) e 0,14-0,20 (efeito grande); e para o *d* de Cohen: 0,2-0,4 (efeito pequeno), 0,5-0,7 (efeito médio) e 0,8-acima (efeito forte). As análises foram consideradas estatisticamente significantes quando o valor de *p* foi menor ou igual a 0,05.

#### **4.8. Análise de reprodutibilidade dos testes e protocolos**

Foi realizada análise de reprodutibilidade do teste cognitivo para indução de FM (*Stroop task*) e dos testes visuomotores e físico que avaliaram os desfechos propostos nessa tese; para tanto, o cálculo do coeficiente de correlação intraclassa (CCI) foi realizado no *software* estatístico SPSS (versão 25.0). Os testes e protocolos propostos nesse estudo foram conduzidos pelo mesmo pesquisador para se evitar o efeito do pesquisador nas medidas obtidas.

Inicialmente, foram propostos dois encontros *baseline* para a obtenção de medidas para a análise de reprodutibilidade. Esses encontros (1 e 2) foram suficientes para se alcançar medidas com níveis de reprodutibilidade adequados para o teste cognitivo para indução da FM e o teste que avaliou o desfecho físico; entretanto, para ambos os testes que avaliaram os desfechos percepto-cognitivos com o uso de luzes de led (defesa e bloqueio) foram necessários três encontros até que obtivesse a estabilidade do desempenho dos voluntários. Nesse sentido, a estabilidade do desempenho foi considerada excelente quando o CCI obtido fosse maior ou igual a 0,75 (CICCHETTI, 1994).

Portanto, considerando os dois primeiros encontros de *baseline*, o TR ao *Stroop task* e as medidas de salto com contramovimento apresentaram, respectivamente, alfa de *cronbach* de 0,94 e 0,96 e CCI de 0,89 e 0,96. Ainda, considerando as medidas do segundo e terceiro encontros *baseline* para os desfechos percepto-cognitivos com uso de luzes de led que

simularam ações de defesa e bloqueio, foram observados alfa de *cronbach* de 0,87 e 0,90 e CCI de 0,88 e 0,88, respectivamente.

## 5. RESULTADOS

Todos os resultados apresentados nessa seção foram obtidos a partir dos dados tabulados em uma planilha de Excel<sup>®</sup> (formato .xlsx) que se encontram disponíveis [nesse link](#).

### 5.1. Perfil do sono dos voluntários

Os 50% de PPS conduzidos nesse estudo nos atletas treinados representaram uma privação de sono com duração média de  $208 \pm 25$  min (3 horas e 30 min). Além disso, a [Tabela](#) descreve o perfil do sono dos voluntários analisados.

**Tabela 1.** Perfil objetivo do sono dos voluntários.

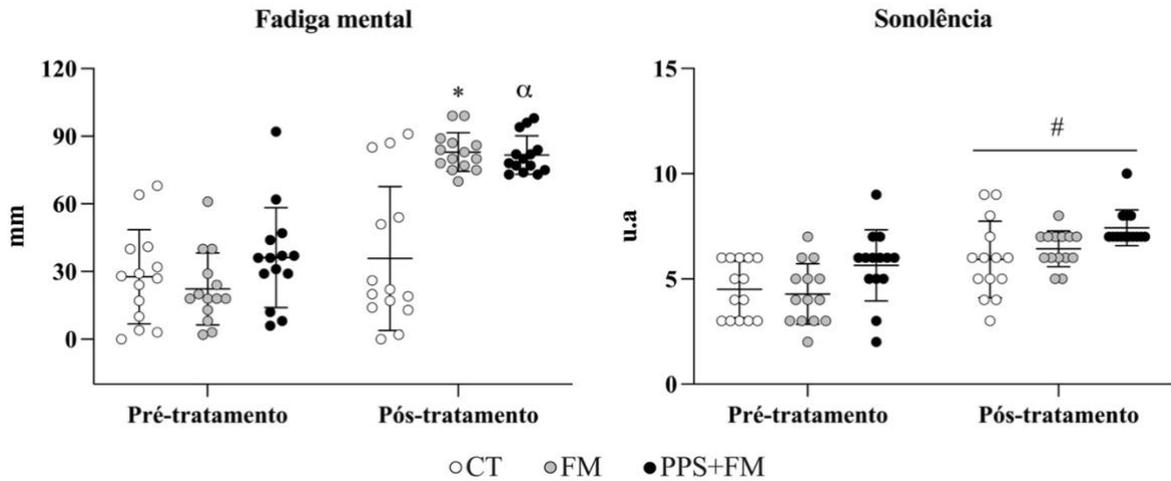
Variáveis	Sujeitos (n=14)
Latência do sono, min	8,99 $\pm$ 6,35
Eficiência do sono, %	80,39 $\pm$ 3,91
Tempo total na cama, min	515,95 $\pm$ 49,19
Tempo total de sono, min	416,70 $\pm$ 49,22
Tempo acordado depois de iniciado o sono, min	90,25 $\pm$ 18,41
Despertares noturnos, n	26,34 $\pm$ 4,30

### 5.2. Respostas subjetivas de FM e sonolência ao Stroop task

Foi observado efeito de interação condição x momento ( $p < 0,01$ ;  $F_{(3,10)} = 36,4$ ;  $\eta^2 p = 0,74$ ) para a percepção de FM nos atletas treinados submetidos ao *Stroop task* ([Figura 9](#)). Não foi observada nenhuma diferença estatisticamente significativa na EVA no momento pré-tratamento entre as condições experimentais CT, FM e PPS+FM ( $p > 0,05$ ). Para a condição CT, nenhuma alteração na EVA foi observada após a condução do documentário (CT pré vs CT pós:  $27,6 \pm 20,9$  mm vs  $35,8 \pm 31,9$  mm;  $p > 0,05$ ), entretanto, foram observados aumentos estatisticamente significantes na EVA após a condução do *Stroop task* nas condições FM (FM pré vs FM pós:  $22,3 \pm 16,0$  mm vs  $83,0 \pm 8,6$  mm;  $p < 0,01$ ;  $\uparrow 272\%$ ; d de Cohen: 3,43; efeito forte) e PPS+FM (PPS+FM pré vs PPS+FM pós:  $36,2 \pm 22,2$  mm vs  $81,7 \pm 8,5$  mm;  $p < 0,01$ ;  $\uparrow 126\%$ ; d de Cohen: 1,79; efeito forte).

Ainda, foi verificado efeito principal do momento ( $p < 0,01$ ;  $F_{(3,10)} = 51,6$ ;  $\eta^2 p = 0,80$ ; efeito grande) na sonolência dos voluntários submetidos ao *Stroop task*. Esse resultado sugere que a sonolência foi maior nos voluntários no pós-tratamento comparado ao pré-tratamento

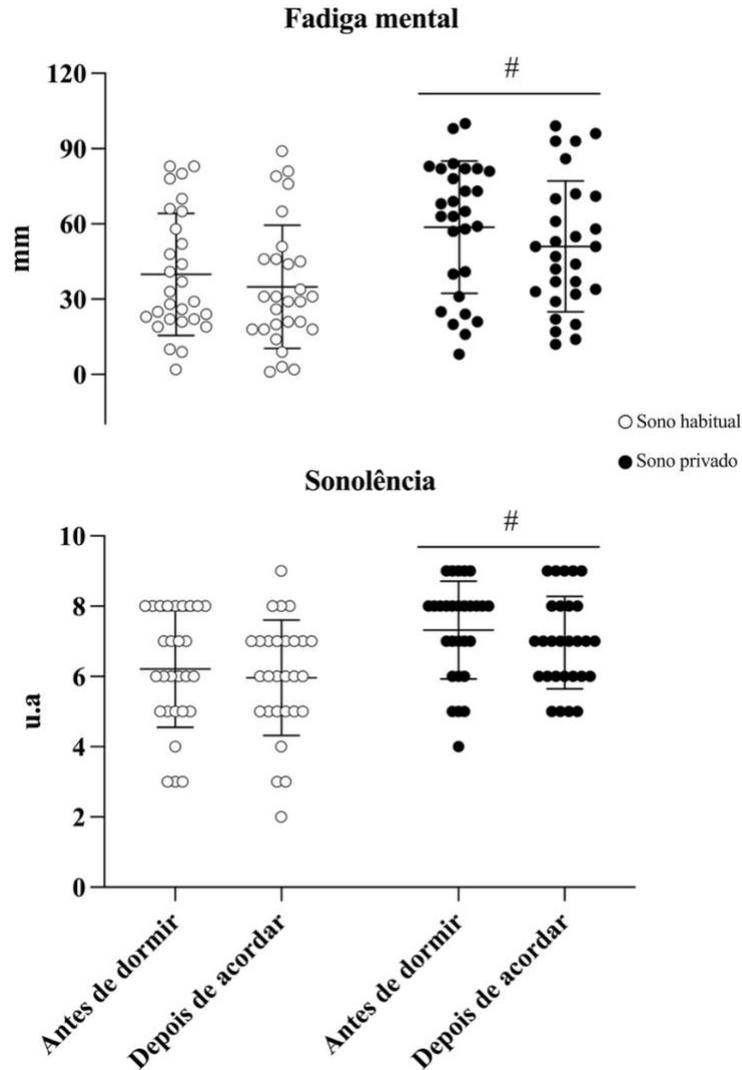
independente da condição experimental (pré vs pós:  $4,8 \pm 1,6$  u.a vs  $6,6 \pm 1,4$  u.a;  $p < 0,01$ ;  $\uparrow 38\%$ ; d de Cohen: 1,23; efeito forte). A [Figura 9](#) descreve graficamente essas análises.



**Figura 8.** Respostas subjetivas de fadiga mental e sonolência ao Stroop *task*. Legenda: CT = controle; FM = fadiga mental; PPS+FM = privação parcial do sono + fadiga mental. \* vs pré-tratamento FM; α vs pré-tratamento PPS+FM; # vs pré-tratamento.

### 5.3. Respostas subjetivas de FM e sonolência às condições experimentais

Apesar de não termos observado nenhuma interação condição x momento para percepção de FM ( $p=0,71$ ;  $F_{(3,10)}=0,2$ ;  $\eta^2p=0,01$ ) ou sonolência ( $p=0,82$ ;  $F_{(3,10)}=0,1$ ;  $\eta^2p<0,01$ ) considerando os períodos antes de dormir e depois de acordar, verificamos efeito principal da condição para percepção de FM ( $p<0,01$ ;  $F_{(3,10)}=10,0$ ;  $\eta^2p=0,27$ ; efeito grande) e sonolência ( $p<0,01$ ;  $F_{(3,10)}=14,0$ ;  $\eta^2p=0,34$ ; efeito grande) quando analisados os mesmos períodos. Esses resultados indicam que, independente do momento avaliado (antes de dormir e depois de acordar), os voluntários submetidos à privação parcial do sono apresentaram maior percepção de FM (Sono habitual vs Sono privado:  $37,4 \pm 24,4$  mm vs  $54,9 \pm 26,2$  mm;  $p < 0,01$ ;  $\uparrow 47\%$ ; d de Cohen: 0,51; efeito médio) e sonolência (Sono habitual vs Sono privado:  $6,1 \pm 1,6$  u.a vs  $7,1 \pm 1,4$  u.a;  $p < 0,01$ ;  $\uparrow 16\%$ ; d de Cohen: 0,55; efeito médio) comparado aos voluntários que dormiram conforme o horário habitual. A [Figura 9](#) descreve graficamente essas análises.

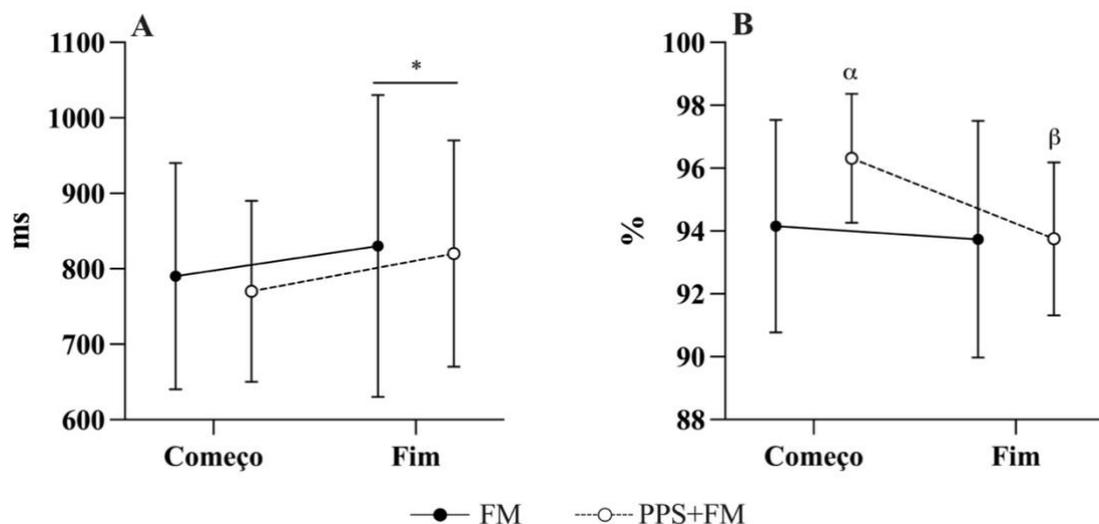


**Figura 9.** Respostas subjetivas de fadiga mental e sonolência às condições experimentais. Legenda: Sono habitual = condições CT + FM; Sono privado = condições PPS + PPS+FM. # vs sono habitual.

#### 5.4. Respostas comportamentais ao Stroop task

Nenhuma interação condição x momento foi observada para as respostas comportamentais ao Stroop *task* ( $p=0,84$ ;  $F_{(3,10)}=0,05$ ;  $\eta^2p<0,01$ ). Entretanto, verificamos efeito do momento ( $p=0,04$ ;  $F_{(3,10)}=5,4$ ;  $\eta^2p=0,29$ ; efeito grande) no TR ao comando “troca” no Stroop *task* (Figura 10). Esse resultado sugere que o voluntário apresentou TR maior nos 10 minutos finais quando comparado aos 10 minutos iniciais do tratamento (Começo vs Fim:  $778\pm137$  ms vs  $828\pm173$  ms;  $p=0,04$ ;  $\uparrow 6\%$ ; d de Cohen: 0,50; efeito médio) independente da condição experimental avaliada. Além disso, foi observado efeito da interação condição x momento ( $p<0,01$ ;  $F_{(3,10)}=17,6$ ;  $\eta^2p=0,58$ ) para a acurácia dos voluntários submetidos ao Stroop *task* (Figura 10). Os voluntários na condição PPS+FM apresentaram maior acurácia nos 10 minutos

iniciais no Stroop *task* comparado ao mesmo período dos voluntários na condição FM (PPS+FM vs FM:  $96,31 \pm 2,05$  % vs  $94,15 \pm 3,38$  %;  $p=0,03$ ;  $\uparrow 2\%$ ; d de Cohen: 0,90; efeito forte). Além disso, verificamos uma redução estatisticamente significativa da acurácia na condição PPS+FM (PPS+FM<sub>começo</sub> vs PPS+FM<sub>fim</sub>:  $96,31 \pm 2,05$  % vs  $93,75 \pm 2,43$  %;  $p=0,01$ ;  $\downarrow 3\%$ ; d de Cohen: 1,05; efeito forte). Adicionalmente, nenhum prejuízo de acurácia foi observado na condição FM ao comparar os 10 minutos iniciais e finais no Stroop *task* (FM<sub>começo</sub> vs FM<sub>fim</sub>:  $94,15 \pm 3,38$  % vs  $93,74 \pm 3,76$  %;  $p>0,05$ ; d de Cohen: 0,16; efeito pequeno).



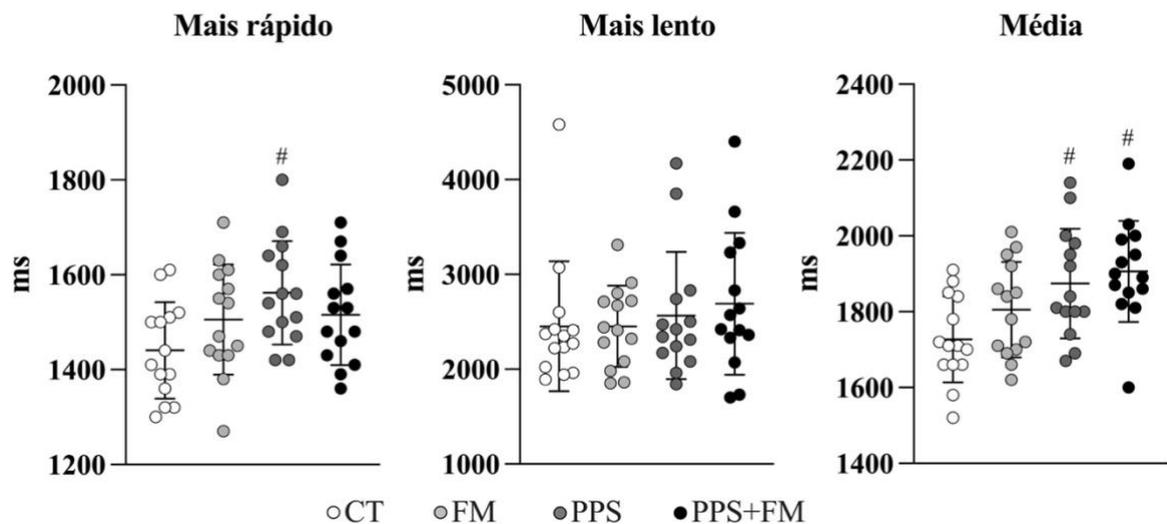
**Figura 10.** Respostas comportamentais (A, tempo de reação; B, acurácia) ao comando "troca" no Stroop *task* que comparam os 10 minutos iniciais aos 10 minutos finais da tarefa. Legenda: FM = fadiga mental; PPS+FM = privação parcial do sono + fadiga mental. \*  $p=0,04$  comparado com "Começo";  $\alpha$   $p=0,03$  comparado com "Começo" da FM;  $\beta$   $p=0,01$  comparado com "Começo" da PPS+FM.

Adicionalmente, nenhuma diferença estatisticamente significativa ( $p=0,22$ ; d de Cohen=0,21; efeito médio) foi observada para o tempo de indução da FM entre as condições experimentais FM ( $58,21 \pm 33,83$  min) e PPS+FM ( $49,64 \pm 21,88$  min) e nenhuma correlação foi verificada entre tempo decorrido para indução à FM com o tempo de prática do voleibol de praia (FM:  $p=0,31$ ;  $r=-0,15$ ; PPS+FM:  $p=0,73$ ;  $r=0,18$ ) e a quantidade de horas de treino por dia (FM:  $p=0,68$ ;  $r=-0,14$ ; PPS+FM:  $p=0,22$ ;  $r=-0,22$ ) em nenhuma das condições experimentais com aplicação do Stroop *task*.

### 5.5. Respostas percepto-cognitivas ao teste visuomotor de defesa

Para o desfecho percepto-cognitivo relacionado ao teste de defesa foi verificado efeito da condição experimental nos desfechos "mais rápido" ( $p=0,04$ ;  $F_{(3,10)}=2,98$ ;  $\eta^2 p=0,15$ ; efeito

moderado) e “média” ( $p < 0,01$ ;  $F_{(3,10)} = 5,25$ ;  $\eta^2 p = 0,23$ ; efeito grande). Nesse sentido, os voluntários submetidos apenas à PPS apresentaram desempenho mais lento nos desfechos “mais rápido” (PPS vs CT:  $1562,14 \pm 109,06$  ms vs  $1440,71 \pm 101,41$  ms;  $p = 0,02$ ;  $\uparrow 8\%$ ; d de Cohen = 1,12; efeito forte) e “média” (PPS vs CT:  $1874,29 \pm 144,63$  ms vs  $1727,14 \pm 113,30$  ms;  $p = 0,02$ ;  $\uparrow 9\%$ ; d de Cohen = 1,13; efeito forte) comparado à condição CT; ainda, aqueles submetidos à PPS+FM também apresentaram prejuízo no desempenho do desfecho “média” ao teste visuomotor de defesa quando comparado ao CT (PPS+FM vs CT:  $1906,43 \pm 133,45$  ms vs  $1727,14 \pm 113,30$  ms;  $p < 0,01$ ;  $\uparrow 10\%$ ; d de Cohen = 1,38; efeito forte). A [Figura 11](#) apresenta as respostas ao teste visuomotor de defesa em todas as condições experimentais.

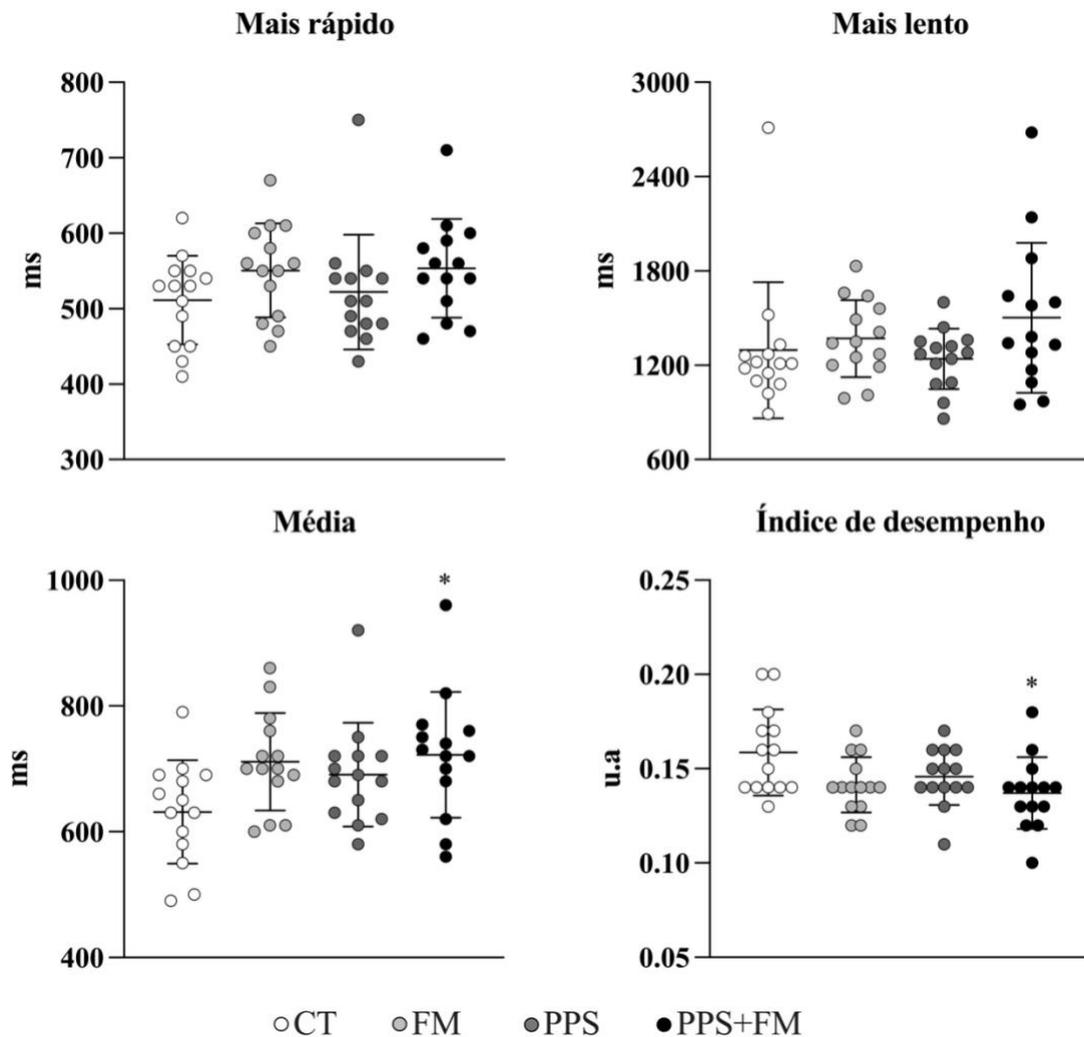


**Figura 11.** Respostas percepto-cognitivas ao teste visuomotor de defesa em todas as condições experimentais. Legenda: CT = controle; FM = fadiga mental; PPS = privação parcial do sono; PPS+FM = privação parcial do sono + fadiga mental. #  $p < 0,05$  comparado a CT.

## 5.6. Respostas percepto-cognitivas ao teste visuomotor de bloqueio

Para o desempenho percepto-cognitivo relacionado ao teste de bloqueio foram observados efeitos da condição experimental para os desfechos “média” ( $p = 0,03$ ;  $F_{(3,10)} = 3,11$ ;  $\eta^2 p = 0,15$ ; efeito moderado) e “índice de desempenho” ( $p = 0,02$ ;  $F_{(3,10)} = 3,63$ ;  $\eta^2 p = 0,17$ ; efeito moderado). Nesse sentido, verificou-se que o tempo médio de resposta ao teste visuomotor de bloqueio foi maior (PPS+FM vs CT:  $722,14 \pm 100,09$  ms vs  $631,42 \pm 82,17$  ms;  $p = 0,04$ ;  $\uparrow 14\%$ ; d de Cohen = 1,06; efeito forte) e o índice de desempenho (razão entre a acurácia e o tempo de resposta médio) foi prejudicado (PPS+FM vs CT:  $0,14 \pm 0,02$  u.a vs  $0,16 \pm 0,02$  u.a;  $p = 0,02$ ;  $\downarrow 13\%$ ; d de Cohen = 1,18; efeito forte) na condição PPS+FM quando comparado à condição CT.

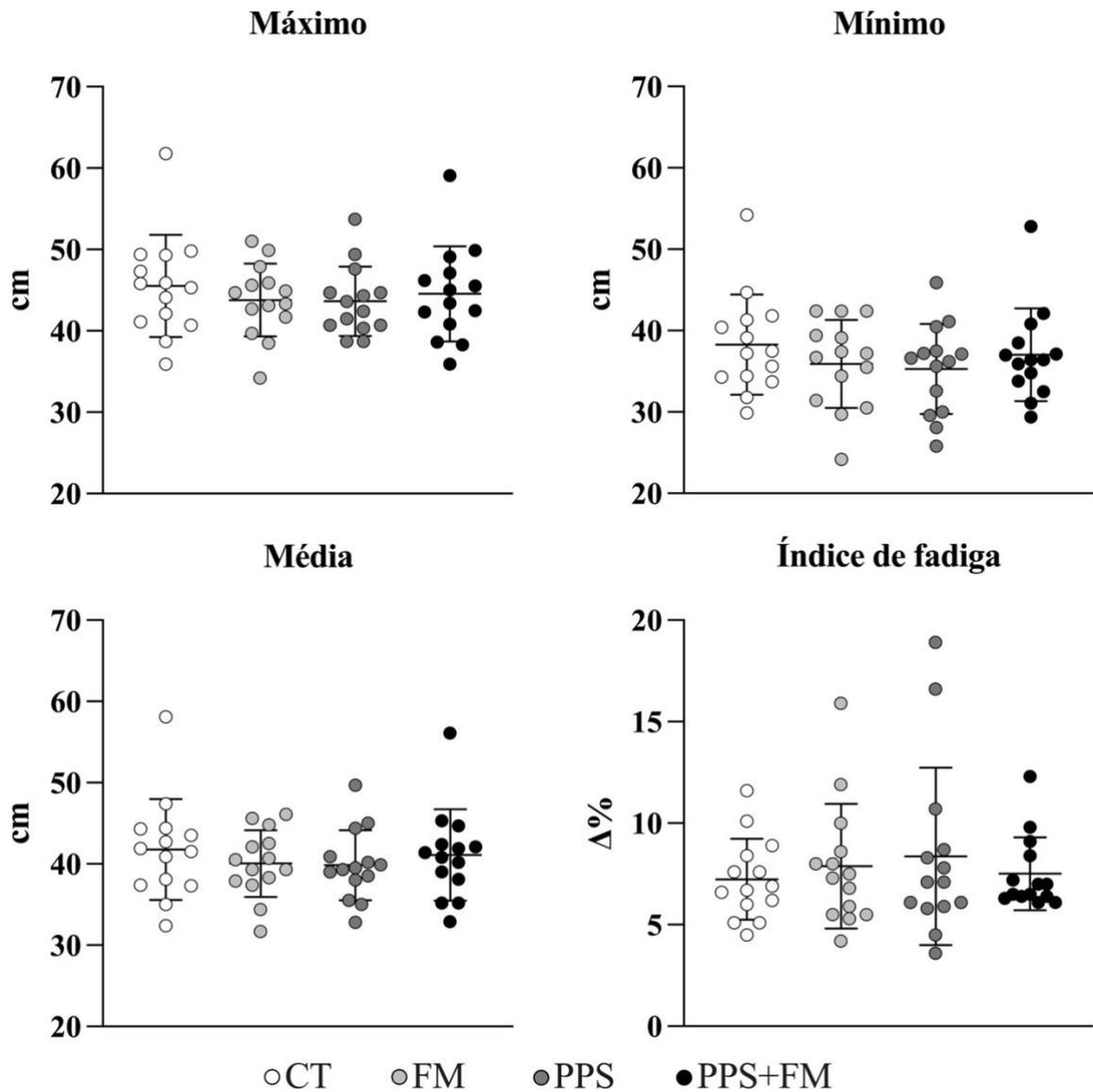
A [Figura 12](#) apresenta as respostas ao teste visuomotor de bloqueio em todas as condições experimentais.



**Figura 12.** Respostas percepto-cognitivas ao teste visuomotor de bloqueio em todas as condições experimentais. Legenda: CT = controle; FM = fadiga mental; PPS = privação parcial do sono; PPS+FM = privação parcial do sono + fadiga mental; \*  $p < 0,05$  comparado ao CT.

### 5.7. Respostas físicas ao teste de salto com contramovimento

Por fim, as análises do desfecho físico não revelaram efeito da condição experimental para nenhum dos desfechos avaliados (salto máximo:  $p = 0,13$ ;  $F_{(3,10)} = 2,36$ ;  $\eta^2 p = 0,04$ ; efeito pequeno; salto mínimo:  $p = 0,54$ ;  $F_{(3,10)} = 0,39$ ;  $\eta^2 p = 0,01$ ; efeito pequeno; salto médio:  $p = 0,24$ ;  $F_{(3,10)} = 1,39$ ;  $\eta^2 p = 0,03$ ; efeito pequeno) conforme ilustrado na [Figura 13](#).



**Figura 13.** Respostas físicas ao teste de salto com contramovimento em todas as condições experimentais. Legenda: CT = controle; FM = fadiga mental; PPS = privação parcial do sono; PPS+FM = privação parcial do sono + fadiga mental.

## 6. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos da FM e da PPS, isoladas e conjugadas, no desempenho percepto-cognitivo e físico de atletas treinados em voleibol de praia. O principal achado do estudo sugere que a PPS prejudica o desempenho percepto-cognitivo no teste visuomotor de defesa e que a PPS conjugada à FM prejudica o desempenho percepto-cognitivo nos testes visuomotores de defesa e bloqueio; entretanto, os prejuízos conjugados da PPS e FM no desempenho percepto-cognitivo no teste visuomotor de defesa não foram superiores aos prejuízos observados pela PPS quando isolada. Nesse estudo, a FM isolada não prejudicou o desempenho percepto-cognitivo dos atletas em nenhum dos testes visuomotores propostos. Os atletas avaliados não sofreram prejuízos no desempenho físico no teste de saltos com contramovimento em nenhuma condição experimental. Além disso, o estudo não encontrou correlação entre a experiência com o voleibol de praia e a quantidade de horas de treino por dia com o tempo decorrido para a indução da FM nos atletas analisados.

Nesse estudo, o Stroop *task* (STROOP, 1935) foi utilizado como indutor de FM nos atletas treinados em uma versão adaptada apenas com estímulos incongruentes e a adição da função “troca” a fim de incrementar carga à tarefa cognitiva; além disso, a duração da tarefa com demanda cognitiva variou entre os voluntários para que tivéssemos uma aplicação individualizada da carga cognitiva. Confirmamos, para tanto, que essa configuração foi eficaz para induzir FM ao observarmos aumento nas respostas subjetivas relacionadas à EVA e comportamentais relacionadas ao TR ao estímulo “troca” no Stroop *task*, independente da condição experimental conduzida (FM ou PPS+FM); ainda, observamos que os atletas submetidos às condições FM e PPS conjugadas apresentaram prejuízo da acurácia ao final da aplicação do Stroop *task*, possivelmente em decorrência de desengajamento da tarefa em razão da redução da motivação (MILYAVSKAYA et al., 2021), que causa diminuição do esforço para realizar a tarefa na presença de recompensa pouco atrativa.

Nesse sentido, o Stroop *task* é um método que tem sido proposto como indutor de FM em diversos estudos com atletas de diferentes modalidades esportivas (HABAY et al., 2021a) e tem sido eficaz em cumprir esse propósito em atletas de futebol (BADIN et al., 2016; COUTINHO et al., 2018; GANTOIS et al., 2020; SMITH et al., 2016a), basquetebol (FORTES et al., 2022a; MOREIRA et al., 2018; SHAABANI et al., 2020), badminton (VAN CUTSEM et al., 2019), ciclistas (MARTIN et al., 2016; VRIJKOTTE et al., 2018), corrida de orientação (BATISTA et al., 2021) e *sprint* (FORTES et al., 2021a) etc. Apesar disso, sabe-se também que é possível induzir a FM com tarefas que não exigem inibição cognitiva (por exemplo, tarefas

que exigem funções executivas como memória de trabalho) e que apenas 10 minutos de tarefa com alta demanda cognitiva já parece promover alguma magnitude de FM (DALLAWAY; LUCAS; RING, 2022).

O presente estudo, ao propor a individualização da carga cognitiva, optou por adotar um limiar de 70 mm da EVA (0-100 mm) sem delimitar a duração da aplicação do Stroop *task*. Essa configuração é diferente do que estudos prévios propuseram, uma vez que o Stroop *task* tem sido aplicado nos estudos com duração variando entre 15 min e 90 min (BADIN et al., 2016; FILIPAS et al., 2021b; GANTOIS et al., 2020; MOREIRA et al., 2018; SHAABANI et al., 2020; TRECROCI et al., 2020; VAN CUTSEM et al., 2019; VOGT et al., 2018) e tem adotado estímulos congruentes e/ou incongruentes em sua configuração (CAO et al., 2022; HABAY et al., 2021a; VAN CUTSEM et al., 2017b). Adicionalmente, verificamos que em estudos prévios os atletas têm alcançado entre 44 mm e 70 mm na EVA quando submetidos ao Stroop *task* com as configurações mencionadas anteriormente (BADIN et al., 2016; COUTINHO et al., 2018; FILIPAS et al., 2021b; KOSACK et al., 2020; SMITH et al., 2019; TRECROCI et al., 2020; VAN CUTSEM et al., 2019). Em consonância com nossos achados, os estudos citados anteriormente também observaram aumento da EVA e do TR nos voluntários submetidos ao Stroop *task* e essas respostas têm sido consideradas para a compreensão de que o indivíduo se encontra em estado de FM.

Assim sendo, consideramos que a adoção de 70 mm na EVA, o máximo observado em estudo prévio (FILIPAS et al., 2021b), com a necessidade da verificação duplicada (ou seja, o voluntário precisaria apontar o valor 70 mm na EVA duas vezes, em sequência ou não) e da duração mínima de 30 minutos da tarefa de alta demanda cognitiva propostos nesse estudo, em linha com proposição de estudos prévios (VAN CUTSEM et al., 2017b), parecem adequadas para a individualização da carga cognitiva do Stroop *task* e para garantir a indução da FM dos voluntários. Vale ressaltar, ainda, que o tempo médio para indução de FM nesse estudo foi alto ( $\cong$  55 minutos) e que a avaliação do *status* de FM por meio de indicadores subjetivos como a EVA tem sido considerada uma abordagem prática e eficaz comparada aos indicadores fisiológicos obtidos via avaliação de eletroencefalografia e variabilidade da frequência cardíaca (SMITH et al., 2019).

Embora estudos recentes tenham adotado o uso de métodos considerados mais ecológicos para a indução da FM como as redes sociais em *smartphones* (FORTES et al., 2019, 2020b, 2020c; GANTOIS et al., 2020) e os *videogames* (FORTES et al., 2020c, 2022a), o presente estudo optou por adotar um método menos ecológico (Stroop *task*) para induzir a FM para que fosse possível haver um maior controle da manipulação da variável independente e

por considerar que os testes visuomotores e físicos aplicados no estudo já representavam um componente ecológico importante que nos permitiria transferir o conhecimento teórico obtido dos resultados encontrados para uma aplicação prática no voleibol de praia.

Observamos ainda, que, ao avaliarmos se uma tarefa de alta demanda cognitiva induziria os voluntários à sonolência, o momento de maior sonolência dos voluntários foi após a condução do Stroop *task* independente da condição experimental conduzida. Esse achado pode estar relacionado ao tipo de tratamento proposto (Stroop *task*) no estudo que compreende uma tarefa com demandas de autocontrole que levam o indivíduo ao tédio (THOMPSON et al., 2020); o tédio, por sua vez, está associado a menor esforço dedicado à tarefa que gera maior dificuldade na realização da mesma, além de sentimentos de frustração e cansaço (BIELEKE; BARTON; WOLFF, 2021). Pontue-se, para tanto, que os prejuízos de acurácia observados ao final do Stroop *task* nesse estudo podem estar, também, relacionados a uma sensação de tédio à tarefa. A propósito, o sentimento de tédio tem sido observado como um fator capaz de desencadear sonolência (MAVJEE; HOME, 1994) e de prejudicar a atenção sustentada (DANCKERT et al., 2018; HUNTER; EASTWOOD, 2018) e pode estar relacionado à região cerebral do núcleo accumbens humano, que constitui a principal parte do estriado ventral e que regula funções relacionadas à recompensa, à motivação e ao prazer, os quais são capazes de induzir ao sono quando se encontra na ausência de estímulos motivadores ou entediado (OISHI et al., 2017).

Além disso, o presente estudo apontou que os atletas treinados, quando submetidos às condições experimentais com PPS, isolada ou conjugada com FM, apresentaram maior sonolência do que àquela observada nos voluntários nas condições experimentais CT e FM independente se a avaliação foi feita antes ou após a condução do Stroop *task*. Vale ressaltar que nas condições experimentais CT e FM os voluntários tiveram uma noite de sono habitual e que nas condições experimentais PPS e PPS+FM os atletas tiveram seu sono privado em 50% do tempo total de sono habitual. Estes resultados corroboram achados prévios na medida que estudos têm apontado que a indução de privação do sono, total ou parcial, promove um estado de sonolência aumentado (BELENKY et al., 2003; DINGES et al., 1997; GATTONI, 2019; OTMANI et al., 2005; PALLESEN et al., 2017; SKURVYDAS et al., 2020; VAN DONGEN et al., 2003; WATSON, 2017) e que os atletas são comumente afetados por esses fenômenos (WALSH et al., 2021).

Cabe informar, ainda, que os conceitos de sonolência e de fadiga são diferentes, apesar do conflito existente nessa temática. Desse modo, enquanto a sonolência reflete a probabilidade de adormecer em dado momento (NEU; LINKOWSKI; LE BON, 2010; SHEN; BARBERA;

SHAPIRO, 2006), a fadiga compreende um estado de sensação excessiva de cansaço e de alerta reduzido capaz de comprometer a realização de tarefas (CRAIG et al., 2006; SHEN; BARBERA; SHAPIRO, 2006; WIJESURIYA; TRAN; CRAIG, 2007).

Ainda, observamos que, quando submetidos à PPS, os voluntários apresentaram maior sonolência (condição PPS+FM) e FM (condição PPS) comparado àqueles que dormiram conforme seu comportamento de sono habitual (condição FM) independente do momento analisado (antes de dormir e depois de acordar). Possivelmente, o momento adotado para os voluntários responderem a escala de sonolência justifique esse achado, uma vez que nas condições experimentais com PPS (PPS+FM, por exemplo) os voluntários foram orientados a responder sobre seu estado de sonolência imediatamente após o cumprimento da PPS, ou seja, durante a madrugada; nas condições experimentais sem PPS (FM, por exemplo) os voluntários responderam sobre seu estado de sonolência no horário que foram deitar-se para dormir conforme o seu comportamento de sono habitual; e em ambas as situações, com PPS ou não, os voluntários informaram seu estado de sonolência tão logo acordaram para iniciar o dia.

Sabe-se, para tanto, que o sistema de regulação circadiano endógeno, localizado nos núcleos supraquiasmáticos do hipotálamo anterior, modula o comportamento de vigília (horário de dormir e acordar) de modo circadiano, exerce influência sobre o estado de sonolência dos indivíduos (GOEL et al., 2013; REILLY, 1990) e parece afetar as funções executivas em maior magnitude quando comparado as ações motoras grossas (REILLY, 1990). Além disso, a literatura especializada aponta para o efeito do tempo ao longo do dia na FM, indicando que, ao final do dia, a FM parece ser maior do que a observada no início do dia (ACKERMAN, 2011; HOCKEY, 2013; MATTHEWS et al., 2012; MCCORMICK et al., 2012; WIEHLER et al., 2022); por essa razão, talvez, tenhamos observado a percepção da FM aumentada nos voluntários que privaram sono (condição PPS) comparado aos que não privaram (condição FM).

No presente estudo os desfechos percepto-cognitivos apresentaram prejuízos tanto ao teste visuomotor de defesa (“mais rápido” e “média”) quanto de bloqueio (“média” e “índice de desempenho”); entretanto, a FM sozinha não foi responsável por nenhum desses prejuízos, o que refutou as hipóteses iniciais, bem como foi conflitante aos achados de outros estudos (FARO et al., 2022; VAN CUTSEM et al., 2019, 2020). Para o teste visuomotor de defesa os atletas treinados foram mais lentos quando submetidos à PPS (desfecho “mais rápido”) e à PPS conjugada à FM (desfechos “mais rápido” e “média”). Para o teste visuomotor de bloqueio foram observados prejuízos nos desfechos “média” e “índice de desempenho” apenas nos atletas treinados submetidos à PPS conjugada à FM. É importante ressaltar que o prejuízo

observado no desfecho “média” no teste visuomotor de defesa sob a presença da PPS e FM conjugadas não foi superior ao prejuízo observado na presença da PPS isolada.

Apesar da carga da tarefa com alta demanda cognitiva ter sido individualizada nesse estudo, não encontramos diferença no tempo de duração da tarefa utilizada para indução de FM entre as condições de FM isolada e conjugada com a PPS. Esse achado descarta, portanto, a possibilidade dos atletas durante à condição com FM isolada terem passado menos/mais tempo desempenhando a tarefa com alta demanda cognitiva comparado à condição com FM conjugada a PPS e o tempo de duração dessa tarefa ser um fator influenciador das respostas nos testes visuomotores de defesa.

Estudos prévios têm relatado efeitos adversos da FM (CAO et al., 2022; HABAY et al., 2021a; PAGEAUX; LEPERS, 2018; SMITH et al., 2018) e da PS/PPS (CHAREST; GRANDNER, 2020; FULLAGAR et al., 2015, 2019; HALSON; JULIFF, 2017; HARRISON; HORNE, 2000; SMITHIES et al., 2021) no desempenho percepto-cognitivo de atletas; entretanto, algumas considerações são necessárias para compreender nossos achados à luz do que a literatura científica tem apresentado.

Estudos que têm avaliado os efeitos da FM no desempenho percepto-cognitivo têm utilizado, em sua maioria, testes cognitivos computacionais que não envolvem componentes de habilidades motoras grossas em concomitância para análise desse desempenho (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2005, 2006; HEPLER; KOVACS, 2017; LORIST et al., 2000; LORIST; BOKSEM; RIDDERINKHOF, 2005); isso pode ser observado em atletas de basquetebol (HEPLER; KOVACS, 2017) e futebol (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2006; LORIST et al., 2000; LORIST; BOKSEM; RIDDERINKHOF, 2005), por exemplo. Além disso, mesmo aqueles estudos que avaliaram o desempenho percepto-cognitivo a partir de testes que reproduzem a realidade da modalidade esportiva, o fizeram a partir de análise de jogos em vídeo (COUTINHO et al., 2017; FORTES et al., 2022b; SMITH et al., 2016b) ou avaliaram a tomada de decisão em contextos de jogos simulados no futebol, no qual o componente de *endurance* é mais predominante e pode influenciar negativamente o desempenho percepto-cognitivo (FORTES et al., 2019, 2020c; GANTOIS et al., 2020; TRECROCI et al., 2020). Apesar do teste visuomotor de defesa proposto nesse estudo ter apresentado duração média de 3 minutos e 5 segundos, o teste foi realizado com uma configuração de estímulos visuomotores que permite caracterizar a tarefa como intermitente. Vale ressaltar, ainda, que nenhum estudo até o momento avaliou o efeito da FM no desempenho percepto-cognitivo com testes que reproduzem habilidades motoras da realidade do voleibol de praia.

Em contrapartida, alguns estudos observaram efeito deletério no desempenho percepto-cognitivo no teste visuomotor com luzes de led ao reproduzirem a realidade do esporte em atletas de badminton (VAN CUTSEM et al., 2019, 2020), tênis de mesa (HABAY et al., 2021b) e de basquetebol (FARO et al., 2022), por exemplo. Entretanto, enquanto o presente estudo avaliou atletas treinados entre 16 e 20 anos de idade, os estudos prévios analisaram atletas adultos com média de idade de 25 (VAN CUTSEM et al., 2019) e 24 anos (FARO et al., 2022; HABAY et al., 2021b). Ainda, esses estudos avaliaram a resposta visuomotora a estímulos visuais mais complexos uma vez que fizeram uso de seis (HABAY et al., 2021b), sete (VAN CUTSEM et al., 2019, 2020) e oito (FARO et al., 2022) luzes de led em diferentes configurações, enquanto o presente estudo utilizou estímulos simples com apenas três luzes de led. Nesse sentido, a literatura científica sugere que atletas mais jovens costumam ser mais resistentes à FM comparado aos atletas recreacionais adultos e que essa resistência se reflete em prejuízos atenuados ao desempenho (FILIPAS et al., 2018). Isso ocorre possivelmente em decorrência da idade dos voluntários, uma vez que as áreas cerebrais relacionadas à resposta inibitória, como o lobo frontal, especialmente o córtex cingulado anterior, se desenvolve consideravelmente entre os 12 e 17 anos de idade (ROMINE; REYNOLDS, 2005). Esse é um período de desenvolvimento das redes neurais funcionais e de padrões de ativação de tarefas específicas que dão suporte ao aumento do desempenho cognitivo (RUBIA et al., 2006). Ainda, a ativação de regiões cerebrais como o córtex pré-frontal, cingulado anterior e parietal é maior em adultos do que em crianças/adolescentes ao performar o Stroop *task* (ADLEMAN et al., 2002); essa observação, portanto, pode resultar em prejuízos atenuados de processos cognitivos ao longo do tempo em pessoas mais jovens, uma vez que elas parecem ter acessibilidade reduzida às regiões ou habilidades computacionais que dão suporte a comportamentos mais complexos (LUNA; PADMANABHAN; O'HEARN, 2010). Por essa razão, talvez, nenhum prejuízo da FM no desempenho percepto-cognitivo no teste visuomotor foi encontrado nesse estudo nos atletas treinados.

A PS/PPS e seus efeitos no desempenho esportivo têm sido estudados ao longo dos últimos anos (CHAREST; GRANDNER, 2020; FULLAGAR et al., 2015, 2019; HALSON; JULIFF, 2017; HARRISON; HORNE, 2000; SMITHIES et al., 2021); esse estudo, entretanto, optou por adotar a PPS como intervenção por considerar que privar o sono em 50% do tempo total de sono habitual dos atletas representaria uma configuração mais individualizada e ecológica (e.g., mais próximo da realidade) comparada à privação total do sono.

A literatura especializada mais recente (CHAREST; GRANDNER, 2020; FULLAGAR et al., 2015, 2019; HALSON; JULIFF, 2017; SMITHIES et al., 2021) aponta que os estudos

que avaliam o efeito da PS/PPS no desempenho de componentes físico (*endurance*, anaeróbio, intermitente, força muscular) e fisiológico (cardiorrespiratório) são mais vastos do que aqueles que analisam componentes percepto-cognitivos. Ainda, observa-se também que o estudo da PS no desempenho é mais prevalente comparado à PPS e que populações adultas no geral são mais investigadas do que os atletas (CHAREST; GRANDNER, 2020; FULLAGAR et al., 2015, 2019; HALSON; JULIFF, 2017; SMITHIES et al., 2021).

Nesse sentido, a PPS e seus efeitos no desempenho percepto-cognitivo têm sido estudados em atletas de tênis (REYNER; HORNE, 2013), handebol (JARRAYA et al., 2014), lançamento de dardos (EDWARDS; WATERHOUSE, 2009), esportes motorizados (OTMANI et al., 2005), judô (ROMDHANI et al., 2019) e ciclismo (MAH et al., 2019; ROBERTS et al., 2019); adotando a PPS em uma única noite (EDWARDS; WATERHOUSE, 2009; JARRAYA et al., 2014; REYNER; HORNE, 2013) e em duas ou mais noites (MAH et al., 2019; ROBERTS et al., 2019; ROMDHANI et al., 2019), como também a PPS ao ir dormir mais tarde (EDWARDS; WATERHOUSE, 2009; JARRAYA et al., 2014; MAH et al., 2019; OTMANI et al., 2005; REYNER; HORNE, 2013), ao acordar mais cedo (JARRAYA et al., 2014; ROMDHANI et al., 2019) ou adaptando os horários de dormir e acordar para o cronotipo dos atletas (ROBERTS et al., 2019).

Para tanto, prejuízos percepto-cognitivos em atletas privados de sono têm sido observados na acurácia do saque em tenistas (REYNER; HORNE, 2013), no TR, na atenção seletiva e constante em goleiros de handebol (JARRAYA et al., 2014), na acurácia e consistência ao lançamento de dardos (EDWARDS; WATERHOUSE, 2009), na frequência na qual pilotos de corrida cruzam linhas que demarcam a pista (OTMANI et al., 2005), como também no TR em testes computacionais (MAH et al., 2019; ROBERTS et al., 2019; ROMDHANI et al., 2019).

Vale ressaltar que, nessa temática, nenhum estudo até o momento avaliou os efeitos da FM e PPS no desempenho percepto-cognitivo com testes de estímulos visuomotores, no qual o gesto motor reproduzisse o contexto da realidade da modalidade esportiva; nesse sentido, esse é o primeiro estudo a fazê-lo em atletas de voleibol de praia. Além disso, dos estudos citados anteriormente, alguns definiram o tempo de PS sem individualizar o tempo de privação com o comportamento habitual de sono dos atletas, definindo um quantitativo de horas comum para privação (EDWARDS; WATERHOUSE, 2009; MAH et al., 2019; OTMANI et al., 2005; ROMDHANI et al., 2019). Outros informaram quanto de tempo de sono foi permitido aos atletas ter (JARRAYA et al., 2014) e apenas dois privaram o sono por tempo individualizado a partir da análise do comportamento habitual de sono dos atletas (REYNER; HORNE, 2013;

ROBERTS et al., 2019). Enquanto um estudo privou o sono dos atletas em 30% (ROBERTS et al., 2019), outro estudo privou em 33% (REYNER; HORNE, 2013); o presente estudo, entretanto, privou o sono em 50% do tempo habitual de sono dos atletas avaliados. Nossos achados, portanto, corroboram estudos prévios que sugeriram que a PPS acarretou prejuízos no desempenho percepto-cognitivo de atletas e apontaram que esses prejuízos podem ser observados quando o atleta encontra-se desempenhando ações inseridas na realidade da modalidade esportiva que ele pratica. Ainda, os testes visuomotores que simularam ações de defesa e bloqueio no voleibol de praia adotados nesse estudo apresentaram boa reprodutibilidade e podem ser usados em estudos futuros.

Dito isso, estudos prévios têm atribuído os prejuízos percepto-cognitivos causados pela PS/PPS ao funcionamento do córtex pré-frontal, dado que o desempenho percepto-cognitivo é sensível à responsividade cortical – não limitando-se à atividade pré-frontal – e atenção na presença de um estado de sono interrompido e aumenta as falhas na realização de ações pretendidas (DORAN; VAN DONGEN; DINGES, 2001; GRUNDGEIGER; BAYEN; HORN, 2014; HARRISON; HORNE, 2000). Além disso, estudos têm observado que o metabolismo cerebral é diminuído – comparado ao estado de vigília – quando há redução na duração do sono; essa diminuição tem sido verificada nas regiões do tálamo, do cerebelo e nos córtex pré-frontal, posterior parietal e temporal (DRUMMOND; BROWN, 2001; TABER; HURLEY, 2006), os quais estão correlacionadas com prejuízos do desempenho cognitivo (THOMAS et al., 2000, 2003).

Nenhum prejuízo ao desempenho físico no salto com contramovimento foi observado nesse estudo nos atletas submetidos à FM e PPS, isolada ou conjugada. Enquanto para a FM esses resultados corroboram estudos prévios (FORTES et al., 2020b, 2021a, 2021b; KOSACK et al., 2020; LIMA-JUNIOR et al., 2021; QUEIROS et al., 2021), para a PS/PPS há conflitos acerca desses achados (CULLEN et al., 2019; FULLAGAR et al., 2019; HALSON; JULIFF, 2017; MAH et al., 2019). Vale ressaltar que os estudos que têm analisado os efeitos da FM e da PS/PPS no desempenho físico no teste de salto com contramovimento têm adotado métodos semelhantes entre si – análises de três saltos com intervalo de 30 segundos entre cada salto – mas diferentes da configuração proposta nesse estudo. Dito isso, a escolha por adaptar a configuração usualmente aplicada nos estudos mencionados anteriormente para o teste que foi adotado nesse estudo teve como objetivo aproximar o desempenho no teste físico do contexto real do voleibol de praia. Importante ressaltar que a adaptação proposta nesse estudo não comprometeu a reprodutibilidade das medidas, visto que o CCI observado foi de 0,96.

A literatura científica aponta um consenso sobre os efeitos da FM e da PS/PPS no desempenho físico de *endurance* (FULLAGAR et al., 2015, 2019; HABAY et al., 2021a; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; MARTIN, 1981; PAGEAUX; LEPERS, 2018; SOUISSI et al., 2020; VAN CUTSEM et al., 2017b) e sugere que os prejuízos observados, tanto para a FM quanto para a PS/PPS, podem estar relacionados ao sistema de recompensa (BOKSEM; TOPS, 2008) e perturbações de humor e desregulações emocionais que podem influenciar a percepção de esforço, aumentando-a, de modo a comprometer a realização de tarefas com exigências físicas (FULLAGAR et al., 2019). A adaptação da configuração do teste de salto com contramovimento adotada nesse estudo fez o teste durar, em média, quatro minutos. Apesar de estudo prévio sugerir que o desempenho de *endurance* é observado a partir de esforços que durem, no mínimo, 75 segundos (MCCORMICK; MEIJEN; MARCORA, 2015), o teste físico de salto com contramovimento aplicado nesse estudo foi prolongado, mas realizado de forma intervalada, no qual cada esforço físico intercalou com descansos de cinco segundos. Portanto, dada a adaptação realizada na configuração do teste de salto com contramovimento, não consideramos apropriado que os resultados observados em estudos com desempenho de *endurance* sejam extrapolados para o desempenho físico avaliado nesse estudo que requer a aplicação de esforços máximos.

Nesse sentido, a literatura especializada sugere que tarefas que exigem esforços máximos são menos suscetíveis aos prejuízos da FM, pois essas tarefas são reguladas por mecanismos de fadiga infraespinhais, especialmente atividade de motoneurônios (e.g., alpha e gama) e junção neuromuscular (JACQUET et al., 2021b; TYAGI; MEHTA, 2021). A FM, por sua vez, é regulada por mecanismos supraespinhais, especialmente o córtex pré-frontal, cíngulo anterior e sistema de recompensa (e.g., tálamo, área tegmentar ventral, córtex insular anterior e córtex pré-frontal dorsolateral) (FRANCO-ALVARENGA et al., 2019; NORTON et al., 2005; PAGEAUX; MARCORA; LEPERS, 2013; SILVA-CAVALCANTE et al., 2018). Sob a condição de PS/PPS, os prejuízos físicos no salto com contramovimento têm sido reportados maiores diante da PS comparado à PPS (CULLEN et al., 2019) e os mecanismos pelos quais se justificariam o comprometimento físico observado em indivíduos que realizam tarefas de esforço máximo com sono privado são incertos (FULLAGAR et al., 2015, 2019; HALSON; JULIFF, 2017), uma vez que esportes que exigem esforços submáximos são mais suscetíveis de sofrerem prejuízos no desempenho físico comparado aos esportes que, majoritariamente, exigem esforços máximos (CHAREST; GRANDNER, 2020; FULLAGAR et al., 2019).

Finalmente, algumas limitações podem ser observadas nesse estudo. Não monitoramos a percepção subjetiva de esforço dos voluntários ao longo dos testes visuomotores e físicos propostos, não analisamos o cronotipo dos voluntários para sugerirmos a PPS no início ou no final do sono a depender do cronotipo do atleta, não adotamos um método ecológico para a indução da FM, não realizamos medições de temperatura, umidade, dieta e hidratação dos voluntários, participaram somente jovens atletas de voleibol de praia (i.e., não podemos inferir os achados para atletas de outra faixa-etário ou de outro nível) e não realizamos uma validação transcultural da escala de sonolência de Karolinska adotada nesse estudo; para esse último aspecto, entretanto, realizamos a tradução com um profissional nativo em inglês e os voluntários quando estavam na condição com PPS apresentaram maior sonolência comparado às condições em que eles dormiram o seu sono com o tempo habitual, o que representa o critério de validade discriminante da respectiva escala.

## **7. CONCLUSÃO**

Concluimos, para tanto, que a PPS de 50% do sono habitual de atletas, induzida ao deitar-se para dormir mais tarde que o habitual, compromete o desempenho percepto-cognitivo em tarefas com estímulos visuomotores que reproduzem ações no contexto da realidade do voleibol de praia em atletas treinados. Esse prejuízo não foi observado em atletas de voleibol de praia mentalmente fadigados; além disso, a FM não incrementou prejuízos ao desempenho percepto-cognitivo àqueles observados pela PPS isolada. Ademais, a FM e a PPS não prejudicaram o desempenho físico ao salto com contramovimento em atletas de voleibol de praia.

O presente estudo propôs a aplicação de duas manipulações experimentais: a indução de FM e da PPS. Em ambos os casos o sucesso no manejo das manipulações pôde ser constatado ao observarmos aumento das respostas de percepção subjetiva e comportamental dos atletas submetidos a uma tarefa de alta demanda cognitiva e aumento da sonolência dos atletas submetidos a PPS. Além disso, esse estudo foi o primeiro a propor a individualização da carga cognitiva para indução da FM em estudos da ciência do esporte. Ainda, avaliamos o desempenho físico e percepto-cognitivo de atletas de voleibol de praia a partir de testes com boa reprodutibilidade e que representam demandas do contexto real do esporte. Também propusemos uma configuração mais ecológica da PS para estudos na ciência do esporte ao adotarmos a PPS. Para tanto, definimos a duração da PPS de forma individualizada (50% de PPS) a partir do monitoramento do comportamento habitual do sono dos atletas e realizamos a

análise de dois fatores, isolados e conjugados, que estão presentes na rotina dos atletas e que comumente afetam o desempenho esportivo: a FM e a PPS.

Acerca do conhecimento científico atual e das lacunas observadas na literatura sobre FM, PPS e desempenho esportivo, esse estudo avançou ao (i) propor a individualização da carga cognitiva em tarefas de alta demanda cognitiva usadas para indução da FM; (ii) individualizar o tempo de PPS a partir da identificação do comportamento habitual de sono dos atletas e propor uma duração relativa da PPS que se aproxima da realidade esportiva; (iii) adotar testes visuomotores para avaliar o desempenho percepto-cognitivo e adaptar o protocolo de salto com contramovimento usualmente aplicado na avaliação do desempenho físico para que os desfechos analisados nesse estudo reproduzam a realidade do voleibol de praia e que seus resultados possam ter aplicabilidade prática para o esporte.

Estudos que induzam a FM com métodos mais ecológicos (*smartphones, videogames* etc.) e ao mesmo tempo controlado (e.g., individualização da carga cognitiva, quantidade e tipo de estímulo), que considerem o cronotipo dos voluntários para definir se a PPS deverá acontecer ao ir dormir mais tarde ou acordar mais cedo e que reproduzam avaliações de desempenho em atletas que reflitam o contexto real da modalidade esportiva são necessários. Também se recomenda a condução de estudos de efeito repetido da PPS e/ou FM no desempenho percepto-cognitivo e físico de atletas.

Por fim, aos atletas recomendamos que compreendam o sono como um fator que pode prejudicar sua performance e que adotem comportamentos próximo ao horário habitual de sono menos detratores para que diminuam o período de latência do sono; aos treinadores recomendamos que promovam momentos de educação sobre o sono com seus atletas fornecendo informações sobre como evitar comportamentos detratores do sono. Nesse sentido, desenvolver e seguir uma rotina com horário de deitar-se para dormir e levantar-se para acordar, cochilar (5-30 min) durante o dia, preferencialmente a tarde, como forma de estender o tempo de sono, evitar o uso de aparelhos eletrônicos (e.g., televisão, celular, computador etc.) ao deitar-se para dormir e criar um ambiente para o sono de silêncio e relaxamento são algumas das estratégias de higiene do sono que podem ser orientadas pelos treinadores e adotadas pelos atletas (FULLAGAR et al., 2019; JONES et al., 2018; NÉDÉLEC et al., 2015).

## 8. REFERÊNCIAS

- ABEDELMALEK, S. et al. Effect of time of day and partial sleep deprivation on plasma concentrations of IL-6 during a short-term maximal performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 1, p. 241–248, 8 jan. 2013.
- ACKERMAN, P. L. et al. Cognitive Fatigue During Testing: An Examination of Trait, Time-on-Task, and Strategy Influences. **Human Performance**, v. 23, n. 5, p. 381–402, 29 out. 2010.
- ACKERMAN, P. L. **Cognitive Fatigue: Multidisciplinary Perspectives on Current Research and Future Applications**. Washington, DC: American Psychological Association, 2011.
- ADLEMAN, N. E. et al. A developmental fMRI study of the Stroop color-word task. **NeuroImage**, 2002.
- AFONSO, J. et al. Tactical determinants of setting zone in elite men's volleyball. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 11, n. 1, p. 64–70, 2012.
- ÅKERSTEDT, T.; GILLBERG, M. Subjective and Objective Sleepiness in the Active Individual. **International Journal of Neuroscience**, v. 52, n. 1–2, p. 29–37, 7 jan. 1990.
- ÅKERSTEDT, T.; NILSSON, P. M. Sleep as restitution: an introduction. **Journal of Internal Medicine**, v. 254, n. 1, p. 6–12, jul. 2003.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. Sleep-wake disorders. In: **Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-V)**. 5th. ed. Washington, DC: [s.n.]. p. 361–423.
- ANCOLI-ISRAEL, S. et al. The Role of Actigraphy in the Study of Sleep and Circadian Rhythms. **Sleep**, v. 26, n. 3, p. 342–392, maio 2003.
- ANGUS, R. G.; HESLEGRAVE, R. J.; MYLES, W. S. Effects of Prolonged Sleep Deprivation, With and Without Chronic Physical Exercise, on Mood and Performance. **Psychophysiology**, v. 22, n. 3, p. 276–282, maio 1985.
- AXELSSON, J. et al. Sleepiness and Performance in Response to Repeated Sleep Restriction and Subsequent Recovery during Semi-Laboratory Conditions. **Chronobiology International**, v. 25, n. 2–3, p. 297–308, 7 jan. 2008.
- AZBOY, O.; KAYGISIZ, Z. Effects of sleep deprivation on cardiorespiratory functions of the runners and volleyball players during rest and exercise. **Acta Physiologica Hungarica**, 2009.
- BADIN, O. O. et al. Mental Fatigue: Impairment of Technical Performance in Small-Sided Soccer Games. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 8, p. 1100–1105, nov. 2016.
- BAFNA, T.; HANSEN, J. P. Mental fatigue measurement using eye metrics: A systematic literature review. **Psychophysiology**, v. 58, n. 6, p. 1–23, 6 jun. 2021.
- BAHR, R.; REESER, J. C. New guidelines are needed to manage heat stress in elite sports – The Fédération Internationale de Volleyball (FIVB) Heat Stress Monitoring Programme. **British Journal of Sports Medicine**, v. 46, n. 11, p. 805–809, set. 2012.
- BARBOSA, B. T.; LIMA-JUNIOR, D. DE; SILVA FILHO, E. M. The impact of COVID-19 on sporting events and high-performance athletes. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, 2020.

- BATISTA, M. M. et al. effect of mental fatigue on performance, perceptual and physiological responses in orienteering athletes. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 2021.
- BELENKY, G. et al. Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study. **Journal of Sleep Research**, v. 12, n. 1, p. 1–12, mar. 2003.
- BIELEKE, M.; BARTON, L.; WOLFF, W. Trajectories of boredom in self-control demanding tasks. **Cognition and Emotion**, 2021.
- BOKSEM, M. A. S.; MEIJMAN, T. F.; LORIST, M. M. Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. **Brain research. Cognitive brain research**, v. 25, n. 1, p. 107–16, set. 2005.
- BOKSEM, M. A. S.; MEIJMAN, T. F.; LORIST, M. M. Mental fatigue, motivation and action monitoring. **Biological psychology**, v. 72, n. 2, p. 123–32, maio 2006.
- BOKSEM, M. A. S.; TOPS, M. Mental fatigue: Costs and benefits. **Brain Research Reviews**, v. 59, n. 1, p. 125–139, nov. 2008.
- BOLIN, D. J. Sleep Deprivation and Its Contribution to Mood and Performance Deterioration in College Athletes. **Current Sports Medicine Reports**, v. 18, n. 8, p. 305–310, ago. 2019.
- BOONSTRA, T. W. et al. Effects of sleep deprivation on neural functioning: an integrative review. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 64, n. 7–8, p. 934–946, 8 abr. 2007.
- BOURDON, P. C. et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. s2, p. S2-161-S2-170, abr. 2017.
- BROWN, D. M. Y. et al. **Effects of Prior Cognitive Exertion on Physical Performance: A Systematic Review and Meta-analysis**. **Sports Medicine**, 2020.
- BROWNSBERGER, J. et al. Impact of mental fatigue on self-paced exercise. **International journal of sports medicine**, v. 34, n. 12, p. 1029–36, dez. 2013.
- BULBULIAN, R. The effect of sleep deprivation and exercise load on isokinetic leg strength and endurance. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, 1996.
- BUSCÀ, B. et al. Relationship between agility and jump ability in amateur beach volleyball male players. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, 2015.
- BUYSSE, D. J. et al. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. **Psychiatry research**, v. 28, n. 2, p. 193–213, maio 1989.
- CALDWELL, J. A.; HALL, K. K.; ERICKSON, B. S. EEG Data Collected From Helicopter Pilots in Flight Are Sufficiently Sensitive to Detect Increased Fatigue From Sleep Deprivation. **The International Journal of Aviation Psychology**, v. 12, n. 1, p. 19–32, 13 jan. 2002.
- CAMPANINI, M. Z. et al. Agreement between sleep diary and actigraphy in a highly educated Brazilian population. **Sleep Medicine**, 2017.
- CANAL-BRULAND, R.; MOOREN, M.; SAVELSBERGH, G. J. P. Differentiating Experts' Anticipatory Skills in Beach Volleyball. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 82, n. 4, p. 667–674, dez. 2011.
- CAO, S. et al. Mental Fatigue and Basketball Performance: A Systematic Review. **Frontiers in Psychology**, v. 12, n. January, p. 1–10, 10 jan. 2022.
- CARSKADON, M. A. et al. Guidelines for the Multiple Sleep Latency Test (MSLT): A

- Standard Measure of Sleepiness. **Sleep**, v. 9, n. 4, p. 519–524, dez. 1986.
- CARTER, J. R. et al. Subjective and objective sleep differ in male and female collegiate athletes. **Sleep Health**, v. 6, n. 5, p. 623–628, out. 2020.
- CHAREST, J.; GRANDNER, M. A. Sleep and Athletic Performance. **Sleep Medicine Clinics**, v. 15, n. 1, p. 41–57, mar. 2020.
- CHAUDHURI, A.; BEHAN, P. O. Fatigue in neurological disorders. **Lancet (London, England)**, v. 363, n. 9413, p. 978–88, 20 mar. 2004.
- CHRISTODOULOU, C. The Assessment and Measurement of Fatigue. In: DELUCA, J.; WESSELY, S. (Eds.). **Fatigue as a Window to the Brain**. Londres: MIT Press, 2005. p. 19–36.
- CICCHETTI, D. V. Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. **Psychological Assessment**, v. 6, n. 4, p. 284–290, dez. 1994.
- CLUYDTS, R. et al. Daytime sleepiness and its evaluation. **Sleep Medicine Reviews**, v. 6, n. 2, p. 83–96, maio 2002.
- COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioural Science (2nd Edition)**. [s.l.: s.n.].
- CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE VOLEIBOL. **Guia de Arbitragem**. Disponível em: <<https://cbv.com.br/pdf/regulamento/prai/guidelines-2020.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.
- COOK, D. B. et al. Functional neuroimaging correlates of mental fatigue induced by cognition among chronic fatigue syndrome patients and controls. **NeuroImage**, v. 36, n. 1, p. 108–22, 15 maio 2007.
- COUTINHO, D. et al. Mental Fatigue and Spatial References Impair Soccer Players' Physical and Tactical Performances. **Frontiers in Psychology**, v. 8, 21 set. 2017.
- COUTINHO, D. et al. Exploring the effects of mental and muscular fatigue in soccer players' performance. **Human Movement Science**, v. 58, p. 287–296, abr. 2018.
- COX, D. L. Chronic Fatigue Syndrome. In: MATTHEWS, G. et al. (Eds.). **The Handbook of Operator Fatigue**. Farnham: Ashgate Publishing Limited, 2012. p. 307–320.
- CRAIG, A. et al. A controlled investigation into the psychological determinants of fatigue. **Biological Psychology**, v. 72, n. 1, p. 78–87, 2006.
- CRAIG, A. et al. Regional brain wave activity changes associated with fatigue. **Psychophysiology**, v. 49, n. 4, p. 574–82, abr. 2012.
- CRAIG, A.; TRAN, Y. The Influence of Fatigue on Brain Activity. In: MATTHEWS, G.; DESMOND, P. A.; HANCOCK, P. A. (Eds.). **The Handbook of Operator Fatigue**. Farnham: Ashgate Publishing Limited, 2012. p. 185–196.
- CULLEN, T. et al. The effects of a single night of complete and partial sleep deprivation on physical and cognitive performance: A Bayesian analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 23, p. 2726–2734, 2 dez. 2019.
- DALLAWAY, N.; LUCAS, S. J. E.; RING, C. Cognitive tasks elicit mental fatigue and impair subsequent physical task endurance: Effects of task duration and type. **Psychophysiology**, n. May, p. 1–13, 21 jun. 2022.
- DANCKERT, J. et al. Boredom: Under-aroused and restless. **Consciousness and Cognition**, v. 61, p. 24–37, maio 2018.

- DE MORREE, H. M.; MARCORA, S. M. Psychobiology of Perceived Effort During Physical Tasks. In: **Handbook of Biobehavioral Approaches to Self-Regulation**. New York, NY: Springer New York, 2015. p. 255–270.
- DELUCA, J. Fatigue, Cognition, and Mental Effort. In: DELUCA, J. (Ed.). **Fatigue as a Window to the Brain**. Londres: MIT Press, 2005. p. 37–58.
- DESMOND, P. A.; MATTHEWS, G. Individual differences in stress and fatigue in two field studies of driving. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 12, n. 4, p. 265–276, jul. 2009.
- DESMOND, P. A.; MATTHEWS, G.; BUSH, J. Individual Differences in Fatigue and Stress States in Two Field Studies of Driving. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, v. 45, n. 23, p. 1571–1575, 5 out. 2001.
- DÍAZ-LEINES, S. et al. Psychoacoustics and Neurophysiological Alterations after 30-36 Hours of Sleep Deprivation. **Neuropsychobiology**, v. 75, n. 2, p. 89–95, 2017.
- DINGES, D. F. et al. Cumulative Sleepiness, Mood Disturbance, and Psychomotor Vigilance Performance Decrements During a Week of Sleep Restricted to 4–5 Hours per Night. **Sleep**, v. 20, n. 4, p. 267–277, 1 abr. 1997.
- DORAN, S. M.; VAN DONGEN, H. P. A.; DINGES, D. F. Sustained attention performance during sleep deprivation: evidence of state instability. **Archives Italiennes de Biologie**, v. 139, n. 3, p. 253–67, abr. 2001.
- DREW, M. et al. Prevalence of illness, poor mental health and sleep quality and low energy availability prior to the 2016 Summer Olympic Games. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 1, p. 47–53, jan. 2018.
- DRILLER, M. W.; MAH, C. D.; HALSON, S. L. Development of the athlete sleep behavior questionnaire: A tool for identifying maladaptive sleep practices in elite athletes. **Sleep Science**, v. 11, n. 1, p. 37–44, 2018.
- DRUMMOND, S. P.; BROWN, G. G. The effects of total sleep deprivation on cerebral responses to cognitive performance. **Neuropsychopharmacology : official publication of the American College of Neuropsychopharmacology**, v. 25, n. 5 Suppl, p. S68-73, nov. 2001.
- DUNCAN, M. J. et al. Mental fatigue negatively influences manual dexterity and anticipation timing but not repeated high-intensity exercise performance in trained adults. **Research in sports medicine (Print)**, v. 23, n. 1, p. 1–13, 2015.
- EDWARDS, B. J.; WATERHOUSE, J. Effects of One Night of Partial Sleep Deprivation upon Diurnal Rhythms of Accuracy and Consistency in Throwing Darts. **Chronobiology International**, v. 26, n. 4, p. 756–768, 7 jan. 2009.
- FARO, H. et al. Sport-based video game causes mental fatigue and impairs visuomotor skill in male basketball players. **International Journal of Sport and Exercise Psychology**, p. 1–15, 9 ago. 2022.
- FILIPAS, L. et al. The effect of mentally demanding cognitive tasks on rowing performance in young athletes. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 39, p. 52–62, nov. 2018.
- FILIPAS, L. et al. Single and Combined Effect of Acute Sleep Restriction and Mental Fatigue on Basketball Free-Throw Performance. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 16, n. 3, p. 415–420, 1 mar. 2021a.
- FILIPAS, L. et al. Effects of mental fatigue on soccer-specific performance in young players. **Science and Medicine in Football**, v. 5, n. 2, p. 150–157, 3 abr. 2021b.

- FORTES, L. DE S. et al. Effect of an eight-week imagery training programme on passing decision-making of young volleyball players. **International journal of sport and exercise psychology**, v. 18, n. 1, p. 120–128, 2 jan. 2020a.
- FORTES, L. S. et al. Effect of exposure time to smartphone apps on passing decision-making in male soccer athletes. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 44, p. 35–41, set. 2019.
- FORTES, L. S. et al. Does Social Media Use on Smartphones Influence Endurance, Power, and Swimming Performance in High-Level Swimmers? **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 93, n. 1, p. 120–129, 2 jan. 2020b.
- FORTES, L. S. et al. The effect of smartphones and playing video games on decision-making in soccer players: A crossover and randomised study. **Journal of Sports Sciences**, v. 38, n. 5, p. 552–558, 3 mar. 2020c.
- FORTES, L. S. et al. Effects of social media on smartphone use before and during velocity-based resistance exercise on cognitive interference control and physiological measures in trained adults. **Applied Neuropsychology: Adult**, p. 1–10, 29 dez. 2020d.
- FORTES, L. S. et al. Effect of mental fatigue on mean propulsive velocity, countermovement jump, and 100-m and 200-m dash performance in male college sprinters. **Applied Neuropsychology:Adult**, 2021a.
- FORTES, L. S. et al. Smartphone Use Among High Level Swimmers Is Associated With Mental Fatigue and Slower 100- and 200- but Not 50-Meter Freestyle Racing. **Perceptual and Motor Skills**, v. 128, n. 1, p. 390–408, fev. 2021b.
- FORTES, L. S. et al. Effects of Mental Fatigue Induced by Social Media Use on Volleyball Decision-Making, Endurance, and Countermovement Jump Performance. **Perceptual and Motor Skills**, v. 128, n. 6, p. 2745–2766, 17 dez. 2021c.
- FORTES, L. S. et al. Effect of mental fatigue on decision-making skill and visual search behaviour in basketball players: an experimental and randomised study. **International Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 0, n. 0, p. 1–20, 31 mar. 2022a.
- FORTES, L. S. et al. Brain Stimulation Over the Motion-Sensitive Midtemporal Area Reduces Deleterious Effects of Mental Fatigue on Perceptual–Cognitive Skills in Basketball Players. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, v. 44, n. 4, p. 272–285, 1 ago. 2022b.
- FRANCO-ALVARENGA, P. E. et al. Caffeine improved cycling trial performance in mentally fatigued cyclists, regardless of alterations in prefrontal cortex activation. **Physiology & behavior**, v. 204, n. December 2018, p. 41–48, 2019.
- FRANK, M. G.; BENINGTON, J. H. The Role of Sleep in Memory Consolidation and Brain Plasticity: Dream or Reality? **The Neuroscientist**, v. 12, n. 6, p. 477–488, 29 dez. 2006.
- FRIEHS, M. A. et al. Perturbation of the right prefrontal cortex disrupts interference control. **NeuroImage**, 2020.
- FRÖBERG, J. E. et al. Circadian rhythms of catecholamine excretion, shooting range performance and self-ratings of fatigue during sleep deprivation. **Biological Psychology**, v. 2, n. 3, p. 175–188, jan. 1975.
- FULLAGAR, H. et al. Sleep and Athletic Performance: The Effects of Sleep Loss on Exercise Performance, and Physiological and Cognitive Responses to Exercise. **Sports Medicine**, v. 45, n. 2, p. 161–186, 15 fev. 2015.
- FULLAGAR, H. et al. Sleep and Sport Performance. **Journal of Clinical Neurophysiology**, 2019.

- GANTOIS, P. et al. Effects of mental fatigue on passing decision-making performance in professional soccer athletes. **European Journal of Sport Science**, v. 20, n. 4, p. 534–543, 20 abr. 2020.
- GATTONI, C. **Mental Fatigue and Sleep Deprivation: Effects, Mechanisms and Countermeasures in Endurance Exercise Performance**. [s.l.] University of Kent, 2019.
- GEVINS, A. S. et al. Effects of prolonged mental work on functional brain topography. **Electroencephalography and clinical neurophysiology**, v. 76, n. 4, p. 339–50, out. 1990.
- GIATSI, G.; TZETZIS, G. Comparison of performance for winning and losing beach volleyball teams on different court dimensions. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 3, n. 1, p. 65–74, 3 abr. 2003.
- GIBOIN, L.-S.; WOLFF, W. The effect of ego depletion or mental fatigue on subsequent physical endurance performance: A meta-analysis. **Performance Enhancement & Health**, v. 7, n. 1–2, p. 100150, set. 2019.
- GOEL, N. et al. Circadian rhythms, sleep deprivation, and human performance. In: **Progress in Molecular Biology and Translational Science**. 1. ed. [s.l.] Elsevier Inc., 2013. v. 119p. 155–190.
- GOH, V. H.-H. et al. Effects of One Night of Sleep Deprivation on Hormone Profiles and Performance Efficiency. **Military Medicine**, v. 166, n. 5, p. 427–431, 1 maio 2001.
- GRAVETTER, F. J.; FORZANO, L.-A. B. **Research Methods for the Behavioral Behavioral Sciences**. 6. ed. Boston, MA: Cengage Learning, 2018.
- GRECO, G. et al. Negative effects of smartphone use on physical and technical performance of young footballers. **Journal of physical education and sport**, v. 17, n. 4, p. 2495–2501, 2017.
- GRGANTOV, Z.; KATIĆ, R.; MARELIĆ, N. Effect of new rules on the correlation between situation parameters and performance in beach volleyball. **Collegium Antropologicum**, v. 29, n. 2, p. 717–22, dez. 2005.
- GRINDEM, H.; MYKLEBUST, G. Be a Champion for Your Athlete's Health. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 50, n. 4, p. 173–175, abr. 2020.
- GRUNDGEIGER, T.; BAYEN, U. J.; HORN, S. S. Effects of sleep deprivation on prospective memory. **Memory**, v. 22, n. 6, p. 679–686, 18 ago. 2014.
- HABAY, J. et al. Mental Fatigue and Sport-Specific Psychomotor Performance: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 51, n. 7, p. 1527–1548, 12 jul. 2021a.
- HABAY, J. et al. Mental Fatigue-Associated Decrease in Table Tennis Performance: Is There an Electrophysiological Signature? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 24, p. 12906, 7 dez. 2021b.
- HAJSALEM, M. et al. Effects of partial sleep deprivation at the end of the night on anaerobic performances in judokas. **Biological Rhythm Research**, v. 44, n. 5, p. 815–821, out. 2013.
- HALSON, S. L.; JULIFF, L. E. Sleep, sport, and the brain. In: **Progress in brain research**. [s.l.] Elsevier B.V., 2017. v. 234p. 13–31.
- HARRISON, Y.; HORNE, J. A. The impact of sleep deprivation on decision making: A review. **Journal of Experimental Psychology: Applied**, v. 6, n. 3, p. 236–249, 2000.
- HEPLER, T. J.; KOVACS, A. J. Influence of acute stress on decision outcomes and heuristics. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 57, n. 3, jan. 2017.

- HEWLETT, S.; DURES, E.; ALMEIDA, C. Measures of fatigue: Bristol Rheumatoid Arthritis Fatigue Multi-Dimensional Questionnaire (BRAFMQ), Bristol Rheumatoid Arthritis Fatigue Numerical Rating Scales (BRAFNRS) for severity, effect, and coping, Chalder Fatigue Questionnaire (CFQ), Checklist. **Arthritis care & research**, v. 63 Suppl 1, n. SUPPL. 11, p. S263-86, nov. 2011.
- HIMASHREE, G.; BANERJEE, P. K.; SELVAMURTHY, W. Sleep and performance--recent trends. **Indian journal of physiology and pharmacology**, v. 46, n. 1, p. 6–24, jan. 2002.
- HOBSON, J. A. Sleep is of the brain, by the brain and for the brain. **Nature**, v. 437, n. 7063, p. 1254–1256, 26 out. 2005.
- HOCKEY, R. **The Psychology of Fatigue**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- HODDES, E. et al. Quantification of Sleepiness: A New Approach. **Psychophysiology**, v. 10, n. 4, p. 431–436, jul. 1973.
- HOLST, S. C. et al. Functional Polymorphisms in Dopaminergic Genes Modulate Neurobehavioral and Neurophysiological Consequences of Sleep Deprivation. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 45982, 10 maio 2017.
- HOPSTAKEN, J. F. et al. A multifaceted investigation of the link between mental fatigue and task disengagement. **Psychophysiology**, v. 52, n. 3, p. 305–15, mar. 2015.
- HUNTER, A.; EASTWOOD, J. D. Does state boredom cause failures of attention? Examining the relations between trait boredom, state boredom, and sustained attention. **Experimental Brain Research**, v. 236, n. 9, p. 2483–2492, 10 set. 2018.
- JACQUET, T. et al. Mental fatigue induced by prolonged motor imagery increases perception of effort and the activity of motor areas. **Neuropsychologia**, v. 150, n. December 2020, p. 107701, jan. 2021a.
- JACQUET, T. et al. Persistence of Mental Fatigue on Motor Control. **Frontiers in Psychology**, v. 11, n. January, 8 jan. 2021b.
- JANJUA, T. et al. Clinical caveat: prior sleep deprivation can affect the MSLT for days. **Sleep Medicine**, v. 4, n. 1, p. 69–72, jan. 2003.
- JARRAYA, S. et al. Effect of time of day and partial sleep deprivation on the reaction time and the attentional capacities of the handball goalkeeper. **Biological Rhythm Research**, v. 45, n. 2, p. 183–191, 4 mar. 2014.
- JARVIS, M. J. Does caffeine intake enhance absolute levels of cognitive performance? **Psychopharmacology**, v. 110, n. 1–2, p. 45–52, jan. 1993.
- JASON, L. A. et al. Differentiating Fatigue in Chronic Fatigue Syndrome and Psychiatric Disorders. In: MATTHEWS, G. et al. (Eds.). **The handbook of operator fatigue**. Farnham: Ashgate Publishing Limited, 2012. p. 297–306.
- JENNEKENS-SCHINKEL, A et al. Reaction time in ambulant multiple sclerosis patients. Part I. Influence of prolonged cognitive effort. **Journal of the neurological sciences**, v. 85, n. 2, p. 173–86, jun. 1988.
- JIMENEZ OLMEDO, J. M. et al. Physiological work areas in professional beach volleyball players during competition matches (Zonas de trabajo en jugadores profesionales de vóley playa: Un caso de estudio). **Retos**, n. 31, p. 94–97, 24 jul. 2016.
- JOHNS, M. W. A New Method for Measuring Daytime Sleepiness: The Epworth Sleepiness Scale. **Sleep**, v. 14, n. 6, p. 540–545, 1 nov. 1991.

- JONES, K.; HARRISON, Y. Frontal lobe function, sleep loss and fragmented sleep. **Sleep Medicine Reviews**, v. 5, n. 6, p. 463–475, dez. 2001.
- JONES, M. J. et al. Evening electronic device use: The effects on alertness, sleep and next-day physical performance in athletes. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 2, p. 162–170, 17 jan. 2018.
- JULIFF, L. E.; HALSON, S. L.; PEIFFER, J. J. Understanding sleep disturbance in athletes prior to important competitions. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 18, n. 1, p. 13–18, jan. 2015.
- KAHN-GREENE, E. T. et al. The effects of sleep deprivation on symptoms of psychopathology in healthy adults. **Sleep Medicine**, v. 8, n. 3, p. 215–221, abr. 2007.
- KAIDA, K. et al. Validation of the Karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables. **Clinical Neurophysiology**, v. 117, n. 7, p. 1574–1581, jul. 2006.
- KÄTHNER, I. et al. Effects of mental workload and fatigue on the P300, alpha and theta band power during operation of an ERP (P300) brain–computer interface. **Biological Psychology**, v. 102, p. 118–129, out. 2014.
- KLOSTERMANN, A. et al. Perceptual Training in Beach Volleyball Defence: Different Effects of Gaze-Path Cueing on Gaze and Decision-Making. **Frontiers in Psychology**, v. 6, n. DEC, p. 1–13, 1 dez. 2015.
- KLUMPERS, U. M. H. et al. Neurophysiological Effects of Sleep Deprivation in Healthy Adults, a Pilot Study. **PLOS ONE**, v. 10, n. 1, p. e0116906, 21 jan. 2015.
- KOCH, C.; TILP, M. Beach volleyball techniques and tactics: A comparison of male and female playing characteristics. **Kinesiology**, v. 41, n. 1, p. 52–59, 2009.
- KÖLLING, S. et al. Sleep-Related Issues for Recovery and Performance in Athletes. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 2, p. 144–148, fev. 2019.
- KOSACK, M. H. et al. The Acute Effect of Mental Fatigue on Badminton Performance in Elite Players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 15, n. 5, p. 632–638, 1 maio 2020.
- KREUTZMANN, J. C. et al. Sleep deprivation and hippocampal vulnerability: changes in neuronal plasticity, neurogenesis and cognitive function. **Neuroscience**, v. 309, p. 173–190, nov. 2015.
- KÜNZELL, S. et al. Effectiveness of the Call in Beach Volleyball Attacking Play. **Journal of Human Kinetics**, v. 44, n. 1, p. 183–191, 1 dez. 2014.
- LAL, S. K. L.; CRAIG, A. Electroencephalography activity associated with driver fatigue: Implications for a fatigue countermeasure device. **Journal of psychophysiology**, v. 15, n. 3, p. 183–189, 2001.
- LAL, S. K. L.; CRAIG, A. Driver fatigue: electroencephalography and psychological assessment. **Psychophysiology**, v. 39, n. 3, p. 313–21, maio 2002.
- LASTELLA, M. et al. The Chronotype of Elite Athletes. **Journal of Human Kinetics**, v. 54, n. 1, p. 219–225, 1 dez. 2016.
- LÉGER, D. et al. Sleep management and the performance of eight sailors in the Tour de France à la voile yacht race. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 1, p. 21–28, jan. 2008.
- LI, G. et al. Effects of Mental Fatigue on Small-World Brain Functional Network Organization.

**Neural Plasticity**, v. 2019, p. 1–10, 6 dez. 2019.

LIM, J.; DINGES, D. F. A meta-analysis of the impact of short-term sleep deprivation on cognitive variables. **Psychological Bulletin**, v. 136, n. 3, p. 375–389, maio 2010.

LIMA-JUNIOR, D. DE et al. Effects of smartphone use before resistance exercise on inhibitory control, heart rate variability, and countermovement jump. **Applied Neuropsychology: Adult**, p. 1–8, 8 nov. 2021.

LORIST, M. M. et al. Mental fatigue and task control: Planning and preparation. **Psychophysiology**, v. 37, n. 5, p. 614–625, set. 2000.

LORIST, M. M.; BOKSEM, M. A. S.; RIDDERINKHOF, K. R. Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. **Brain research. Cognitive brain research**, v. 24, n. 2, p. 199–205, jul. 2005.

LOWE, C. J.; SAFATI, A.; HALL, P. A. The neurocognitive consequences of sleep restriction: A meta-analytic review. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 80, p. 586–604, set. 2017.

LUNA, B.; PADMANABHAN, A.; O'HEARN, K. **What has fMRI told us about the Development of Cognitive Control through Adolescence? Brain and Cognition**, 2010.

MA, J. et al. Effects of sleep deprivation on human postural control, subjective fatigue assessment and psychomotor performance. **The Journal of international medical research**, v. 37, n. 5, p. 1311–20, 2009.

MACMAHON, C. et al. Cognitive fatigue effects on physical performance during running. **Journal of sport & exercise psychology**, v. 36, n. 4, p. 375–81, ago. 2014.

MAGALHÃES, J. et al. Physiological and neuromuscular impact of beach-volleyball with reference to fatigue and recovery. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 51, n. 1, p. 66–73, 2011.

MAH, C. D. et al. Sleep restriction impairs maximal jump performance and joint coordination in elite athletes. **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 17, p. 1981–1988, 2 set. 2019.

MALIK, S. W.; KAPLAN, J. Sleep Deprivation. **Primary Care: Clinics in Office Practice**, v. 32, n. 2, p. 475–490, jun. 2005.

MARCORA, S. M. Do we really need a central governor to explain brain regulation of exercise performance? **European Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 5, p. 929–931, 10 nov. 2008.

MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 106, n. 3, p. 857–64, mar. 2009.

MARTIN, B. J. Effect of sleep deprivation on tolerance of prolonged exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, 1981.

MARTIN, B. J.; CHEN, H. I. Sleep loss and the sympathoadrenal response to exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 16, n. 1, p. 56–9, jan. 1984.

MARTIN, K. et al. Mental fatigue does not affect maximal anaerobic exercise performance. **European journal of applied physiology**, v. 115, n. 4, p. 715–25, abr. 2015.

MARTIN, K. et al. Superior inhibitory control and resistance to mental fatigue in professional road cyclists. **PLoS ONE**, 2016.

MARTIN, K. et al. Mental Fatigue Impairs Endurance Performance: A Physiological

- Explanation. **Sports Medicine**, v. 48, n. 9, p. 2041–2051, 19 set. 2018.
- MATTHEWS, G. et al. **The handbook of operator fatigue**. Farnham: Ashgate Publishing Limited, 2012.
- MAVJEE, V.; HOME, J. A. Boredom effects on sleepiness/alertness in the early afternoon vs. early evening and interactions with warm ambient temperature. **British Journal of Psychology**, 1994.
- MAZZA, S.; BASTUJI, H.; REY, A. E. Objective and Subjective Assessments of Sleep in Children: Comparison of Actigraphy, Sleep Diary Completed by Children and Parents' Estimation. **Frontiers in Psychiatry**, v. 11, p. 495, 10 jun. 2020.
- MCCALL, W. V. et al. Subjective estimates of sleep differ from polysomnographic measurements in obstructive sleep apnea patients. **Sleep**, 1995.
- MCCANN, U. D. et al. Sleep deprivation and impaired cognition. Possible role of brain catecholamines. **Biological psychiatry**, v. 31, n. 11, p. 1082–97, 1 jun. 1992.
- MCCARLEY, R. W. Neurobiology of REM and NREM sleep. **Sleep Medicine**, v. 8, n. 4, p. 302–330, jun. 2007.
- MCCORMICK, A.; MEIJEN, C.; MARCORA, S. Psychological Determinants of Whole-Body Endurance Performance. **Sports Medicine**, v. 45, n. 7, p. 997–1015, 15 jul. 2015.
- MCCORMICK, F. et al. Surgeon fatigue: a prospective analysis of the incidence, risk, and intervals of predicted fatigue-related impairment in residents. **Archives of surgery (Chicago, Ill. : 1960)**, v. 147, n. 5, p. 430–5, 1 maio 2012.
- MCKAY, A. K. A. et al. Defining Training and Performance Caliber: A Participant Classification Framework. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 17, n. 2, p. 317–331, 1 fev. 2022.
- MCMORRIS, T. et al. Cognitive fatigue effects on physical performance: A systematic review and meta-analysis. **Physiology & behavior**, v. 188, n. November 2017, p. 103–107, 2018.
- MEDEIROS, A. et al. Physical and temporal characteristics of Under 19, Under 21 and senior male beach volleyball players. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 13, n. 3, p. 658–665, 2014.
- MEDEIROS, A. I. A. et al. Performance differences between winning and losing under-19, under-21 and senior teams in men's beach volleyball. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 17, n. 1–2, p. 96–108, 4 mar. 2017.
- MEEUSEN, R.; ROELANDS, B.; SPRIET, L. L. Caffeine, Exercise and the Brain. In: **Nestle Nutrition Institute Workshop Series**. [s.l: s.n.]. p. 1–12.
- MEEUSEN, R.; VAN CUTSEM, J.; ROELANDS, B. Endurance exercise-induced and mental fatigue and the brain. **Experimental physiology**, v. 3189, 16 mar. 2020.
- MEJRI, M. A. et al. Effect of two types of partial sleep deprivation on Taekwondo players' performance during intermittent exercise. **Biological Rhythm Research**, v. 45, n. 1, p. 17–26, 2 jan. 2014.
- MENEY, I. et al. The Effect of One Night's Sleep Deprivation on Temperature, Mood, and Physical Performance in Subjects with Different Amounts of Habitual Physical Activity. **Chronobiology International**, v. 15, n. 4, p. 349–363, 7 jan. 1998.
- MILYAVSKAYA, M. et al. More Effort, Less Fatigue: The Role of Interest in Increasing Effort and Reducing Mental Fatigue. **Frontiers in Psychology**, 2021.

- MOREIRA, A. et al. Mental fatigue impairs technical performance and alters neuroendocrine and autonomic responses in elite young basketball players. **Physiology & Behavior**, v. 196, p. 112–118, nov. 2018.
- MORENO, M. P. et al. An Intervention Based on Video Feedback and Questioning to Improve Tactical Knowledge in Expert Female Volleyball Players. **Perceptual and motor skills**, v. 122, n. 3, p. 911–32, jun. 2016.
- MOUGIN, F. et al. Effects of sleep disturbances on subsequent physical performance. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, 1991.
- MOUGIN, F. et al. Effects of a Selective Sleep Deprivation on Subsequent Anaerobic Performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 17, n. 02, p. 115–119, 9 fev. 1996.
- MOUGIN, F. et al. Hormonal responses to exercise after partial sleep deprivation and after a hypnotic drug-induced sleep. **Journal of Sports Sciences**, v. 19, n. 2, p. 89–97, jan. 2001.
- MYERS, S.; PUGSLEY, T. A. Decrease in rat striatal dopamine synthesis and metabolism in vivo by metabolically stable adenosine receptor agonists. **Brain Research**, 1986.
- NATALI, S. et al. Physical and technical demands of elite beach volleyball according to playing position and gender. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 59, n. 1, dez. 2018.
- NÉDÉLEC, M. et al. Sleep Hygiene and Recovery Strategies in Elite Soccer Players. **Sports Medicine**, v. 45, n. 11, p. 1547–1559, 15 nov. 2015.
- NEU, D.; LINKOWSKI, P.; LE BON, O. Clinical complaints of daytime sleepiness and fatigue: how to distinguish and treat them, especially when they become “excessive” or “chronic”? **Acta neurologica Belgica**, v. 110, n. 1, p. 15–25, mar. 2010.
- NORTON, A. et al. Are there pre-existing neural, cognitive, or motoric markers for musical ability? **Brain and Cognition**, 2005.
- NUNES, R. F. H. et al. Match analysis and heart rate of top-level female beach volleyball players during international and national competitions. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 60, n. 2, p. 189–197, mar. 2020.
- OISHI, Y. et al. Slow-wave sleep is controlled by a subset of nucleus accumbens core neurons in mice. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, p. 734, 29 dez. 2017.
- OLIVER, S. J. et al. One night of sleep deprivation decreases treadmill endurance performance. **European Journal of Applied Physiology**, 2009.
- OTMANI, S. et al. Effect of driving duration and partial sleep deprivation on subsequent alertness and performance of car drivers. **Physiology & Behavior**, v. 84, n. 5, p. 715–724, abr. 2005.
- OWENS, J. A. Sleep loss and fatigue in healthcare professionals. **Journal of Perinatal and Neonatal Nursing**, v. 21, n. 2, p. 92–100, 2007.
- PAGEAUX, B. et al. Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 5, p. 1095–1105, 15 maio 2014.
- PAGEAUX, B. et al. Mental fatigue induced by prolonged self-regulation does not exacerbate central fatigue during subsequent whole-body endurance exercise. **Frontiers in human neuroscience**, v. 9, n. FEB, p. 67, 25 fev. 2015.
- PAGEAUX, B.; LEPERS, R. The effects of mental fatigue on sport-related performance. In:

- Progress in Brain Research**. 1. ed. [s.l.] Elsevier B.V., 2018. v. 240p. 291–315.
- PAGEAUX, B.; MARCORA, S. M.; LEPERS, R. Prolonged mental exertion does not alter neuromuscular function of the knee extensors. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 45, n. 12, p. 2254–64, dez. 2013.
- PAL, N. R. et al. EEG-Based Subject- and Session-independent Drowsiness Detection: An Unsupervised Approach. **EURASIP Journal on Advances in Signal Processing**, v. 2008, n. 1, p. 519480, 4 dez. 2008.
- PALAO, J. M.; GUTIÉRREZ, D.; FRIDERES, J. E. Height, weight, body mass index, and age in beach volleyball players in relation to level and position. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 48, n. 4, p. 466–71, 2008.
- PALAO, J. M.; SANTOS, J. A.; UREÑA, A. Effect of team level on skill performance in volleyball. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 4, n. 2, p. 50–60, 3 dez. 2004.
- PALLESEN, S. et al. The Effects of Sleep Deprivation on Soccer Skills. **Perceptual and Motor Skills**, v. 124, n. 4, p. 812–829, 9 ago. 2017.
- PAPADELIS, C. et al. Indicators of sleepiness in an ambulatory EEG study of night driving. **Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference**, v. 2006, n. June 2014, p. 6201–4, 2006.
- PÉREZ-TURPIN, J. A. et al. Performance Indicators in Young Elite Beach Volleyball Players. **Frontiers in Psychology**, v. 10, n. December, 12 dez. 2019.
- PIRES, F. O. et al. Mental Fatigue Alters Cortical Activation and Psychological Responses, Impairing Performance in a Distance-Based Cycling Trial. **Frontiers in physiology**, v. 9, n. MAR, p. 227, 2018.
- PORKKA-HEISKANEN, T. Adenosine: A Mediator of the Sleep-Inducing Effects of Prolonged Wakefulness. **Science**, v. 276, n. 5316, p. 1265–1268, 23 maio 1997.
- PORKKA-HEISKANEN, T. Adenosine in sleep and wakefulness. **Annals of Medicine**, v. 31, n. 2, p. 125–129, 8 jan. 1999.
- PORKKA-HEISKANEN, T. et al. Adenosine and sleep. **Sleep Medicine Reviews**, v. 6, n. 4, p. 321–332, jul. 2002.
- PRICE, D. D. et al. The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. **Pain**, v. 17, n. 1, p. 45–56, set. 1983.
- PUNJABI, N. M.; BANDEEN-ROCHE, K.; YOUNG, T. Predictors of Objective Sleep Tendency in the General Population. **Sleep**, v. 26, n. 6, p. 678–683, 1 set. 2003.
- QUEIROS, V. S. DE et al. Mental Fatigue Reduces Training Volume in Resistance Exercise: A Cross-Over and Randomized Study. **Perceptual and Motor Skills**, v. 128, n. 1, p. 409–423, 2021.
- REARDON, C. L. et al. Mental health in elite athletes: International Olympic Committee consensus statement (2019). **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 11, p. 667–699, 16 jun. 2019.
- REILLY, T. Human circadian rhythms and exercise. **Critical reviews in biomedical engineering**, v. 18, n. 3, p. 165–180, 1990.
- REILLY, T.; DEYKIN, T. Effects of partial sleep loss on subjective states, psychomotor and

physical performance tests. **Journal of Human Movement Studies**, v. 9, n. 4, p. 157–170, 1983.

REILLY, T.; PIERCY, M. The effect of partial sleep deprivation on weight-lifting performance. **Ergonomics**, v. 37, n. 1, p. 107–115, jan. 1994.

REVERBERI, E. et al. Youth Football Players' Psychological Well-Being: The Key Role of Relationships. **Frontiers in Psychology**, v. 11, 10 nov. 2020.

REYNER, L. A.; HORNE, J. A. Sleep restriction and serving accuracy in performance tennis players, and effects of caffeine. **Physiology & Behavior**, v. 120, p. 93–96, ago. 2013.

ROBERTS, S. S. H. et al. Extended Sleep Maintains Endurance Performance Better than Normal or Restricted Sleep. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 51, n. 12, p. 2516–2523, dez. 2019.

ROBERTS, S. S. H.; TEO, W.-P.; WARMINGTON, S. A. Effects of training and competition on the sleep of elite athletes: a systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 8, p. 513–522, abr. 2019.

ROMDHANI, M. et al. Sleep deprivation affects post-lunch dip performances, biomarkers of muscle damage and antioxidant status. **Biology of Sport**, v. 36, n. 1, p. 55–65, 2019.

ROMINE, C. B.; REYNOLDS, C. R. **A model of the development of frontal lobe functioning: Findings from a meta-analysis**. **Applied Neuropsychology**, 2005.

RUBIA, K. et al. Progressive increase of frontostriatal brain activation from childhood to adulthood during event-related tasks of cognitive control. **Human Brain Mapping**, 2006.

SADEH, A. et al. The role of actigraphy in the evaluation of sleep disorders. **Sleep**, 1995.

SADEH, A. The role and validity of actigraphy in sleep medicine: an update. **Sleep medicine reviews**, v. 15, n. 4, p. 259–67, ago. 2011.

SCHWEIMER, J.; HAUBER, W. Dopamine D1 receptors in the anterior cingulate cortex regulate effort-based decision making. **Learning & Memory**, v. 13, n. 6, p. 777–782, 1 nov. 2006.

SCOTT, M. T. U.; SCOTT, T. J.; KELLY, V. G. The Validity and Reliability of Global Positioning Systems in Team Sport. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1470–1490, maio 2016.

SHAABANI, F. et al. Does a brief mindfulness intervention counteract the detrimental effects of ego depletion in basketball free throw under pressure? **Sport, Exercise, and Performance Psychology**, v. 9, n. 2, p. 197–215, maio 2020.

SHAHID, A. et al. Karolinska Sleepiness Scale (KSS). In: SHAHID, A. et al. (Eds.). **STOP, THAT and One Hundred Other Sleep Scales**. New York, NY: Springer New York, 2012. p. 209–210.

SHEN, J.; BARBERA, J.; SHAPIRO, C. M. Distinguishing sleepiness and fatigue: focus on definition and measurement. **Sleep medicine reviews**, v. 10, n. 1, p. 63–76, fev. 2006.

SHEN, K.-Q. et al. EEG-based mental fatigue measurement using multi-class support vector machines with confidence estimate. **Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology**, v. 119, n. 7, p. 1524–33, jul. 2008.

SILVA-CAVALCANTE, M. D. et al. Mental fatigue does not alter performance or neuromuscular fatigue development during self-paced exercise in recreationally trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 11, p. 2477–2487, 28 nov. 2018.

- SINNERTON, S.; REILLY, T. **Effects of Sleep Loss and Time of Day in Swimmers. Biomechanics and medicine in swimming: swimming science VI**, 1992.
- SKEIN, M. et al. Intermittent-Sprint Performance and Muscle Glycogen after 30 h of Sleep Deprivation. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1301–1311, jul. 2011.
- SKEIN, M. et al. The effect of overnight sleep deprivation after competitive rugby league matches on postmatch physiological and perceptual recovery. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 2013.
- SKURVYDAS, A. et al. One night of sleep deprivation impairs executive function but does not affect psychomotor or motor performance. **Biology of sport**, v. 37, n. 1, p. 7–14, mar. 2020.
- SMITH, M. R. et al. Mental Fatigue Impairs Soccer-Specific Physical and Technical Performance. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 48, n. 2, p. 267–76, fev. 2016a.
- SMITH, M. R. et al. Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 14, p. 1297–1304, 17 jul. 2016b.
- SMITH, M. R. et al. Impact of mental fatigue on speed and accuracy components of soccer-specific skills. **Science and Medicine in Football**, v. 1, n. 1, p. 48–52, 2 jan. 2017.
- SMITH, M. R. et al. Mental Fatigue and Soccer: Current Knowledge and Future Directions. **Sports Medicine**, v. 48, n. 7, p. 1525–1532, 5 jul. 2018.
- SMITH, M. R. et al. Comparing the Effects of Three Cognitive Tasks on Indicators of Mental Fatigue. **The Journal of psychology**, v. 153, n. 8, p. 759–783, 2019.
- SMITH, M. R.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Mental Fatigue Impairs Intermittent Running Performance. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 47, n. 8, p. 1682–90, ago. 2015.
- SMITHIES, T. D. et al. The effect of sleep restriction on cognitive performance in elite cognitive performers: a systematic review. **Sleep**, v. 44, n. 7, p. 1–15, 9 jul. 2021.
- SOUISSI, N. et al. Effects of one night's sleep deprivation on anaerobic performance the following day. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 3, p. 359–366, maio 2003.
- SOUISSI, N. et al. Effect of time of day and partial sleep deprivation on short-term, high-power output. **Chronobiology International**, 2008.
- SOUISSI, N. et al. Effects of Time-of-Day and Partial Sleep Deprivation on Short-Term Maximal Performances of Judo Competitors. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 9, p. 2473–2480, set. 2013.
- SOUISSI, W. et al. Partial sleep deprivation affects endurance performance and psychophysiological responses during 12-minute self-paced running exercise. **Physiology and Behavior**, v. 227, 2020.
- STENBERG, D.; PORKKA-HEISKANEN, T. Adenosine and sleep–wake regulation. In: MONTI, J.; PANDI-PERUMAL, S. R.; SINTON, C. M. (Eds.). **Neurochemistry of Sleep and Wakefulness**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. p. 337–362.
- STEPAN, M. E.; ALTMANN, E. M.; FENN, K. M. Effects of total sleep deprivation on procedural placekeeping: More than just lapses of attention. **Journal of experimental psychology. General**, v. 149, n. 4, p. 800–806, abr. 2020.
- STRIJKSTRA, A. M. et al. Subjective sleepiness correlates negatively with global alpha (8-12 Hz) and positively with central frontal theta (4-8 Hz) frequencies in the human resting awake electroencephalogram. **Neuroscience letters**, v. 340, n. 1, p. 17–20, 3 abr. 2003.

- STROOP, J. R. Studies of interference in serial verbal reactions. **Journal of Experimental Psychology**, v. 18, n. 6, p. 643–662, 1935.
- SYMONS, J. D.; VANHELDER, T.; MYLES, W. S. Physical performance and physiological responses following 60 hours of sleep deprivation. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 20, n. 4, p. 374–380, ago. 1988.
- TABER, K. H.; HURLEY, R. A. Functional Neuroanatomy of Sleep and Sleep Deprivation. **The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences**, v. 18, n. 1, p. 1–5, fev. 2006.
- TAHERI, M.; ARABAMERI, E. The effect of sleep deprivation on choice Reaction time and anaerobic power of college student athletes. **Asian Journal of Sports Medicine**, 2012.
- TAKEUCHI, L. et al. Sleep deprivation, chronic exercise and muscular performance. **Ergonomics**, v. 28, n. 3, p. 591–601, 31 mar. 1985.
- THOMAS, M. et al. Neural basis of alertness and cognitive performance impairments during sleepiness. I. Effects of 24 h of sleep deprivation on waking human regional brain activity. **Journal of Sleep Research**, v. 9, n. 4, p. 335–352, 18 dez. 2000.
- THOMAS, M. et al. Neural basis of alertness and cognitive performance impairments during sleepiness II. Effects of 48 and 72 h of sleep deprivation on waking human regional brain activity. **Thalamus & Related Systems**, v. 2, n. 3, p. 199–229, ago. 2003.
- THOMPSON, C. et al. Understanding the influence of a cognitively demanding task on motor response times and subjective mental fatigue/boredom. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 14, n. 01, p. 33–45, 1 abr. 2020.
- TRECROCI, A. et al. Mental fatigue impairs physical activity, technical and decision-making performance during small-sided games. **PLOS ONE**, v. 15, n. 9, p. e0238461, 9 set. 2020.
- TREJO, L. J. et al. EEG-Based Estimation and Classification of Mental Fatigue. **Psychology**, v. 06, n. 05, p. 572–589, 2015.
- TREMAINE, R. B.; DORRIAN, J.; BLUNDEN, S. Subjective and objective sleep in children and adolescents: Measurement, age, and gender differences. **Sleep and Biological Rhythms**, v. 8, n. 4, p. 229–238, out. 2010.
- TURPIN, J. P. A. et al. Analysis of jump patterns in competition for elite male Beach Volleyball players. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 8, n. 2, p. 94–101, 3 jul. 2008.
- TYAGI, O.; MEHTA, R. K. A Methodological Framework to Capture Neuromuscular Fatigue Mechanisms Under Stress. **Frontiers in Neuroergonomics**, 2021.
- VAN CUTSEM, J. et al. Effects of Mental Fatigue on Endurance Performance in the Heat. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 49, n. 8, p. 1677–1687, 2017a.
- VAN CUTSEM, J. et al. The Effects of Mental Fatigue on Physical Performance: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 47, n. 8, p. 1569–1588, 2 ago. 2017b.
- VAN CUTSEM, J. et al. Mental fatigue impairs visuomotor response time in badminton players and controls. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 45, p. 101579, nov. 2019.
- VAN CUTSEM, J. et al. Can Creatine Combat the Mental Fatigue-associated Decrease in Visuomotor Skills? **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 52, n. 1, p. 120–130, jan. 2020.
- VAN DER LINDEN, D.; ELING, P. Mental fatigue disturbs local processing more than global processing. **Psychological research**, v. 70, n. 5, p. 395–402, set. 2006.

- VAN DONGEN, H. P. A. et al. The Cumulative Cost of Additional Wakefulness: Dose-Response Effects on Neurobehavioral Functions and Sleep Physiology From Chronic Sleep Restriction and Total Sleep Deprivation. **Sleep**, v. 26, n. 2, p. 117–126, 1 mar. 2003.
- VANHELDER, T.; RADOMSKI, M. W. Sleep deprivation and the effect on exercise performance. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 7, n. 4, p. 235–47, abr. 1989.
- VENESS, D. et al. The effects of mental fatigue on cricket-relevant performance among elite players. **Journal of sports sciences**, v. 35, n. 24, p. 2461–2467, dez. 2017.
- VGONTZAS, A. N. et al. Adverse Effects of Modest Sleep Restriction on Sleepiness, Performance, and Inflammatory Cytokines. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 89, n. 5, p. 2119–2126, maio 2004.
- VOGT, T. et al. Football practice with youth players in the “Footbonaut”: Speed of action and ball control in face of physical and mental strain. **German Journal of Exercise and Sport Research**, v. 48, n. 3, p. 341–348, 23 set. 2018.
- VRIJKOTTE, S. et al. Mental fatigue and physical and cognitive performance during a 2-bout exercise test. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 2018.
- WALSH, N. P. et al. Sleep and the athlete: narrative review and 2021 expert consensus recommendations. **British Journal of Sports Medicine**, v. 55, n. 7, p. 356–368, 3 abr. 2021.
- WANG, C. et al. Compensatory Neural Activity in Response to Cognitive Fatigue. **The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience**, v. 36, n. 14, p. 3919–24, 6 abr. 2016.
- WASCHER, E. et al. Frontal theta activity reflects distinct aspects of mental fatigue. **Biological psychology**, v. 96, n. 1, p. 57–65, fev. 2014.
- WATSON, A. M. Sleep and Athletic Performance. **Current Sports Medicine Reports**, v. 16, n. 6, p. 413–418, 2017.
- WEERAKKODY, N. S. et al. The effect of mental fatigue on the performance of Australian football specific skills amongst amateur athletes. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 24, n. 6, p. 592–596, jun. 2021.
- WEWERS, M. E.; LOWE, N. K. A critical review of visual analogue scales in the measurement of clinical phenomena. **Research in Nursing & Health**, 1990.
- WIEHLER, A. et al. A neuro-metabolic account of why daylong cognitive work alters the control of economic decisions. **Current Biology**, v. 32, n. 16, p. 3564–3575.e5, ago. 2022.
- WIJESURIYA, N.; TRAN, Y.; CRAIG, A. The psychophysiological determinants of fatigue. **International journal of psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology**, v. 63, n. 1, p. 77–86, jan. 2007.
- YIANNIS, L. Comparison of the basic characteristics of men’s and women’s beach volley from the Athens 2004 Olympics. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 8, n. 3, p. 130–137, 10 nov. 2008.
- ZOU, D. et al. Sleep disordered breathing in the elderly. **Sleep**, v. 14, n. 3, p. 1–8, 1 jan. 2014.

## 9. ANEXOS

### 9.1. Anexo 1: Aprovação do projeto de tese no CEP

CENTRO DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA -  
CCS/UEPB



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Efeito agudo da privação parcial do sono conjugada à fadiga mental sobre o desempenho tático-técnico, físico e percepto-cognitivo de praticantes de voleibol de praia: um estudo randomizado cruzado

**Pesquisador:** BRUNO TEIXEIRA BARBOSA

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 52235421.3.0000.5188

**Instituição Proponente:** Centro De Ciências da Saúde

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.053.948

##### Apresentação do Projeto:

Efeito agudo da privação parcial do sono conjugada à fadiga mental sobre o desempenho tático-técnico, físico e percepto-cognitivo de praticantes de voleibol de praia: um estudo randomizado cruzado

O presente estudo é agudo de medidas repetidas, do tipo experimental, cruzado e randomizado, adotando washout de 72 horas.

##### Objetivo da Pesquisa:

Analisar o efeito agudo da PPS conjugada à FM sobre o desempenho tático-técnico, físico e percepto-cognitivo em praticantes de voleibol de praia

##### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo com os autores.

Os riscos, apesar de controlados e monitorados pelo pesquisador responsável da pesquisa, envolvem eventual cansaço no dia após as condições com privação de sono e fadiga mental, além de uma eventual fadiga muscular após a realização dos testes físicos e técnico-táticos; entretanto, dada a população ser experiente na modalidade esportiva proposta neste estudo e já ser fisicamente ativa, tais riscos à estrutura física dos voluntários serão atenuados.

Endereço: Prédio da Reitoria da UFPB 4 1º Andar  
Bairro: Cidade Universitária CEP: 58.051-900  
UF: PB Município: JOAO PESSOA  
Telefone: (83)3216-7791 Fax: (83)3216-7791 E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA -  
CCS/UFPB



Continuação do Parecer: 5.053.948

Os benefícios.

Essa pesquisa poderá nortear futuras ações de treinadores de voleibol de praia na medida que se tornará imperativa a conscientização quanto ao sono bem dormido e com tempo de duração adequado (8hrs ou mais) e ao uso de ferramentas que possam eventualmente fadigar os atletas mentalmente antes de partidas ou de sessões de treinamento.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa esta estruturada apta a seguir.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

OS TERMOS FORAM APRESENTADOS.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

NÃO houve pendências.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa. Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1831870.pdf	30/09/2021 15:44:54		Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRostoAssinada.pdf	30/09/2021 15:44:10	BRUNO TEIXEIRA BARBOSA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Certidao_DEF.pdf	29/09/2021 22:44:29	BRUNO TEIXEIRA BARBOSA	Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	29/09/2021 22:42:44	BRUNO TEIXEIRA BARBOSA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento /	Tale.docx	24/09/2021 11:55:05	BRUNO TEIXEIRA BARBOSA	Aceito

**Endereço:** Prédio da Reitoria da UFPB 1º Andar  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900  
**UF:** PB **Município:** JOAO PESSOA  
**Telefone:** (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA -  
CCS/UFPB



Continuação do Parecer: 5.053.948

Justificativa de Ausência	Tale.docx	24/09/2021 11:55:05	BRUNO TEIXEIRA BARBOSA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Tcle.docx	24/09/2021 11:54:55	BRUNO TEIXEIRA BARBOSA	Aceito
Outros	Eva.docx	24/09/2021 11:54:43	BRUNO TEIXEIRA BARBOSA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_compromisso_pesquisador.docx	24/09/2021 11:43:49	BRUNO TEIXEIRA BARBOSA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_brochura_detalhado.docx	24/09/2021 11:26:45	BRUNO TEIXEIRA BARBOSA	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

JOAO PESSOA, 22 de Outubro de 2021

---

**Assinado por:**  
**Eliane Marques Duarte de Sousa**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Prédio da Reitoria da UFPB 1º Andar  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900  
**UF:** PB **Município:** JOAO PESSOA  
**Telefone:** (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

## **10. APÊNDICES**

### **10.1. Apêndice 1: Análise bibliométrica para composição da banca**

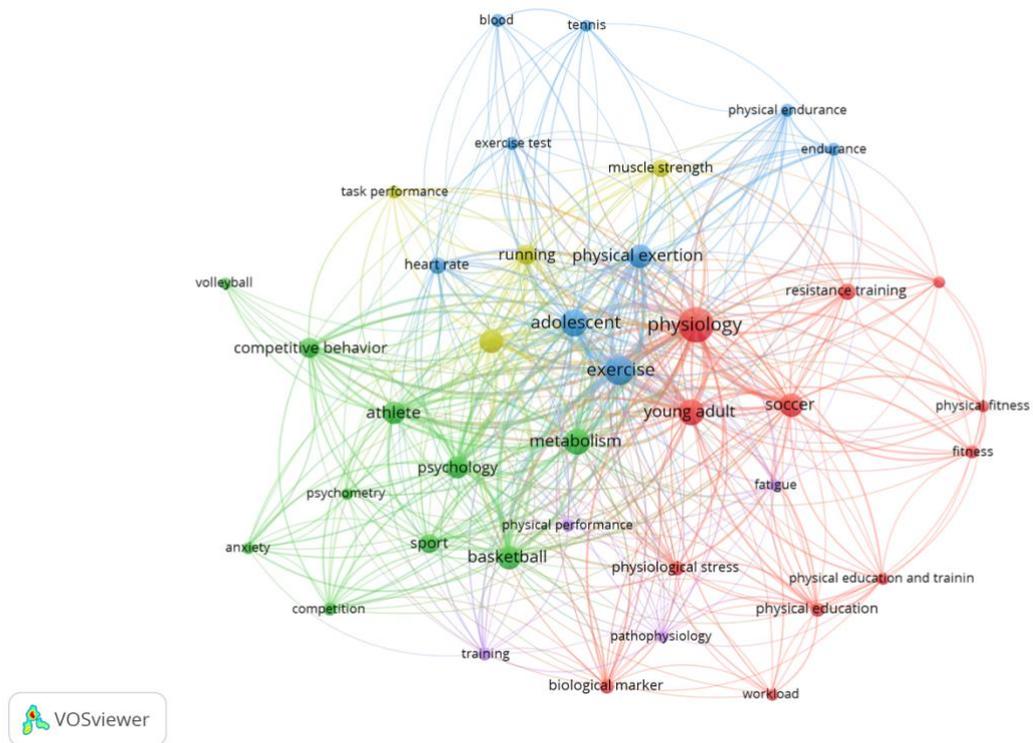
A escolha dos membros que compõem uma banca de tese de doutorado é sempre um momento que requer análise e discussão entre orientando e orientador para que as melhores escolhas sejam feitas. Pensando nisso, uma análise bibliométrica foi realizada a fim de que tenhamos uma banca qualificada, com atuação robusta nas linhas de discussão que este projeto de tese de doutorado se dispõe a abordar, com forte potencial de colaborar nas produções científicas frutos deste projeto e capaz de internacionalizar seus resultados.

Para tanto, a análise bibliométrica foi realizada pelo software VOSviewer, versão 1.6.16, e os dados foram obtidos na base de dados Scopus. Os nomes para composição da banca de qualificação desta tese de doutorado discutidos entre o orientando e o orientador foram buscados no Scopus, posteriormente toda a produção intelectual foi exportada em formato “.csv”; desta produção intelectual, as informações de citação, bibliografia, resumo e palavras-chave foram agrupadas para posterior análise.

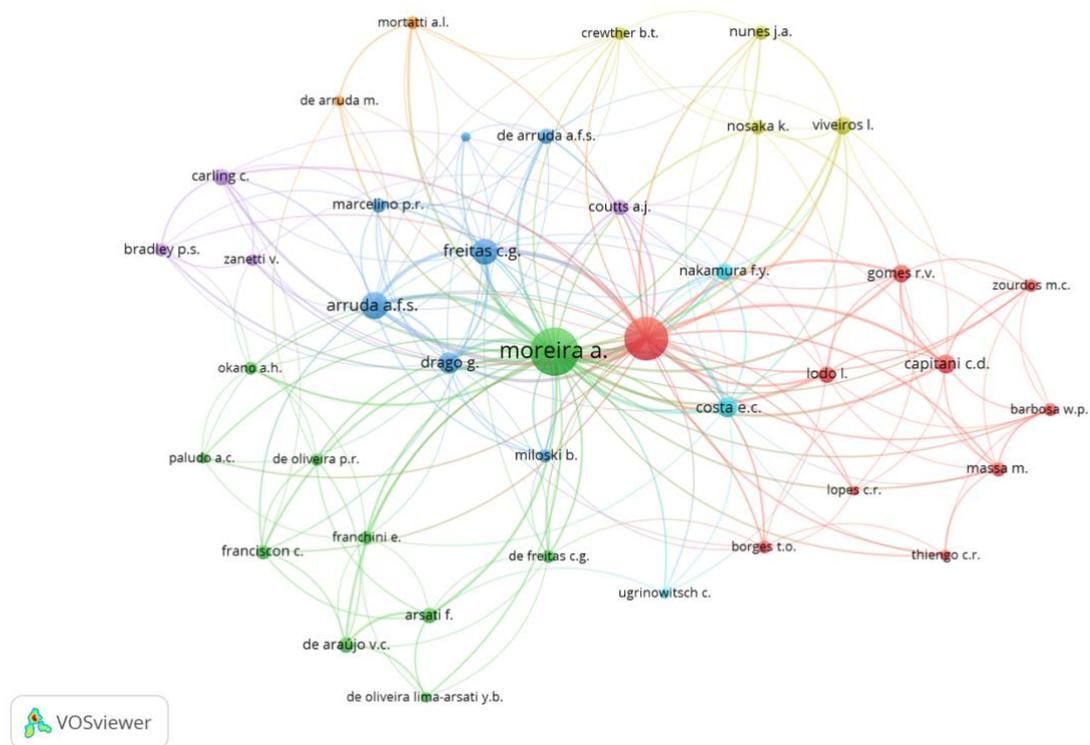
De posse desses dados, o arquivo foi inserido no software VOSviewer e três análises foram realizadas tomando como base os membros para composição da banca: i) a quantidade de ocorrências das palavras-chave nos artigos científicos publicados, ii) os autores/coautores que já colaboraram em artigos científicos (a rede de colaboração) e iii) os países com os quais há colaboração científica. As figuras apresentadas ao longo deste apêndice representam os resultados das análises.

Não resta dúvida, portanto, que os nomes escolhidos para esta banca de qualificação de tese de doutorado representam os pesquisadores que consideramos mais apropriados para as temáticas objeto de discussão deste documento; por isso, nosso agradecimento pelo tempo dedicado à apreciação do projeto.

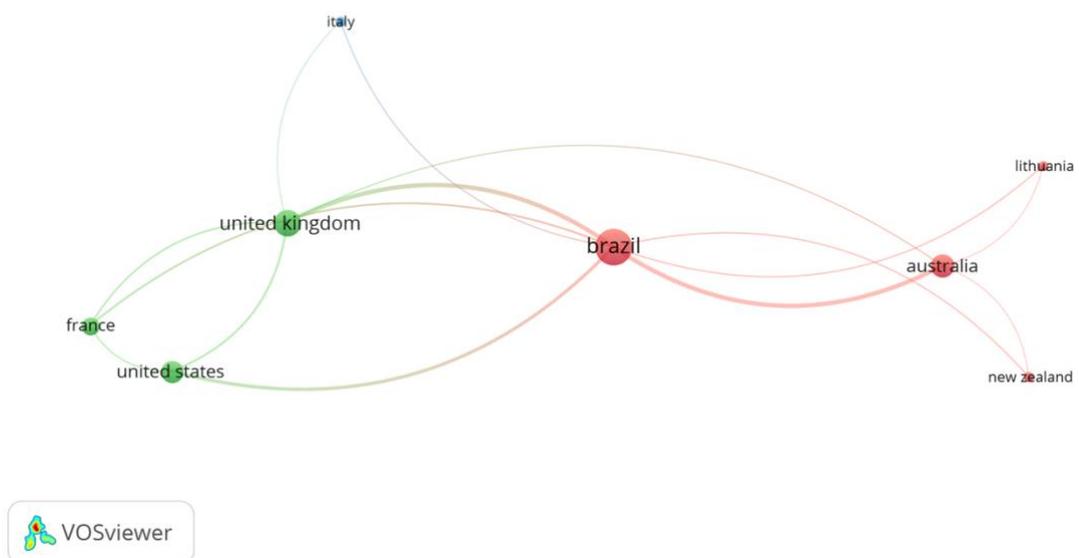
## Alexandre Moreira



**Figura 14.** Análise bibliométrica das ocorrências de palavras-chave nos artigos publicados pelo Prof. Dr. Alexandre Moreira e indexados no Scopus.

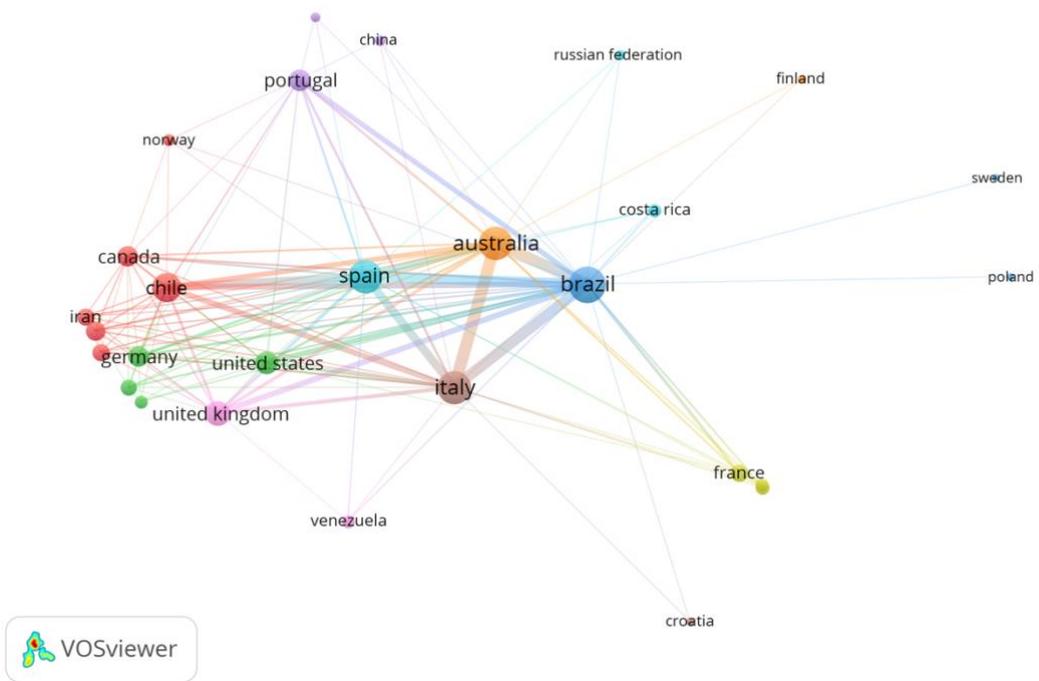


**Figura 15.** Análise bibliométrica da força de colaboração de coautoria entre o Prof. Dr. Alexandre Moreira e demais pesquisadores.



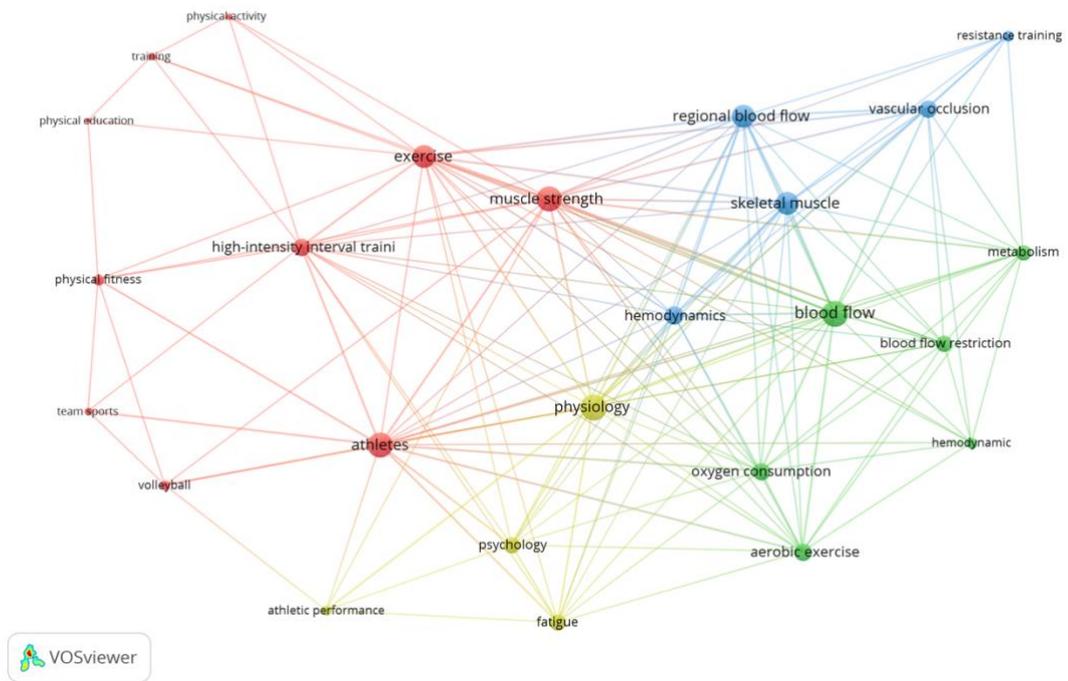
**Figura 16.** Análise bibliométrica da força de inserção do Prof. Dr. Alexandre Moreira ao redor do mundo.



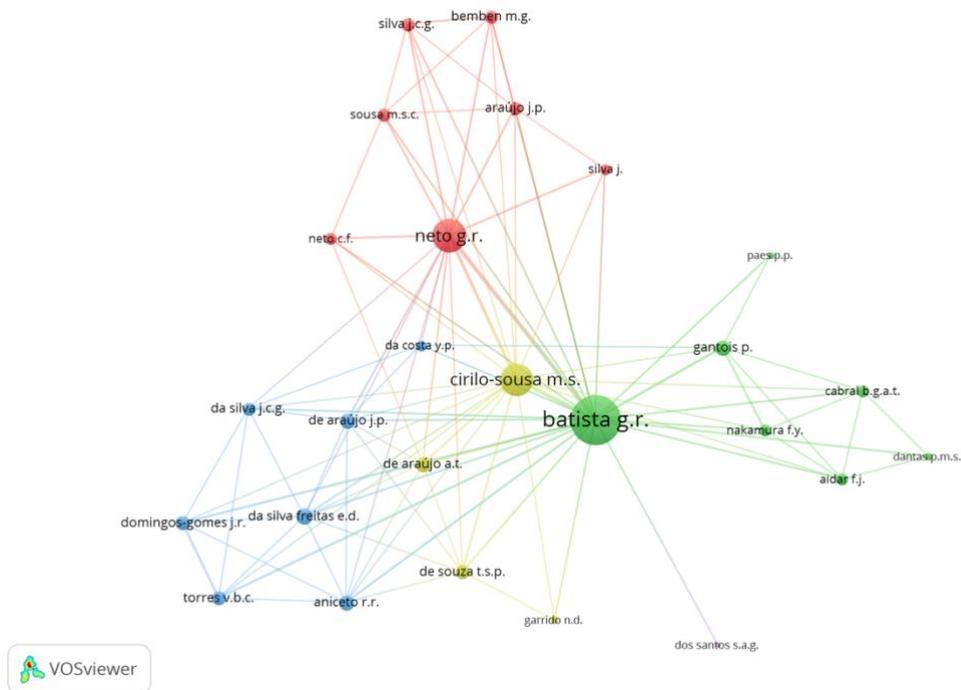


**Figura 19.** Análise bibliométrica da força de inserção do Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura ao redor do mundo.

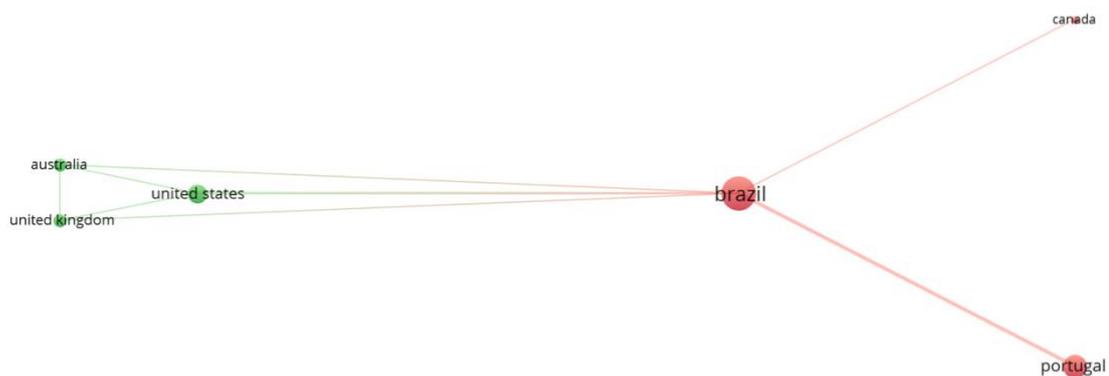
## Gilmário Ricarte Batista



**Figura 20.** Análise bibliométrica das ocorrências de palavras-chave nos artigos publicados pelo Prof. Dr. Gilmário Ricarte Batista.

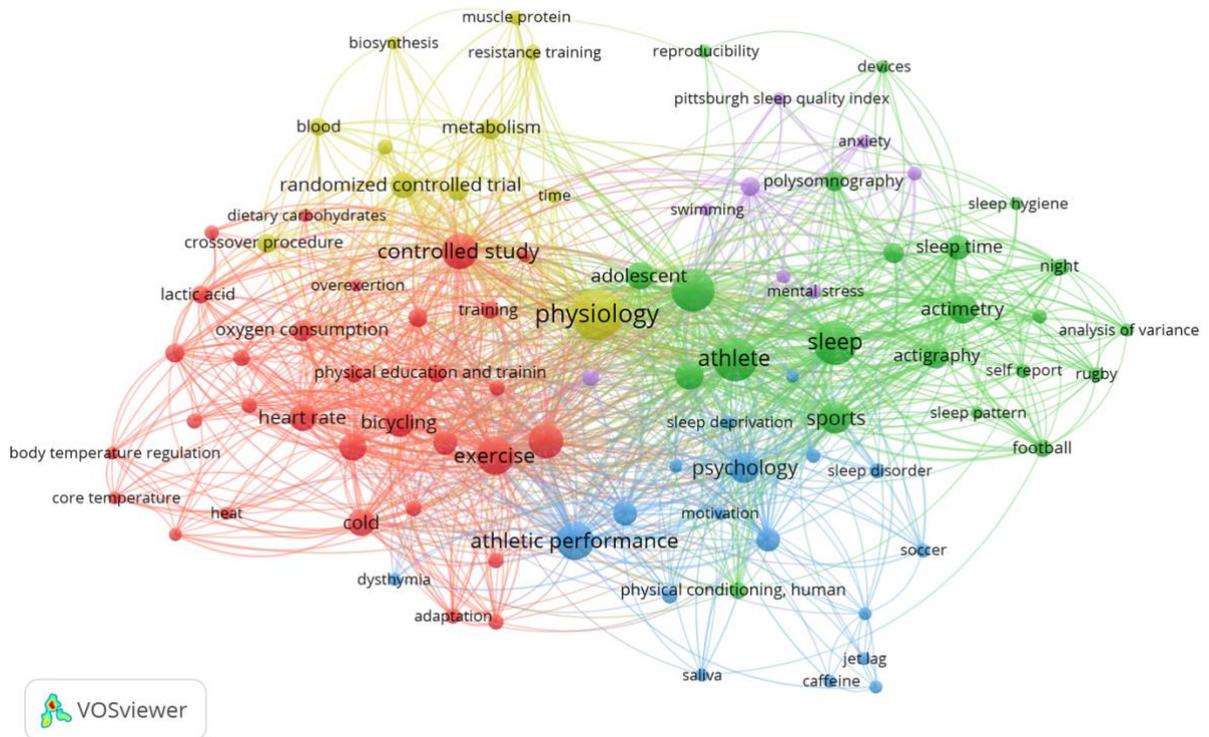


**Figura 21.** Análise bibliométrica da força de colaboração de coautoria entre o Prof. Dr. Gilmário Ricarte Batista e demais pesquisadores

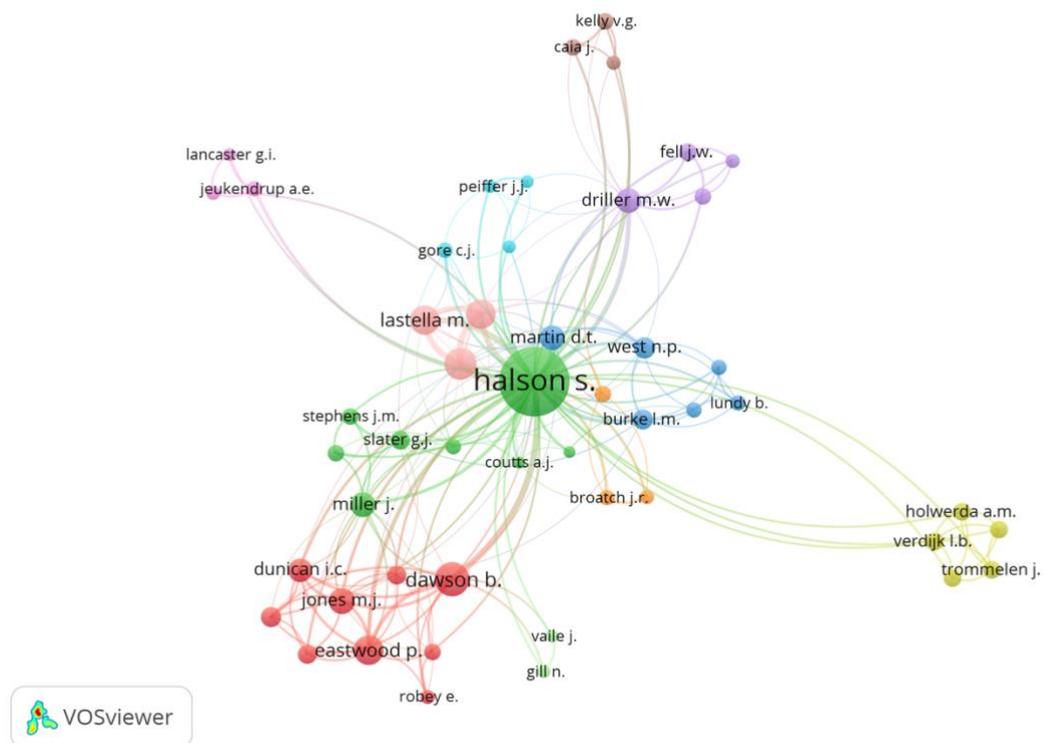


**Figura 22.** Análise bibliométrica da força de inserção do Prof. Dr. Gilmaro Ricarte Batista ao redor do mundo.

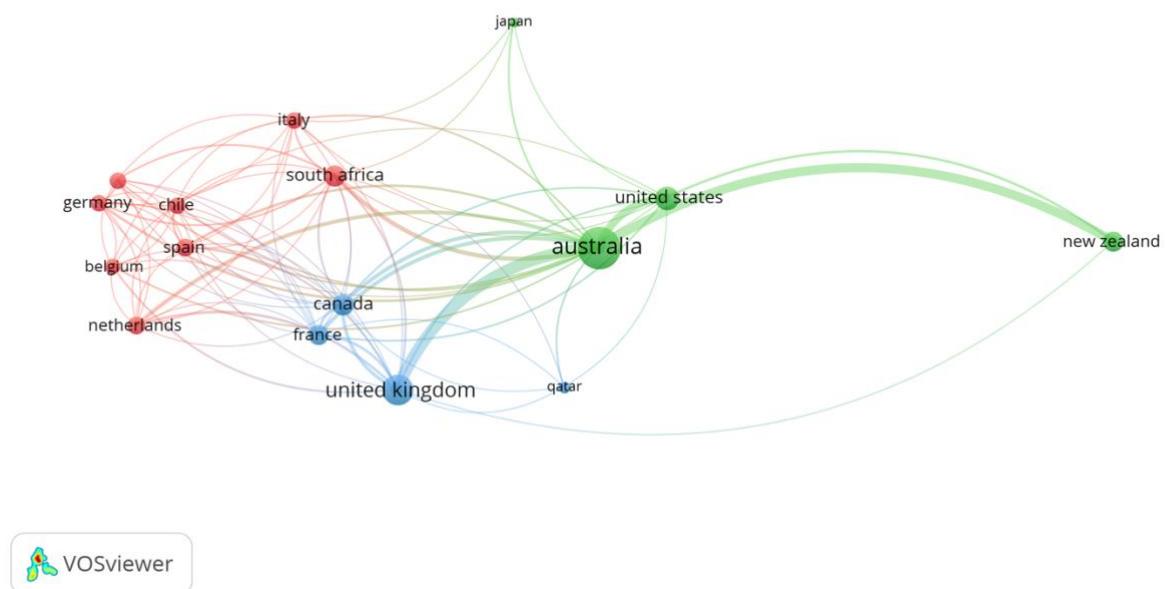
## Shona Halson



**Figura 23.** Análise bibliométrica das ocorrências de palavras-chave nos artigos publicados pela Profª Drª Shona Halson.



**Figura 24.** Análise bibliométrica da força de colaboração de coautoria entre a Profª Drª Shona Halson e demais pesquisadores.



**Figura 25.** Análise bibliométrica da força de inserção da Profª Drª Shona Halson ao redor do mundo.

## 10.2. Apêndice 2: Termo de consentimento livre e esclarecido

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO – TCLE

Prezado voluntário (a),

Você está sendo convidado (a) a participar de pesquisa intitulada “EFEITO AGUDO DA PRIVAÇÃO PARCIAL DO SONO CONJUGADA À FADIGA MENTAL SOBRE O DESEMPENHO TÁTICO-TÉCNICO, FÍSICO E PERCEPTO-COGNITIVO DE PRATICANTES DE VOLEIBOL DE PRAIA: UM ESTUDO RANDOMIZADO E CRUZADO”, que está sendo desenvolvida sob a orientação e responsabilidade do Prof. Dr. Leonardo de Sousa Fortes em conjunto com o aluno de doutorado Bruno Teixeira Barbosa, ambos do Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Antes de decidir sobre sua participação é importante que entenda o motivo desta pesquisa estar sendo realizada e como ela se realizará, portanto, leia atentamente as informações que seguem e se tiver alguma dúvida, consulte o pesquisador responsável ou o Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos.

O objetivo desta pesquisa é analisar o efeito agudo da privação parcial do sono conjugada à fadiga mental sobre o desempenho tático-técnico, físico e percepto-cognitivo em praticantes de voleibol de praia e tem como justificativa a importância de compreender os prejuízos que a fadiga mental e a privação parcial do sono podem acarretar ao desempenho de atletas para que a comissão técnica trace estratégias para a higiene do sono e redução de atividades com demanda cognitiva em períodos pré-competitivos para atletas das mais diversas modalidades esportivas.

Este estudo será realizado com praticantes de voleibol de praia do sexo masculino, entre 16 e 20 anos, em João Pessoa/PB que aceitem participar voluntariamente deste estudo. Sua participação neste trabalho consiste em se submeter à algumas condições experimentais que envolvem a privação parcial do sono, a indução da fadiga mental e a realização de testes para avaliação do desempenho físico, percepto-cognitivo e técnico-tático relacionados ao voleibol de praia.

São previstos riscos mínimos de desconforto físico/mental na sua participação neste estudo, uma vez que o esforço físico pode gerar respostas fisiológicas adversas e a indução à privação parcial do sono e à fadiga mental podem causar prejuízos à performance. A fim de evitar e/ou reduzir estes riscos, todos os procedimentos serão acompanhados de perto por profissionais de educação física capacitados que deverão monitorar eventuais respostas adversas ao esforço ou comportamentos psicológicos incomuns à privação parcial de sono e fadiga mental. Importante mencionar que nenhum resultado dos testes que você realizará será tornado público e todas as informações prestadas serão mantidas em absoluto sigilo, uma vez que você será identificado por um código para evitar publicização dos voluntários deste estudo.

Mesmo com todos os cuidados tomados para minimizar ou evitar os riscos, caso você vier a sentir alguma espécie de desconforto ou constrangimento ocasionado pela coleta de dados desta pesquisa, a mesma será imediatamente interrompida, e lhe será oferecido o acompanhamento que se fizer necessário para reparação do dano causado, caso você aceite.

Apesar da existência de riscos mínimos na coleta de dados, os benefícios oferecidos serão superiores. Os resultados da pesquisa irão ajudar o profissional de educação física compreender quais prejuízos à performance são causados pela privação parcial do sono e fadiga mental e poderá, desta forma, prevenir atletas das mais variadas modalidades esportivas de se submeterem a condições que atenuem seu desempenho.

Como acompanhamento posterior, a equipe da pesquisa ficará permanentemente à sua disposição para quaisquer esclarecimentos ou orientações que você julgar necessários em relação ao tema abordado.

Informamos que a sua participação é voluntária e, portanto, você não é obrigado a fornecer as informações e/ou colaborar com os pesquisadores, nem tampouco receberá nenhuma remuneração por isso. Você tem o direito de decidir não participar do estudo, ou de resolver desistir da sua participação no estudo a qualquer momento, sem nenhum dano, prejuízo ou constrangimento.

Todas as informações obtidas em relação a esse estudo permanecerão em absoluto sigilo, assegurando proteção da imagem e da privacidade dos envolvidos, e respeitando valores morais, culturais, religiosos, sociais e éticos. Os resultados dessa pesquisa poderão ser apresentados em congressos ou publicações científicas, porém sua identidade não será divulgada nestas apresentações, nem serão utilizadas quaisquer imagens ou informações que permitam a sua identificação.

Este documento foi elaborado em duas vias iguais, que deverão ser assinadas em todas as suas páginas e assinadas, ao final, por você, pelo aluno pesquisador e pelo professor responsável. Você receberá uma das vias e a outra ficará guardada com os responsáveis pela pesquisa.

Não é previsto que você tenha nenhum gasto na participação nesta pesquisa ou por causa dela, mas, caso você venha a ter qualquer despesa em decorrência de sua contribuição neste estudo, você será plenamente ressarcido. Ressaltamos ainda que, no caso de eventuais danos acarretados pela participação no presente estudo, você será indenizado na medida do dano sofrido.

Declaramos que o desenvolvimento desta pesquisa seguirá rigorosamente todas as exigências preconizadas pela Resolução nº 510/16 do CNS/MS, especialmente aquelas contidas no item IV.3. Em caso de dúvidas quanto aos seus direitos ou sobre o desenvolvimento deste estudo você pode entrar em contato com a pesquisadora responsável ou com o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba.

## **CONSENTIMENTO**

Após ter sido informado sobre a finalidade da pesquisa “EFEITO AGUDO DA PRIVAÇÃO PARCIAL DO SONO CONJUGADA À FADIGA MENTAL SOBRE O DESEMPENHO TÁTICO-TÉCNICO, FÍSICO E PERCEPTO-COGNITIVO DE PRATICANTES DE VOLEIBOL DE PRAIA: UM ESTUDO RANDOMIZADO E CRUZADO” e após ter lido os esclarecimentos prestados anteriormente no presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, eu, \_\_\_\_\_ estou plenamente de acordo em participar do presente estudo, permitindo que os dados obtidos sejam utilizados para os fins da pesquisa, estando ciente que os resultados serão publicados para difusão e progresso do conhecimento científico e que minha identidade será preservada. Estou ciente também que receberei uma via deste documento. Por ser verdade, firmo o presente.

João Pessoa \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

---

Assinatura do Participante da Pesquisa

---

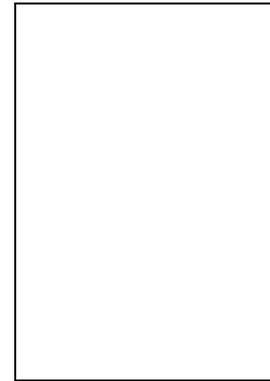
Assinatura do Aluno Pesquisador

---

Assinatura do Pesquisador Responsável

---

Assinatura da Testemunha



Impressão  
datiloscópica

**Contato do aluno responsável:**

Bruno Teixeira Barbosa

Endereço: Bancário Waldemar de Mesquita Accioly, nº 317, Apt 401. Bairro: Bancários. João Pessoa/PB.

E-mail: brunot.barbosa@outlook.com

Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão criado para defender os interesses dos sujeitos da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos, além disso é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. Então, SE VOCÊ QUISER OUTRAS INFORMAÇÕES, PROCURE o Comitê de Ética que aprovou a pesquisa e que está identificado nesse documento. Se necessário, você também pode contatar o CONEP: ([http://www.conselho.saude.gov.br/Web\\_comissoes/conep/index.html](http://www.conselho.saude.gov.br/Web_comissoes/conep/index.html)).

Contato do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba

Centro de Ciências da Saúde - 1º andar / Campus I / Cidade Universitária CEP: 58.051-900 - João Pessoa-PB

Tel. (83) 3216 7791 email: [comitedeetica@ccs.ufpb.br](mailto:comitedeetica@ccs.ufpb.br)

Horário de Funcionamento: 07:00 às 12:00 e das 13:00 às 16:00 hrs.

### 10.3. Apêndice 3: Termo de assentimento livre e esclarecido

#### TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO – TALE

Prezado voluntário (a),

Você está sendo convidado (a) a participar de pesquisa intitulada “EFEITO AGUDO DA PRIVAÇÃO PARCIAL DO SONO CONJUGADA À FADIGA MENTAL SOBRE O DESEMPENHO TÁTICO-TÉCNICO, FÍSICO E PERCEPTO-COGNITIVO DE PRATICANTES DE VOLEIBOL DE PRAIA: UM ESTUDO RANDOMIZADO E CRUZADO”, que está sendo desenvolvida sob a orientação e responsabilidade do Prof. Dr. Leonardo de Sousa Fortes em conjunto com o aluno de doutorado Bruno Teixeira Barbosa, ambos do Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Antes de decidir sobre sua participação é importante que entenda o motivo desta pesquisa estar sendo realizada e como ela se realizará, portanto, leia atentamente as informações que seguem e se tiver alguma dúvida, consulte o pesquisador responsável ou o Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos.

O objetivo desta pesquisa é analisar o efeito de dois experimentos diferentes no desempenho de praticantes de voleibol de praia e tem como justificativa a importância de compreender o quanto a performance pode ser prejudicada pelos experimentos e, ainda, ajudar técnicos e comissões técnicas a programarem melhor seus planejamentos de treinamento e comportamento dos seus atletas.

Este estudo será realizado com praticantes de voleibol de praia do sexo masculino, entre 16 e 20 anos, em João Pessoa/PB que aceitem participar voluntariamente deste estudo. Sua participação neste trabalho consiste em se submeter a alguns experimentos que envolvem dormir menos durante a noite, cansaço mental induzido por tarefas cognitivas e a realização de testes para avaliação do desempenho físico, cognitivo e técnico-tático relacionados ao voleibol de praia.

São previstos riscos mínimos de desconforto físico/mental na sua participação neste estudo, uma vez que o esforço físico pode gerar respostas adversas pelo seu organismo e o dormir menos que o usual e a indução da fadiga mental podem causar prejuízos à performance. A fim de evitar e/ou reduzir estes riscos, todos os procedimentos serão acompanhados de perto por profissionais de educação física capacitados que deverão monitorar eventuais respostas adversas ao esforço ou comportamentos psicológicos incomuns à privação parcial de sono e fadiga mental. Importante mencionar que nenhum resultado dos testes que você realizará será tornado público e todas as informações prestadas serão mantidas em absoluto sigilo, uma vez que você será identificado por um código para evitar publicização dos voluntários deste estudo.

Mesmo com todos os cuidados tomados para minimizar ou evitar os riscos, caso você vier a sentir alguma espécie de desconforto ou constrangimento ocasionado pela coleta de dados desta pesquisa, a mesma será imediatamente interrompida, e lhe será oferecido o acompanhamento que se fizer necessário para reparação do dano causado, caso você aceite.

Apesar da existência de riscos mínimos na coleta de dados, os benefícios oferecidos serão superiores. Os resultados da pesquisa irão ajudar o profissional de educação física compreender quais prejuízos à performance são causados pela privação parcial do sono e fadiga mental e poderá, desta forma, prevenir atletas das mais variadas modalidades esportivas de se submeterem a condições que atenuem seu desempenho.

Como acompanhamento posterior, a equipe da pesquisa ficará permanentemente à sua disposição para quaisquer esclarecimentos ou orientações que você julgar necessários em relação ao tema abordado.

Informamos que a sua participação é voluntária e, portanto, você não é obrigado a fornecer as informações e/ou colaborar com os pesquisadores, nem tampouco receberá nenhuma remuneração por isso. Você tem o direito de decidir não participar do estudo, ou de resolver desistir da sua participação no estudo a qualquer momento, sem nenhum dano, prejuízo ou constrangimento.

Todas as informações obtidas em relação a esse estudo permanecerão em absoluto sigilo, assegurando proteção da imagem e da privacidade dos envolvidos, e respeitando valores morais, culturais, religiosos, sociais e éticos. Os resultados dessa pesquisa poderão ser apresentados em congressos ou publicações científicas, porém sua identidade não será divulgada nestas apresentações, nem serão utilizadas quaisquer imagens ou informações que permitam a sua identificação.

Este documento foi elaborado em duas vias iguais, que deverão ser rubricadas em todas as suas páginas e assinadas, ao final, por você, pelo aluno pesquisador e pelo professor responsável. Você receberá uma das vias e a outra ficará guardada com os responsáveis pela pesquisa.

Não é previsto que você tenha nenhum gasto na participação nesta pesquisa ou por causa dela, mas, caso você venha a ter qualquer despesa em decorrência de sua contribuição neste estudo, você será plenamente ressarcido. Ressaltamos ainda que, no caso de eventuais danos acarretados pela participação no presente estudo, você será indenizado na medida do dano sofrido.

Declaramos que o desenvolvimento desta pesquisa seguirá rigorosamente todas as exigências preconizadas pela Resolução nº 510/16 do CNS/MS, especialmente aquelas contidas no item IV.3. Em caso de dúvidas quanto aos seus direitos ou sobre o desenvolvimento deste estudo você pode entrar em contato com a pesquisadora responsável ou com o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba.

## **CONSENTIMENTO**

Após ter sido informado sobre a finalidade da pesquisa “EFEITO AGUDO DA PRIVAÇÃO PARCIAL DO SONO CONJUGADA À FADIGA MENTAL SOBRE O DESEMPENHO TÁTICO-TÉCNICO, FÍSICO E PERCEPTO-COGNITIVO DE PRATICANTES DE VOLEIBOL DE PRAIA: UM ESTUDO RANDOMIZADO E CRUZADO” e após ter lido os esclarecimentos prestados anteriormente no presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, eu, \_\_\_\_\_ estou plenamente de acordo em participar do presente estudo, permitindo que os dados obtidos sejam utilizados para os fins da pesquisa, estando ciente que os resultados serão publicados para difusão e progresso do conhecimento científico e que minha identidade será preservada. Estou ciente também que receberei uma via deste documento. Por ser verdade, firmo o presente.

João Pessoa \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

---

Assinatura do Participante da Pesquisa

---

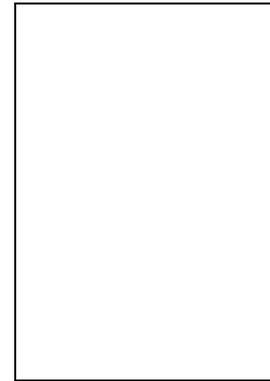
Assinatura do Aluno Pesquisador

---

Assinatura do Pesquisador Responsável

---

Assinatura da Testemunha



Impressão  
datiloscópica

**Contato do aluno responsável:**

Bruno Teixeira Barbosa

Endereço: Bancário Waldemar de Mesquita Accioly, nº 317, Apt 401. Bairro: Bancários. João Pessoa/PB.

E-mail: brunot.barbosa@outlook.com

Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão criado para defender os interesses dos sujeitos da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos, além disso é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. Então, SE VOCÊ QUISER OUTRAS INFORMAÇÕES, PROCURE o Comitê de Ética que aprovou a pesquisa e que está identificado nesse documento. Se necessário, você também pode contatar o CONEP: ([http://www.conselho.saude.gov.br/Web\\_comissoes/conep/index.html](http://www.conselho.saude.gov.br/Web_comissoes/conep/index.html)).

Contato do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba

Centro de Ciências da Saúde - 1º andar / Campus I / Cidade Universitária CEP: 58.051-900 - João Pessoa-PB

Tel. (83) 3216 7791 email: [comitedeetica@ccs.ufpb.br](mailto:comitedeetica@ccs.ufpb.br)

Horário de Funcionamento: 07:00 às 12:00 e das 13:00 às 16:00 hrs.

#### 10.4. Apêndice 4: Escala visual analógica



## 10.5. Apêndice 5: Escala de sonolência Karolinska

### Escala de sonolência – Karolinska

Nome completo \_\_\_\_\_ Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Marque a opção abaixo que mais representa seu estado de sonolência no momento

- 1 Extremamente alerta
- 2 Muito alerta
- 3 Alerta
- 4 Bastante alerta
- 5 Nem alerta nem sonolento
- 6 Alguns sinais de sonolência
- 7 Sonolento, mas sem esforço para se manter acordado
- 8 Sonolento, mas com esforço para se manter acordado
- 9 Muito sonolento, com muito esforço para se manter acordado, lutando contra o sono
- 10 Extremamente sonolento, não consigo ficar acordado