

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

Lucas Siqueira Moraes

**EFEITO DO TREINAMENTO DE APNEIA ESTÁTICA MOLHADA EM VARIÁVEIS DE
BEM-ESTAR, CARGA INTERNA, RECUPERAÇÃO E DESEMPENHO FÍSICO EM
PARA ATLETAS DE NATAÇÃO**

Belo Horizonte
2024

Lucas Siqueira Moraes

**EFEITO DO TREINAMENTO DE APNEIA ESTÁTICA MOLHADA EM VARIÁVEIS DE
BEM-ESTAR, CARGA INTERNA, RECUPERAÇÃO E DESEMPENHO FÍSICO EM
PARA ATLETAS DE NATAÇÃO**

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

Linha de pesquisa: Aspectos Psicobiológicos do Desempenho Humano

Orientador: Prof. Dr. Dawit Albieiro Pinheiro Gonçalves

Coorientador: Prof. Dr. Glauber Santos Ferreira da Silva

Belo Horizonte

2024

M827e Moraes, Lucas Siqueira
2024 Efeito do treinamento de apneia estática molhada em variáveis de bem-estar, carga interna, recuperação e desempenho físico em para atletas de natação. [manuscrito] / Lucas Siqueira Moraes – 2024.
129 f.: il.

Orientador: Dawit Albieiro Pinheiro Gonçalves
Coorientador: Glauber Santos Fererira da Silva

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Bibliografia: f. 76-79

1. Natação – Aspectos fisiológicos – Teses. 2. Natação – Treinamento – Teses. 3. Apneia – Teses. I. Gonçalves, Dawit Albieiro Pinheiro. II. Silva, Glauber Santos Fererira. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 797.2

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Lúcio Alves Tannure, CRB 6: n° 2266, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

Folha de aprovação

08/07/2024 10:39 SEI/UFMG - 3297164 - Ata de defesa de Dissertação/Tese



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

LUCAS SIQUEIRA MORAES

Às **14:00 horas** do dia **24 de junho de 2024**, a comissão examinadora, indicada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte, reuniu-se no Auditório do Centro de Treinamento Esportivo e por videoconferência, para julgar, em exame final, a dissertação intitulada "**EFEITO DO TREINAMENTO DE APNEIA ESTÁTICA MOLHADA EM VARIÁVEIS DE BEM-ESTAR, CARGA INTERNA, RECUPERAÇÃO E DESEMPENHO FÍSICO EM PARA ATLETAS DE NATAÇÃO**". Abrindo a sessão, o presidente da comissão, Prof. Dr. Dawit Albieiro Pinheiro Goncalves (EEFFTO/UFMG), orientador, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares de Defesa do Trabalho Final, passou a palavra para o candidato, que realizou a apresentação da sua dissertação. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado.

Prof. Dr. Dawit Albieiro Pinheiro Goncalves (UFMG - orientador)

Prof. Dr. Glauber dos Santos Ferreira da Silva (UFMG - coorientador)

Profa. Dra. Andressa da Silva de Mello (UFMG)

Prof. Dr. Dalton Müller Pessoa Filho (UNESP)

Após as indicações, o candidato **Lucas Siqueira Moraes** foi considerado **APROVADO**.

Nada mais havendo a tratar, eu, Prof. Dr. Dawit Albieiro Pinheiro Goncalves, presidente da comissão examinadora, dei por encerrada a reunião, da qual, para constar, lavrei a presente Ata, que, lida e aprovada, vai por todos assinada eletronicamente.

Belo Horizonte, 24 de junho de 2024.

Assinatura dos membros da comissão examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Andressa da Silva de Mello, Professora do Magistério Superior**, em 26/06/2024, às 10:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Glauber dos Santos Ferreira da Silva, Professor do Magistério Superior**, em 26/06/2024, às 10:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

https://sei.ufmg.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=3562898&infra_sistema... 1/2

08/07/2024 10:39 SEI/UFMG - 3297164 - Ata de defesa de Dissertação/Tese



Documento assinado eletronicamente por **Dawit Albieiro Pinheiro Goncalves, Professor do Magistério Superior**, em 27/06/2024, às 16:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Dalton Muller Pessoa Filho, Usuário Externo**, em 08/07/2024, às 10:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_a_cesso_externo=0, informando o código verificador **3297164** e o código CRC **1D11C853**.

Referência: Processo nº 23072.204420/2024-09 SEI nº 3297164
https://sei.ufmg.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=3562898&infra_sistema... 2/2

Aos meus pais, Maria Antonieta e José
Oswaldo e meus irmãos e amigos Ana
Beatriz e Marcos.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Costumo dizer que somos o produto das experiências que tivemos e das pessoas que convivemos ao longo do percurso e percalços da vida. Por isso, faço questão de agradecer

Aos meus pais que, assim como todos nós, são aprendizes da vida e, mesmo assim, executaram com maestria a “criação” de seus filhos. Aprendi com eles princípios e valores que me permitiram construir uma caminhada respeitosa e íntegra. Minha mãe, Maria Antonieta, com sua sensibilidade e delicadeza, me ensinou a enxergar o próximo e a importância da empatia e do carinho nas relações humanas. Meu pai, José Oswaldo, com seu pensamento lógico e integridade, me ensinou a valorizar o conhecimento, a buscar sempre a verdade e a agir com justiça e responsabilidade.

A minha irmã Ana Beatriz, que com seu instinto de professora, fez questão de me ensinar tudo que aprendeu, compartilhando comigo sua sabedoria e experiências de vida. Sua paciência e dedicação foram fundamentais para meu desenvolvimento acadêmico e pessoal. Nica, sua força e determinação sempre me inspiraram a seguir em frente e buscar meus objetivos, não importando os obstáculos.

Ao meu irmão Marcos, que sempre foi um exemplo para mim. Sua coragem e resiliência diante dos desafios me mostraram a importância de nunca desistir e de lutar pelo que acreditamos. Brother, você me ensinou a importância da disciplina e do esforço contínuo, e sua amizade e apoio incondicional foram pilares essenciais em minha jornada. Seus conselhos e encorajamento constante me motivaram a continuar, mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos, que me proporcionaram momentos de alegria e foram meu suporte em tempos difíceis. A lealdade e a companhia de vocês tornaram essa jornada mais leve e significativa.

Aos meus colegas de pesquisa e de laboratório, pela colaboração, troca de ideias e pelo ambiente de trabalho agradável e motivador. Juntos, enfrentamos desafios e celebramos conquistas, tornando essa jornada mais rica e produtiva.

Ao professor Dawit Gonçalves que, além de sua dedicação para me fazer encontrar o melhor de mim, me ensinou uma lição que me sinto na obrigação de passar adiante: “O professor tem o dever de motivar seus alunos”.

Ao professor Glauber que, apesar de pouco contato presencial, sempre se mostrou disponível para ajudar e teve uma contribuição imensa tanto na dissertação quanto na minha formação quanto acadêmico.

Aos funcionários e colaboradores da Universidade, cujo trabalho muitas vezes invisível foi indispensável para a realização desta pesquisa. Agradeço a dedicação e eficiência no suporte às atividades acadêmicas e administrativas.

Aos participantes do meu estudo, por sua disposição e colaboração essenciais para a realização desta pesquisa. Sem vocês, este trabalho não seria possível.

E, por fim, a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a concretização desta dissertação. Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio, cada colaboração foi essencial para que eu pudesse trilhar este caminho e alcançar este objetivo.

A todos vocês,

Meu sincero e profundo agradecimento!

RESUMO

Este estudo teve como objetivo investigar os efeitos do treinamento de apneia estática molhada (TAEM) sobre o bem-estar, carga interna, recuperação e desempenho físico em para atletas de natação. Cinco para atletas do Centro de Treinamento Esportivo da Universidade Federal de Minas Gerais participaram do estudo. Os atletas mantiveram suas rotinas regulares de treinamento, com altas cargas externas de treinamento em natação e força nas semanas 1, 2, 4 e 5, e cargas mais baixas (recuperação) na semana 3. Cinco sessões de TAEM foram integrados na semana 4 imediatamente após cada sessão de natação. Foram avaliadas variáveis como variabilidade da frequência cardíaca em repouso (VFCr), percepção subjetiva de recuperação (PSR), percepção subjetiva de esforço da sessão (sPSE), parâmetros de bem-estar (fadiga, estresse, dor muscular e sono), salto com contramovimento (SCM) e prova de nado livre de 100 metros. Foram avaliadas também o desempenho de apneia estática seca (AES) e molhada (AEM) e apneia dinâmica molhada (ADM). Esse estudo foi aprovado pelo comitê de ética da UFMG (número de aprovação: 6.311.124). O TAEM melhorou significativamente a percepção subjetiva de recuperação (PSR). A carga externa elevada nas semanas 1, 2, 4 e 5 foi acompanhada de altos valores de percepção subjetiva de esforço sessão por outro lado, a semana 3 apresentou baixos valores de carga externa e interna. A semana seguinte ao TAEM, i.e., semana 5, os atletas relataram PSR mais altos mesmo sem alterar a carga externa e interna, sugerindo que o TAEM pode mitigar o impacto das altas cargas de treinamento na recuperação. Os parâmetros de VFC e bem-estar, como dor muscular, estresse e fadiga, não mostraram mudanças significativas. A resposta bradicárdica clássica foi observada durante a AES, sugerindo a ativação do reflexo imersivo. No entanto, não foram observadas melhorias significativas nas métricas de desempenho da AES, AEM ou ADM nas semanas 4 e 5. Pesquisas futuras devem explorar períodos de intervenção mais longos e outros protocolos de treinamento de apneia visto que é uma estratégia promissora e sem custo e mesmo atletas com variados tipos de deficiência física conseguem utilizar.

Palavras-chave: para atleta de natação; treinamento de apneia estática molhada; bem-estar; recuperação; carga interna; variabilidade da frequência cardíaca.

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effects of wet static apnea training (WSAT) on well-being, internal load, recovery, and physical performance in para swimming athletes. Five para athletes from the Sports Training Center of the Federal University of Minas Gerais participated in the study. The athletes maintained their regular training routines, with high external training loads in swimming and strength during weeks 1, 2, 4, and 5, and lower loads (recovery) in week 3. Five WSAT sessions were integrated into week 4 immediately after each swimming session. Variables such as resting heart rate variability (rHRV), perceived subjective recovery (PRS), session rating of perceived exertion (sRPE), well-being parameters (fatigue, stress, muscle soreness, and sleep), countermovement jump (CMJ), and 100-meter freestyle time trial were evaluated. Dry static apnea (DSA), wet static apnea (WSA), and wet dynamic apnea (WDA) performances were also assessed. This study was approved by the UFMG Ethics Committee (approval number: 6.311.124). WSAT significantly improved perceived recovery status (PRS). The high external load during weeks 1, 2, 4, and 5 was accompanied by high values of sRPE; conversely, week 3 showed low external and internal load values. In the week following WSAT, i.e., week 5, athletes reported higher PRS values even without changes in external and internal load, suggesting that WSAT can mitigate the impact of high training loads on recovery. Parameters of HRV and well-being, such as muscle soreness, stress, and fatigue, did not show significant changes. The classic bradycardic response was observed during SDA, suggesting activation of the diving reflex. However, no significant improvements were observed in DSA, WSA, or WDA performance metrics in weeks 4 and 5. Future research should explore longer intervention periods and other apnea training protocols since it is a promising and cost-free strategy that even athletes with various physical disabilities can utilize.

Keywords: para swimming athlete; wet static apnea training; well-being; recovery; internal load; heart rate variability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Desenho experimental

FIGURA 2 - Frequência cardíaca nos primeiros 60'' em apneia estática seca na semana 2

FIGURA 3 - Frequência cardíaca nos primeiros 60'' em apneia estática seca na semana 4

FIGURA 4 - Frequência cardíaca nos primeiros 60'' em apneia estática seca na semana 5

FIGURA 5 - Frequência cardíaca pré apneia nas semanas 2, 4 e 5

FIGURA 6 - Frequência cardíaca com 60'' em apneia nas semanas 2, 4 e 5

FIGURA 7 - Percepção subjetiva de esforço semanal

FIGURA 8 - Percepção subjetiva de esforço sessão semanal

FIGURA 9 - Percepção subjetiva de recuperação semanal

FIGURA 10 - Correlação entre percepção subjetiva de recuperação semanal e percepção subjetiva de esforço sessão semanal

FIGURA 11 - Altura do salto com contramovimento

FIGURA 12 - Tempo da prova de nado livre de 100m

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Características dos atletas

TABELA 2 - Carga de treinamento externa semanal

TABELA 3 - Desempenhos de apneia nas três condições (AES, AEM e ADM)

TABELA 4 - Parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca

TABELA 5 - Escala de bem-estar de Hooper e tempo total de sono

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM - Apneia dinâmica molhada

AEM - Apneia estática molhada

AES - Apneia estática a seco

BES - Soma dos valores de bem-estar semanal

SCM - Salto com contramovimento

CTE – Centro de treinamento esportivo

CV – Coeficiente de variação

DP – Desvio padrão

TAEM – Treinamento de apneia estática molhada

FC – Frequência cardíaca

FCr – Frequência cardíaca em repouso

HF – Potência de alta frequência

LF/HF – Razão entre potência de baixa frequência e baixa frequência

PSR – Percepção subjetiva de recuperação

PSRS – Soma dos valores de Percepção subjetiva de recuperação semanal

PSE – Percepção subjetiva de esforço

PSES – Soma dos valores de Percepção subjetiva de esforço semanal

RMSSD – Raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos RR sucessivos

Ln (RMSSD) – Logarítimo natural da Raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos RR sucessivos

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

VO₂ – Consumo de oxigênio

VFC – Variabilidade da frequência cardíaca

VFCr – Variabilidade da frequência cardíaca em repouso

RM – Repetição máxima

sPSE – Percepção subjetiva de esforço sessão

sPSES - Soma dos valores de Percepção subjetiva de esforço sessão semanal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Monitoramento de atletas	17
1.2 Efeitos fisiológicos do treinamento de apneia	19
1.3 Reflexo imersivo	22
1.4 Efeitos psicológicos da sessão de apneia	22
2 OBJETIVOS	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Amostra	25
3.2 Delineamento Experimental	26
3.3 Carga de treinamento externa	29
3.4 Treinamento de apneia estática molhada (TAEM)	31
3.5 Parâmetros de bem-estar (BE), percepção subjetiva de recuperação (PSR) e percepção subjetiva de esforço sessão (SPSE)	32
3.6 Variabilidade da frequência cardíaca em repouso (VFCr)	32
3.7 Prova de nado livre de 100 metros	33
3.8 Salto com contra movimento (SCM)	33
3.9 Testes de apneia	33
3.10 Análises estatísticas	34
4 RESULTADOS	35
4.1 Testes de apneia	35
4.2 Resposta da frequência cardíaca (FC) à apneia estática seca (AES)	35
4.3 Resposta da variabilidade da frequência cardíaca de repouso (VFCr) ao Treinamento de apneia estática molhada (TAEM)	40

4.4 Percepção subjetiva de esforço semanal (PSES), percepção subjetiva de esforço sessão semanal (sPSES), percepção subjetiva de recuperação semanal (PSRS) e Parâmetros de Bem-Estar (BE).....	41
4.4 Resposta da variabilidade da frequência cardíaca de repouso (VFCr) ao Treinamento de apneia estática molhada (TAEM)	46
4.5 Salto com contramovimento (CMJ) e prova de nado livre de 100 metros	46
5 DISCUSSÃO	49
6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	54
7 CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS.....	56
APÊNDICE 1.....	60
ANEXO 1 Parecer consubstanciado do CEP	100
ANEXO 2 Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)	104
ANEXO 3 Escala de Bem-estar de Hooper.....	107
ANEXO 4 Escala de Percepção Subjetiva de Recuperação.....	108
ANEXO 5 Escala de Percepção Subjetiva de Esforço.....	109

INTRODUÇÃO

No treinamento esportivo, a prescrição precisa da carga externa de treinamento (e.g., distância total percorrida) e o monitoramento das cargas internas de treinamento (e.g., frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) não só garantem a otimização do desempenho, mas também previnem o risco de lesões e adaptações negativas, como o *overtraining* (Verstappen *et al.*, 2021). No para desporto, as necessidades únicas e as diversas condições físicas dos atletas amplificam a complexidade da prescrição e do monitoramento da carga de treinamento. Atletas com deficiências frequentemente enfrentam várias barreiras ambientais (e.g. falta de instalações de treinamento acessíveis), barreiras estruturais (e.g. disponibilidade limitada de equipamentos especializados), barreiras sociais (e.g. estigma e discriminação), barreiras médicas (e.g. maior incidência de comorbidades) e barreiras econômicas (e.g. recursos financeiros limitados) para o treinamento (Martin, 2010). Esses desafios contribuem para um estresse diário maior, impactando negativamente o desempenho esportivo (Singh, 2017). Além disso, considerando a significativa prevalência de má qualidade do sono entre para atletas brasileiros (Esteves *et al.*, 2017), estratégias voltadas para a melhoria da recuperação são particularmente importantes. Apesar da bem documentada necessidade de monitorar as respostas fisiológicas e psicológicas ao treinamento (Impellizzeri *et al.*, 2019; Borresen *et al.*, 2009), ainda existe uma lacuna na aplicação dessas práticas dentro do para desporto. Pesquisas indicam que, embora extensos estudos tenham sido conduzidos sobre o monitoramento da carga externa em atletas sem deficiência, o mesmo nível de análise não foi estendido a todos os para atletas (Stieler, 2023). Essa omissão é evidente em esportes que não envolvem o uso de cadeira de rodas, negligenciando assim uma parte substancial da população de para atletas.

1.1 Monitoramento de atletas

Diversas ferramentas e métodos têm sido utilizados para avaliar as cargas internas de treinamento, permitindo ajustes personalizados e adequados no regime de treinamento. Entre as medições objetivas, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

é um indicador bem estabelecido do equilíbrio autonômico. Mais especificamente, a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R sucessivos (RMSSD), um parâmetro da VFC, tem sido sugerido para o monitoramento de atletas devido à sua capacidade de refletir a atividade parassimpática em curtos períodos (Plews *et al.*, 2013). Buchheit *et al.* (2010) demonstraram que o logaritmo natural do RMSSD ($\ln(\text{RMSSD})$), medido em repouso, é um indicador eficaz da capacidade de resistência aeróbica, observando uma correlação positiva entre $\ln(\text{RMSSD})$ e o desempenho em corridas de 10 km em corredores. No entanto, embora a VFC seja valiosa para o monitoramento do status do atleta, ela pode ser influenciada por vários fatores, incluindo estado de hidratação, qualidade do sono e estresse emocional, o que pode, por vezes, complicar sua interpretação (Buchheit, 2014).

Dada essas possíveis influências na VFC, também é crucial monitorar outras medidas objetivas, como análise de desempenho (e.g. testes de salto), e integrar medições subjetivas (Montull *et al.*, 2022). Métodos de monitoramento subjetivo, como escalas psicométricas, podem fornecer perspectivas sobre o estado mental e emocional do atleta (Saw *et al.*, 2016). Ferramentas como a escala de Percepção Subjetiva de Recuperação (PSR), a escala de Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) e a escala de bem-estar de Hooper são amplamente utilizadas para avaliar as percepções dos atletas sobre recuperação, esforço e bem-estar geral (i.e. dor muscular, fadiga, estresse e sono). Laurent *et al.* (2011) desenvolveram a PSR e utilizaram essa escala correlacionando suas pontuações com a capacidade de desempenho subsequente e a resposta da frequência cardíaca durante exercícios, demonstrando que a PSR pode identificar com precisão sessões de treinamento em que os atletas se recuperariam melhor ou pior em relação à sessão anterior. Foster *et al.* (2001) utilizaram a PSE como um método para quantificar a carga de treinamento durante diferentes formas de exercício, demonstrando sua validade ao correlacionar suas pontuações com medidas objetivas como a frequência cardíaca e a concentração de lactato no sangue durante sessões de exercício de intensidade variada, destacando sua utilidade para monitorar a carga de treinamento em diversas atividades. Rabbani *et al.* (2019) destacaram a importância da escala de bem-estar de Hooper ao avaliar a fadiga em jogadores de futebol profissional, demonstrando sua utilidade ao correlacionar as pontuações de bem-estar com a variabilidade da

frequência cardíaca (HRV) e o desempenho dos atletas ao longo de vários dias após os jogos, mostrando que a escala de Hooper é uma medida sensível e estável da fadiga induzida por jogos. Essas escalas psicométricas oferecem uma maneira não invasiva de avaliar os atletas. Ao combinar dados fisiológicos e psicométricos, treinadores e cientistas do esporte podem entender melhor a prontidão e a capacidade dos atletas para o treinamento (Saw *et al.*, 2016).

Além disso, visto que a qualidade do sono é um fator crítico para o desempenho atlético e para evitar adaptações negativas, é essencial monitorar a duração e a qualidade do sono. Silva *et al.* (2022) destacaram que a má qualidade do sono e comportamentos inadequados durante o sono são comuns entre para atletas e estão associados a problemas de saúde mais graves. Em seu estudo, a duração média do sono foi de 6,57 horas, abaixo do recomendado, e a eficiência do sono (proporção de tempo total gasto dormindo em relação ao tempo total passado na cama) foi de 86,13%. Segundo os autores, esses parâmetros são críticos, pois uma quantidade insuficiente e a má qualidade do sono podem comprometer a recuperação, o desempenho e aumentar o risco de lesões e doenças em atletas.

Além de monitorar as cargas de treinamento e sono, é essencial empregar estratégias que otimizem a recuperação dos atletas. O treinamento em apneia surge como uma técnica inovadora, capaz de induzir diversas adaptações fisiológicas benéficas.

1.2 Efeitos fisiológicos do treinamento de apneia

Fisiologicamente, o treinamento regular em apneia pode estimular a contração esplênica, levando ao aumento do hematócrito (Hct) e da hemoglobina (Hb) circulantes. A contração esplênica é conhecida por liberar eritrócitos no sangue, aumentando a capacidade de transporte de oxigênio, o que é vantajoso para a performance esportiva. Este efeito foi observado em um estudo que investigou a resposta à apneia em 20 voluntários, dos quais 10 tinham baços intactos e 10 eram esplenectomizados. Os participantes realizaram cinco apneias máximas com imersão facial em água fria com intervalos de 2 minutos. Nos sujeitos com baços intactos, Hct e Hb aumentaram em 6,4%

e 3,3%, respectivamente, prolongando o tempo de apneia em 54,1%, enquanto nos esplenectomizados não houve mudanças significativas (Schagatay *et al.*, 2001).

Woorons *et al.* (2017) investigaram o treinamento de apneia dinâmica molhada (ADM) em triatletas, realizado duas vezes por semana durante 5 semanas. O protocolo consistiu em 12 repetições de 25 metros em uma piscina, utilizando o estilo crawl, com os atletas completando cada repetição em 30 a 35 segundos e com 10 a 15 segundos de descanso entre as repetições. Os resultados mostraram melhorias significativas no desempenho nas provas de natação de 100, 200 e 400 metros, além de um aumento na concentração máxima de lactato, indicando uma adaptação anaeróbica aprimorada.

Lemaitre *et al.* (2008) investigaram os efeitos da apneia estática na frequência cardíaca e na VFC em mergulhadores. O estudo envolveu cinco mergulhadores de apneia de elite e cinco controles (pelo menos 6 meses de treino de apneia), que realizaram apneias máximas com imersão facial em água fria. Os resultados indicaram uma resposta bifásica da frequência cardíaca durante apnéias prolongadas, com uma redução inicial seguida por uma segunda redução menos pronunciada, concomitante à queda na saturação de oxigênio e ao aumento da atividade vagal. Esses achados sugerem que a estimulação do barorreflexo e a hipóxia são cruciais para a resposta bifásica da frequência cardíaca e, portanto, para a maior duração da apneia nos mergulhadores de elite.

Lemaître *et al.* (2009) conduziram um estudo específico sobre treinamento em apneia em nadadores, envolvendo atletas do sexo masculino sem experiência prévia em apneia. Os participantes seguiram um protocolo de treinamento de apneia durante três meses, que consistia em sessões de apneia de 30 segundos, intercaladas com 30 segundos de respiração, durante exercício de ciclismo de 1 hora a 30% do VO_2 pico, três vezes por semana. Os resultados mostraram melhorias significativas no volume expiratório forçado em um minuto (VEF1), no consumo máximo de oxigênio (VO_2 pico) e no ponto de compensação respiratória (PCR). Embora o desempenho na natação em termos de velocidade não tenha melhorado, a taxa de braçadas diminuiu, enquanto o comprimento e a coordenação das braçadas aumentaram, indicando uma melhora na

técnica de natação. Este estudo destaca o potencial do treinamento em apneia para aprimorar o desempenho dos nadadores.

Lemaitre *et al.* (2010) conduziram um estudo de hipótese, que propôs a apneia como uma nova metodologia de treinamento em esportes. O estudo destacou que a apneia pode induzir várias adaptações fisiológicas, como redução da acidez sanguínea e do estresse oxidativo, e aumento do hematócrito (Hct) e da massa de hemoglobina (Hb), que são benéficas para o desempenho esportivo. Essas adaptações são semelhantes às obtidas com a exposição à hipóxia, sugerindo que o treinamento de apneia pode ser uma alternativa eficaz para melhorar o desempenho aeróbico e anaeróbico.

Koskolou *et al.* (2023) avaliaram as respostas fisiológicas durante apneias estáticas prolongadas em nove apneistas bem treinados. Os participantes realizaram apneias estáticas máximas com imersão facial em água fria. Os resultados mostraram que a duração prolongada da apneia está associada a volumes pulmonares elevados e dessaturação de oxigênio retardada e profunda. Embora a bradicardia fosse evidente, ela não foi decisiva para a duração da apneia, sugerindo que a capacidade de armazenamento de oxigênio e a redução da acidez sanguínea são fatores mais determinantes.

Schagatay *et al.* (2000) investigaram os efeitos do treinamento físico e de apneia sobre o tempo de apneia e o reflexo imersivo. Vinte e quatro sujeitos realizaram um programa de treinamento aeróbico de 2 meses, enquanto nove sujeitos realizaram treinamento de apneia diário por 2 semanas, consistindo em cinco apneias estáticas máximas com intervalos de 2 minutos. Os resultados mostraram que o treinamento de apneia, ao contrário do treinamento físico, prolonga significativamente o tempo de apneia ao atrasar o “ponto de ruptura fisiológica”, determinado pela tensão arterial de CO₂. O treinamento de apneia também resultou em uma resposta do reflexo imersivo, evidenciada por uma bradicardia mais acentuada e maior resistência periférica.

Portanto, o treinamento de apneia pode induzir diversas adaptações fisiológicas benéficas, como aumento do Hct e Hb, redução da acidez sanguínea e do estresse

oxidativo, e melhorias na função respiratória. Essas adaptações são comparáveis às respostas à hipóxia e podem melhorar significativamente o desempenho de atletas.

Algumas adaptações do treinamento de apneia no sentido de melhora tanto do metabolismo anaeróbico (e.g. diminuição da acidez sanguínea) quanto do metabolismo aeróbico (e.g. redução do estresse oxidativo) podem ser atribuídas ao reflexo imersivo visto que, segundo Alboni, Alboni e Gianfranchi (2011), mesmo em situação de apneia dinâmica (i.e. atividade física associada a retenção de ar), este reflexo é responsável por poupar o oxigênio, que é limitado, realizando a vasoconstrição dos vasos periféricos (i.e. que irrigam o músculo esquelético), limitando o aporte de oxigênio para o músculo.

1.3 Reflexo imersivo

O reflexo imersivo, também conhecido como reflexo de mergulho, é uma resposta fisiológica primitiva observada em mamíferos, incluindo seres humanos, desencadeada pela imersão da face em água fria e pela apneia. Este reflexo é caracterizado por bradicardia, vasoconstrição periférica e aumento da pressão arterial. Esses mecanismos trabalham em conjunto para conservar o oxigênio e direcioná-lo preferencialmente para órgãos vitais, como o coração e o cérebro, durante períodos de hipóxia (Andersson *et al.*, 2003; Konstantinidou & Chairopoulou, 2017). Estudos mostram que o treinamento de apneia, que ativa repetidamente o reflexo imersivo, pode levar a adaptações benéficas, como aumento da capacidade de armazenamento de oxigênio no corpo e uma resposta bradicárdica (i.e. redução da FC) mais pronunciada (Engan *et al.*, 2011). Essas adaptações não só melhoram o desempenho durante a apneia, mas também podem ter efeitos positivos em outras modalidades esportivas.

1.4 Efeitos psicológicos da sessão de apneia

Em relação aos efeitos psicológicos, o reflexo imersivo está associado a um efeito calmante (Keptner *et al.*, 2020). Esse estudo explorou técnicas de modulação sensorial, incluindo o reflexo imersivo em estudantes e sugeriu que essas abordagens podem ser tão eficazes quanto às intervenções tradicionais cognitivo-comportamentais no manejo da ansiedade (i.e. “objeto com peso no colo”, técnicas de respiração e relaxamento

muscular progressivo)¹. Os resultados deste estudo demonstraram que o reflexo imersivo, estimulado pela apneia e pelo resfriamento facial, teve um impacto mais duradouro no controle da ansiedade em comparação com outras intervenções (Keptner *et al.*, 2020). No entanto, a literatura ainda é escassa em relação aos efeitos psicológicos que o treinamento de apneia pode proporcionar em atletas.

Diante dos benefícios fisiológicos e psicológicos do treinamento de apneia, é essencial investigar mais profundamente como essa prática pode ser utilizada de maneira eficaz para otimizar o desempenho, a recuperação e o bem-estar dos atletas, especialmente no contexto do para desporto. Considerando as barreiras e desafios específicos enfrentados pelos para atletas, a integração de estratégias como o treinamento de apneia pode oferecer soluções inovadoras para a melhoria da saúde e do desempenho esportivo. Este estudo, portanto, busca contribuir com a escassez existente na literatura ao explorar os efeitos do treinamento de apneia em variáveis de bem-estar, recuperação, carga interna e desempenho em para atletas de natação, contribuindo para uma melhor compreensão e aplicação dessas práticas no treinamento esportivo.

¹Objeto com Peso no Colo, uso de um objeto com peso no colo promovendo uma sensação de segurança e estabilidade; Técnica de Respiração, uso de padrões controlados de respiração para promover relaxamento e reduzir o estresse; Relaxamento Muscular Progressivo, técnica que envolve a contração e, em seguida, o relaxamento sistemático de diferentes grupos musculares do corpo.

2 OBJETIVOS

Diante da literatura compilada, a proposta desse trabalho tem como objetivo geral:

- Investigar o efeito do treinamento de apneia estática molhada (TAEM) nos parâmetros de bem-estar, carga interna, recuperação e desempenho físico de para atletas de natação.

Tendo em vista o objetivo geral, os objetivos específicos se voltam para:

- Investigar o impacto do TAEM na performance dos testes de apneia estática seca (AES), apneia estática molhada (AEM) e apneia dinâmica molhada (ADM).
- Investigar a resposta bradicárdica clássica durante a AES
- Avaliar o desempenho dos atletas em testes de salto com contramovimento (SCM) e prova de nado livre de 100 metros antes e após o período de TAEM.
- Analisar o impacto do TAEM na percepção subjetiva de recuperação (PSR) de para atletas de natação.
- Analisar o impacto do TAEM na percepção subjetiva de esforço (PSE) de para atletas de natação.
- Analisar o impacto do TAEM nos parâmetros de bem-estar (dor muscular, estresse, fadiga e qualidade do sono) de para atletas de natação.
- Analisar o impacto do TAEM na variabilidade da frequência cardíaca em repouso (VFCr) de para atletas de natação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostra

Este experimento abrangeu cinco para atletas de natação do Centro de Treinamento Esportivo (CTE) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Os dados antropométricos (altura, massa corporal e soma de 7 dobras cutâneas de acordo com Jackson e Pollock (1978)), tipo de deficiência e classificação funcional segundo o Comitê Paralímpico Internacional (2024) estão detalhados na Tabela 1. Os critérios de inclusão para participação foram: (1) status de competição ativa nos últimos 12 meses em nível estadual, nacional ou internacional; (2) liberação médica para participação em treinamento físico de alta intensidade; e (3) um mínimo de um ano de treinamento consistente no CTE. Os atletas seriam excluídos do estudo se apresentassem qualquer disfunção cardiorrespiratória (por exemplo, insuficiência cardíaca e arritmia cardíaca) e/ou disfunção autonômica (por exemplo, disreflexia autonômica). Além disso, atletas que tivessem faltas superiores a 15% das sessões de treinamento também seriam excluídos. Um dos voluntários se apresentou com uma dor na lombar no dia do último teste o impedindo de realizar a prova de natação de 100m. Esse indivíduo foi excluído da análise de dados do desempenho dos 100m para garantir a consistência dos resultados. Este estudo recebeu aprovação ética do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (número de aprovação: 6.311.124) (Anexo 1). Todos os participantes forneceram consentimento informado por escrito antes de sua inclusão no estudo (Anexo 2).

Tabela 1 - Características dos atletas

Atleta	Tipo de deficiência *	Classificação funcional**	Sexo	Idade (anos)	Estatura (cm)	Massa corporal (kg)	Σ 7 dobras cutâneas (mm)***
1	Deficiência de membros	S9	F	18	164	42,2	125,70
2	Hipertonia / Ataxia	S8	M	19	167,5	62,6	58,53
3	Hipertonia / Ataxia	S7	M	27	174,5	69,2	88,10
4	Deficiência intelectual	S14	M	23	177,5	81,8	88,03
5	Deficiência na amplitude de movimento passiva	S9	M	33	174	91,2	113,33

F, feminino; M, masculino

* Tipo de deficiência elegível (Comitê Paralímpico Internacional, 2024).

** Código de classificação funcional (Comitê Paralímpico Internacional, 2024).

*** 7 dobras cutâneas - tríceps, subescapular, peitoral, axilar média, suprailíaca, abdominal e coxa

Fonte: JACKSON; POLLOCK, 1978.

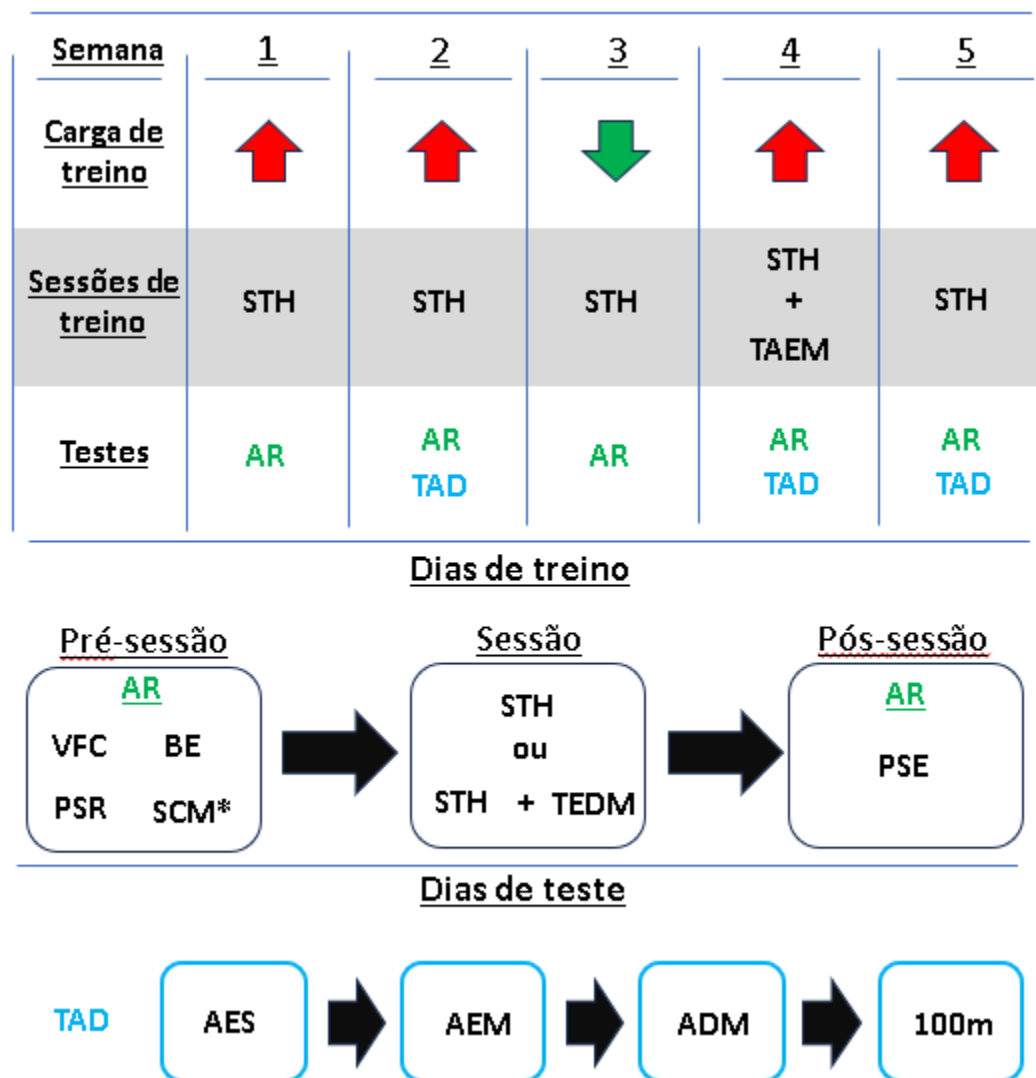
3.2 Delineamento Experimental

O estudo foi conduzido ao longo de um período de 5 semanas na piscina do CTE na UFMG, durante o qual os atletas mantiveram suas rotinas regulares de treinamento. Nas semanas 1, 2, 4 e 5, os atletas foram submetidos a altas cargas externas de treinamento e treinamento de força máxima duas vezes por semana, enquanto na semana 3, eles tiveram uma carga externa baixa e não realizaram o treinamento de força

máxima. Nas semanas 2, 4 e 5, os atletas participaram de uma série de testes (ST) que incluíram, nesta ordem, tempo máximo de apneia estática seca (AES) e apneia estática molhada (AEM), distância e tempo de apneia dinâmica molhada (ADM) e prova de nado livre de 100 metros. Além disso, na semana 4, o treinamento de apneia estática molhada (TAEM) foi introduzido após a sessão de treinamento usual (por aproximadamente 20 minutos) de terça-feira a sábado.

Durante o período do estudo, os seguintes parâmetros foram avaliados antes das sessões de treinamento (ou seja, assim que o atleta chegava ao CTE): variabilidade da frequência cardíaca em repouso (VFCr), parâmetros de bem-estar usando a escala de bem-estar de Hooper e percepção subjetiva de recuperação (PSR). Após as sessões de treinamento, a carga interna foi avaliada pela taxa de percepção subjetiva de esforço da sessão (sPSE). Além disso, a altura do salto com contramovimento (SCM) foi medida durante as primeiras e últimas sessões de cada semana (Figura 1). Todas as variáveis monitoradas já faziam parte de um protocolo de avaliação rotineira (AR) que os atletas seguiam diariamente por pelo menos uma temporada.

Figura 1 – Desenho experimental.



STH - Sessão de treino habitual; TAEM - Treinamento de apneia estática molhada; AR – Avaliações rotineiras; TAD, testes de apneia e desempenho físico; VFC, variabilidade da frequência cardíaca; BE, escala de bem-estar de Hooper; PSR, escala de percepção subjetiva de recuperação; PSE, escala de percepção subjetiva de esforço; SCM, salto com contramovimento; AES, apneia estática seca; AEM, apneia estática molhada; ADM, apneia dinâmica molhada; 100m, prova de nado livre de 100 metros; *apenas na primeira e última sessão da semana.

Fonte: Elaboração própria.

3.3 Carga de treinamento externa

A Tabela 2 apresenta a carga externa de treinamento aplicada aos nadadores durante um período de 5 semanas. Durante as semanas 1 e 2, os atletas foram submetidos a altas cargas externas, nadando 4900 metros em alta intensidade (ou seja, mais de 90% da velocidade máxima) e 5100 metros em baixa intensidade (ou seja, menos de 75% da velocidade máxima), totalizando 10000 metros por semana. Na semana 3, os atletas tiveram uma carga externa menor, completando apenas 5000 metros de natação em baixa intensidade. Nas semanas 4 e 5, a carga externa foi a mesma das semanas 1 e 2. Similarmente à distância e intensidade da natação, a PSE do treinador foi maior nas semanas 1, 2, 4 e 5 e menor (~73%) na semana 3. Além disso, durante as semanas de alta carga externa (ou seja, semanas 1, 2, 4 e 5), os atletas realizaram treinamento de força máxima na academia duas vezes por semana. Para esse propósito, um teste de 6RM foi conduzido previamente para estimar a intensidade de 1RM (Dohoney *et al.*, 2002). Os atletas realizaram 3 séries de 3 repetições a 90% de seu 1RM para os seguintes quatro exercícios: supino, barra fixa, agachamento livre e levantamento terra (Tabela 2).

Tabela 2 – Carga de treinamento externa semanal

Variavel	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Σ PSE do treinador (u.a.)	32	28	8	29	31
> 90% velocidade máxima	5100	5100	5000	5100	5100
< 75% velocidade máxima	4900	4900	-	4900	4900
Distância total da semana (m)*	10000	10000	5000	10000	10000
Tempo médio da soma semanal das sessões de nado	303	302	202	228.2	230.4
($\pm$ SD) (min)	(23.13)	(33.22)	(33.40)	(9.81)	(14.08)
Treino de força máxima:					
Supino reto, barra fixa, agachamento livre e levantamento terra (duas vezes na semana)	3 series de 3 repetições - 90% 1RM	3 series de 3 repetições - 90% 1RM	-	3 series de 3 repetições - 90% 1RM	3 series de 3 repetições - 90% 1RM

PSE, percepção subjetiva de esforço; 1RM, uma repetição máxima; >90 % velocidade máxima de nado, alta intensidade; <75 % velocidade máxima de nado, intensidade leve-moderada. *soma do volume das intensidades.

Fonte: Elaboração própria

3.4 Treinamento de apneia estática molhada (TAEM)

Com base nos estudos de Shah *et al.* (2020) e Engan *et al.* (2011), foram conduzidas 5 sessões de treinamento de TAEM. Cada sessão consistiu em 5 apneias máximas com um intervalo de 2 minutos. Os atletas permaneceram em posição prona na piscina, mas não submersos, ou seja, o corpo foi mantido na superfície da água, com as mãos na borda da piscina. Após uma fase preparatória de apneia, consistindo em 2 minutos de respiração lenta (5 a 6 ciclos respiratórios por minuto), os atletas faziam uma inalação profunda, mas não máxima, submergiam o rosto na água e seguravam a respiração pelo maior tempo possível.



Atleta realizando uma sessão de TAEM.

Fonte: foto tirada durante a coleta de dados

3.5 Parâmetros de bem-estar (BE), percepção subjetiva de recuperação (PSR) e percepção subjetiva de esforço sessão (sPSE)

Um questionário personalizado composto por qualidade do sono percebida e quantidades de estresse, fadiga muscular e dor muscular, baseado nas recomendações de Hooper e Mackinnon (1995) foi utilizado para coletar dados dos parâmetros subjetivos de BE auto relatados. Cada pergunta foi pontuada em uma escala de 7 pontos, na qual “1” e “7” representaram avaliações de BE “muito, muito boa” e “muito, muito ruim”, respectivamente. O índice de Hooper (IH), como uma medida geral de BE, foi calculado somando seus quatro parâmetros (Hooper e Mackinnon, 1995) (Anexo 3). A escala PSR foi aplicada antes do início de cada sessão para avaliar o estado de recuperação dos atletas. Essa pergunta foi pontuada em uma escala de 10 pontos, na qual “1” e “10” representaram “recuperação ruim/extremamente cansado” e “totalmente recuperado/altamente enérgico-vigoroso”, respectivamente (Laurent *et al.*, 2011) (Anexo 4). A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi pontuada na escala CR-10, variando de “0” a “10”, representando “condição de descanso” e “esforço físico máximo”, respectivamente. Adaptada de Foster *et al.* (2001), a PSE foi solicitada 10 a 20 minutos após a sessão, e a resposta foi multiplicada pela duração da sessão em minutos para derivar a sPSE, um indicador de carga interna (Anexo 5). Para a análise dos dados de BE, PSR, PSE e sPSE, foi utilizado o somatório dos valores de quatro dias da semana. A partir de agora, para o somatório semanal de BE, PSR, PSE e sPSE, utilizaremos BES, PSRS, PSES e sPSES respectivamente.

3.6 Variabilidade da frequência cardíaca em repouso (VFCr)

As medições de VFCr foram coletadas dos atletas antes de cada sessão de treinamento usando um aplicativo de smartphone (Elite HRV; Elite HRV LLC, 2023) e um monitor de frequência cardíaca (Coospo H6; Coospo Technology Co., Ltd, 2023) com uma taxa de aquisição de dados de 300 Hz. Kwon *et al.* (2018) mostraram que uma frequência de amostragem de 250 Hz seria aceitável para análises de VFC tanto no domínio do tempo quanto da frequência. Os atletas foram instruídos a sentar-se em posição ereta e registrar a VFCr sob respiração espontânea e regular (Saboul *et al.*,

2013). Cada sessão de registro de VFCr durou 5 minutos, precedida por um período de estabilização de 5 minutos em repouso na mesma posição. Os parâmetros de VFCr analisados incluíram, no domínio do tempo, FC em repouso (FCr), raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R sucessivos (RMSSD) e logaritmo natural do RMSSD ($\ln(\text{RMSSD})$); e no domínio da frequência, a potência da alta frequência (HF) e a razão entre potência de baixa frequência e alta frequência (LF/HF).

3.7 Prova de nado livre de 100 metros

Os atletas realizaram um aquecimento na piscina consistindo em 300 metros de nado livre em baixa intensidade. Após o aquecimento, eles realizaram individualmente duas provas de nado livre de 100 metros com um intervalo de 10 minutos entre eles, visando alcançar o menor tempo possível em cada teste. O menor tempo para completar 100 metros foi utilizado para as análises (Dingley *et al.*, 2015).

3.8 Salto com contra movimento (SCM)

O SCM foi realizado sem o uso de assistência dos braços, com as mãos na cintura. A altura do salto vertical foi registrada usando uma plataforma de contato. Cada atleta realizou três tentativas, com encorajamento para saltar o mais alto possível em todas as tentativas. A altura média, em centímetros, dos três saltos foi utilizada para análise (Markovic *et al.*, 2004).

3.9 Testes de apneia

O desempenho em três diferentes condições de apneia foi avaliado: 1) AES, 2) AEM e 3) ADM. Na AES, a FC foi registrada a cada 10 segundos através de um monitor de frequência cardíaca (Coospo H6; Coospo Technology Co., Ltd, 2023). Em posição sentada, os atletas iniciaram a preparação para a apneia, que consistiu em respiração lenta (i.e. 5 a 6 ciclos respiratórios por minuto) (Shah *et al.*, 2020), depois fizeram uma inalação profunda, mas não máxima, e seguraram a respiração pelo maior tempo possível. Na AEM, os atletas permaneceram em posição prona na piscina, mas não submersos, ou seja, o corpo foi mantido na superfície da água, com as mãos na borda da piscina. Após realizar a mesma preparação que na AES, eles submergiram o rosto na

água e seguraram a respiração pelo maior tempo possível. O tempo máximo de apneia em AES e AEM foi registrado e usado para análise. O teste de ADM ocorreu em uma piscina olímpica (50 metros). Os atletas foram orientados a cobrir a maior distância possível sem respirar a uma velocidade auto controlada, utilizando o estilo crawl. A distância e o tempo foram registrados para análise.



Atleta realizando o teste de AES.

Fonte: foto tirada durante a coleta de dados

3.10 Análises estatísticas

Todos os dados foram expressos como médias $\pm$ DP. O pacote de estatísticas IBM SPSS 22 foi usado para as análises estatísticas e o GraphPad Prism versão 8 (GraphPad Software, San Diego, Califórnia, EUA) para os gráficos. Para avaliar os efeitos do treinamento em apneia nas variáveis medidas ao longo do período de 5 semanas do estudo, foi aplicada uma ANOVA *one way* de medidas repetidas. A análise

dos dados de sPSES, PSRS e BES envolveu o cálculo do somatório semanal de quatro dias por semana, enquanto os parâmetros de VFCr foram avaliados usando a média de três medições semanais. Além disso, foi realizada uma análise de correlação de Pearson para avaliar a relação entre PSRS e sPSES. Os tamanhos de efeito foram calculados usando eta quadrado (η^2), fornecendo uma medida da magnitude do efeito da intervenção. De acordo com Cohen *et al.* (1969), essa medida considera valores menores que 0.2 como "pequenos", de 0.21 a 0.5 como "médios", de 0.51 a 0.8 como "grandes" e maiores que 0.8 como "muito grandes".

4 RESULTADOS

4.1 Testes de apneia

Em relação aos testes de apneia, a ANOVA indicou um aumento significativo no tempo de AEM nas semanas 2, 4 e 5 ($p = 0,027$; $\eta^2 = 0,514$), mas o post hoc de Bonferroni não conseguiu determinar a semana que foi diferente. Isso pode ser devido à alta variabilidade nos valores. O treinamento em apneia não levou a mudanças significativas no tempo de AES ($p = 0,881$; $\eta^2 = 0,025$) e ADM ($p = 0,666$; $\eta^2 = 0,097$) ou na distância de ADM ($p = 0,201$; $\eta^2 = 0,231$) (Tabela 3).

Tabela 3 - Desempenho de apneia nas três condições (AES, AEM e ADM)

Variável	Semana 2 Média ($\pm$ DP)	Semana 4 Média ($\pm$ DP)	Semana 5 Média ($\pm$ DP)
Tempo AES (seg)	91.2 (41.4)	93 (46.8)	82.2 (34.2)
Tempo AEM (seg)	67.8 (18.6) *	79.8 (21.6) *	99 (33.6) *
Distância ADM (m)	31.16 (6.24)	31.48 (10.47)	34.83 (7.46)
Tempo ADM (seg)	24.84 (3.76)	24.96 (3.24)	26.40 (3.49)

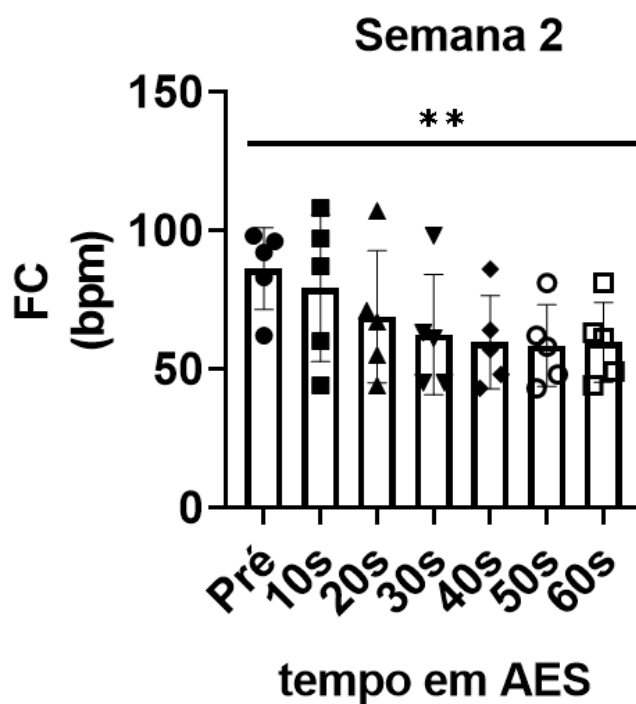
AES, Apneia Estática Seca; AEM, Apneia Estática Molhada; ADM, Apneia Dinâmica Molhada; DP, desvio padrão. *Diferença estatística.

4.2 Resposta da frequência cardíaca (FC) à apneia estática seca (AES)

Nos três testes (ou seja, semanas 2, 4 e 5), a frequência cardíaca (FC) mostrou uma grande queda ao longo de 60 segundos de DSA (Semana 2: $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,640$,

FIGURA 2; Semana 4: $p = 0,002$, $\eta^2 = 0,552$, FIGURA 3; Semana 5: $p = 0,006$; $\eta^2 = 0,501$, FIGURA 4) .

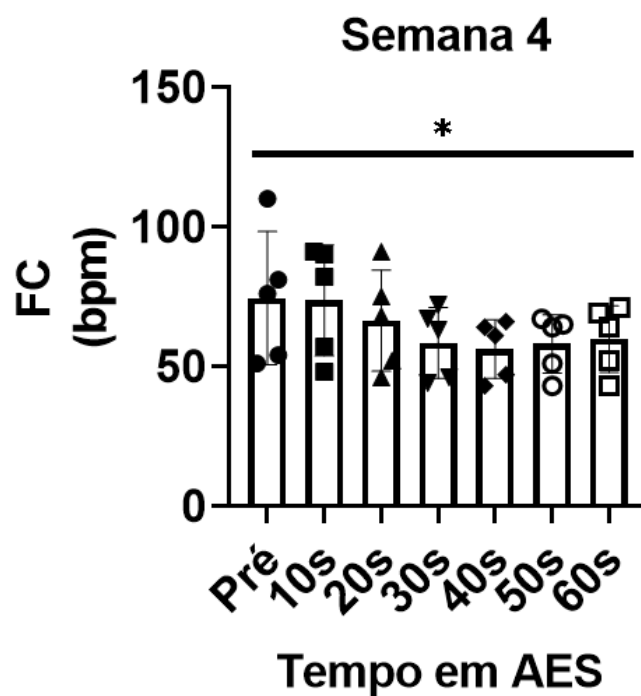
Figura 2 – Frequência cardíaca nos primeiros 60'' em apneia estática seca na semana 2



FC, frequência cardíaca; AES, apneia estática seca. **Diferença estatística. $P < 0,01$

Figura 3 – Frequência cardíaca nos primeiros 60” em apneia estática seca na semana

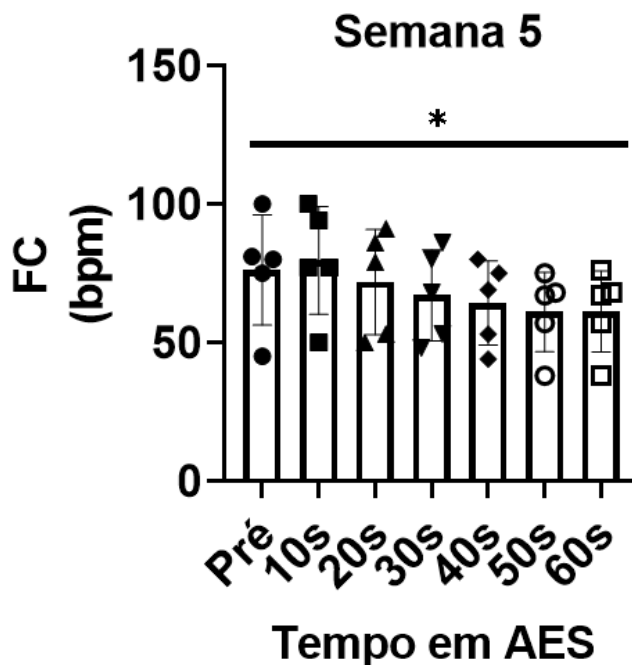
4



FC, frequência cardíaca; AES, apneia estática seca. *Diferença estatística. $P < 0,05$

Figura 4 – Frequência cardíaca nos primeiros 60” em apneia estática seca na semana

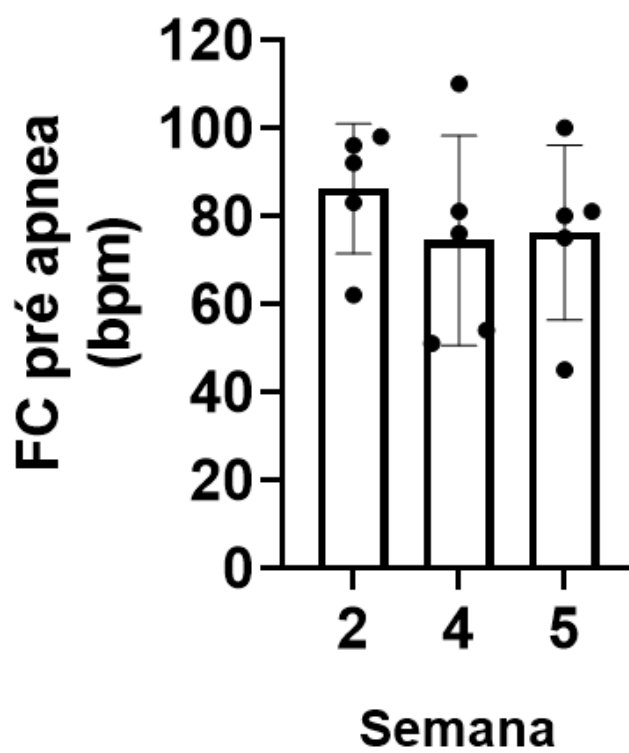
5



FC, frequência cardíaca; AES, apneia estática seca. *Diferença estatística. $P < 0,05$

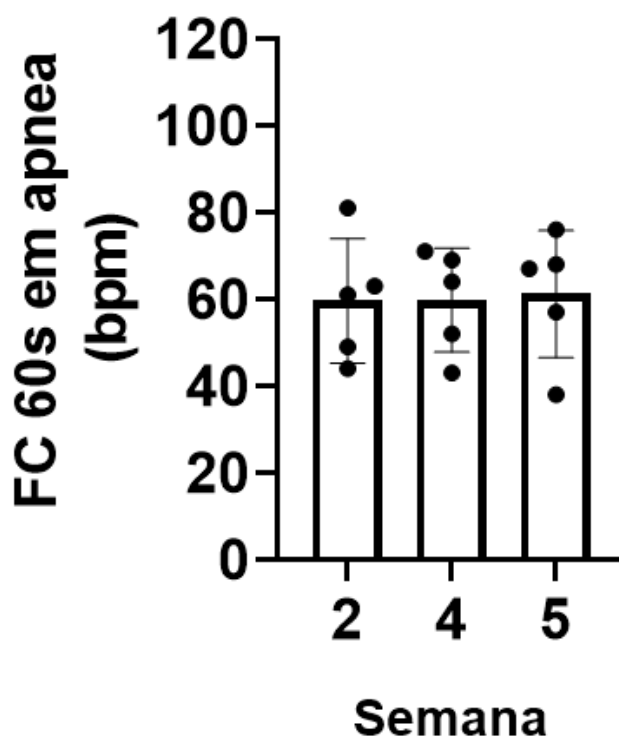
A FC pré-apneia e a FC aos 60 segundos em apneia nas semanas 2, 4 e 5 não revelaram diferença estatística ($p = 0,423$, $\eta^2 = 0,193$; $p = 0,967$, $\eta^2 = 0,008$) (Figura 5 e 6), sugerindo que o reflexo imersivo foi estimulado nos três testes, mas sua magnitude não foi aumentada pelo TAEM (i.e., na semana 5).

Figura 5 – Frequência cardíaca pré apneia estática seca nas semanas 2, 4 e 5



FC, frequência cardíaca; AES, apneia estática seca.

Figura 6 – Frequência cardíaca com 60s em apneia estática seca nas semanas 2, 4 e 5



FC, frequência cardíaca; AES, apneia estática seca.

4.3 Resposta da variabilidade da frequência cardíaca de repouso (VFCr) ao Treinamento de apneia estática molhada (TAEM)

A análise dos dados de VFCr não revelou diferenças estatisticamente significativas em nenhum parâmetro. Os dados dos parâmetros de VFC incluíram RMSSD ($p = 0,612$, $\eta^2 = 0,120$), Ln (RMSSD) ($p = 0,760$, $\eta^2 = 0,085$), CV Ln (RMSSD) ($p = 0,219$, $\eta^2 = 0,288$), HF ($p = 0,447$, $\eta^2 = 0,127$), razão LF/HF ($p = 0,444$, $\eta^2 = 0,163$) e FC em repouso ($p = 0,419$, $\eta^2 = 0,170$), e permaneceram inalterados ao longo do período

do estudo, sugerindo que o protocolo de curto prazo de treinamento em apneia foi insuficiente para induzir adaptações autonômicas significativas nos atletas (Tabela 4).

Tabela 4 – Parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca

Variável	Semana 1 Média (± DP)	Semana 2 Média (± DP)	Semana 4 Média (± DP)	Semana 5 Média (± DP)
FCr (bpm)	76.83 (12.92)	74.83 (11.30)	75.33 (11.54)	74.67 (13.10)
RMSSD (ms)	51.15 (27.02)	50.49 (27.53)	53.42 (34.94)	56.31 (26.48)
Ln (RMSSD) (ms)	3.77 (0.45)	3.78 (0.48)	3.83 (0.56)	3.85 (0.49)
CV Ln (RMSSD) (%)	3.415 (3.335)	2.382 (2.333)	4.138 (3.464)	6.571 (2.564)
HF (ms²)	1192.60 (1611.42)	995.59 (1046.58)	1327.88 (1771.53)	1261.32 (1721.69)
LF/HF (a.u.)	2.375 (0.618)	1.928 (0.664)	2.753 (1.115)	2.655 (1.482)

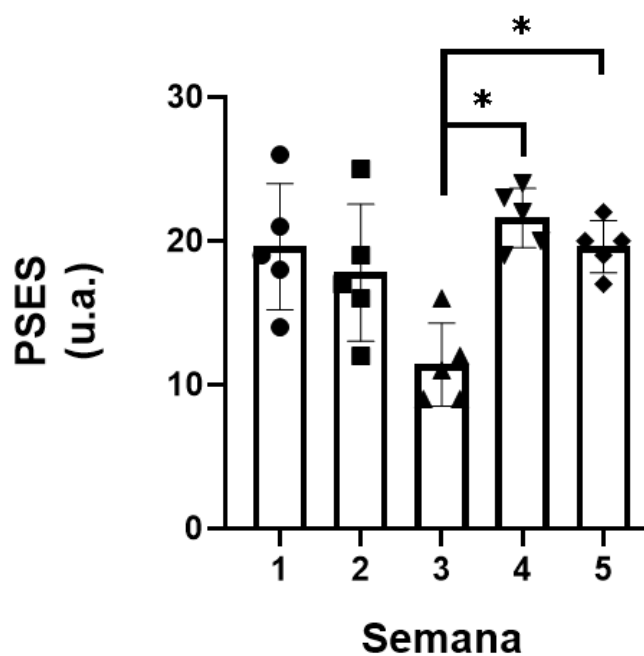
FCr, Frequência cardíaca de repouso; RMSSD, raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R sucessivos; Ln(RMSSD), logaritmo natural do RMSSD; HF, potência da alta frequência ; LF/HF, razão entre potência de baixa frequência e alta frequência.

4.4 Percepção subjetiva de esforço semanal (PSES), percepção subjetiva de esforço sessão semanal (sPSES), percepção subjetiva de recuperação semanal (PSRS) e Parâmetros de Bem-Estar (BE)

A PSES dos atletas apresentou valores mais altos (grande efeito) nas semanas 4 e 5 em comparação com a semana 3 ($p = 0,028$, $\eta^2 = 0,717$; $p = 0,046$; $\eta^2 = 0,717$) (Figura 7). As outras semanas analisadas não mostraram diferença estatística ($p > 0,05$). Similarmente à PSES dos atletas, a carga interna de treinamento avaliada pela sPSES apresentou valores mais altos (efeito muito grande) nas semanas 4 e 5 em comparação com a semana 3 ($p = 0,017$, $\eta^2 = 0,805$; $p = 0,047$; $\eta^2 = 0,805$) (Figura 8). As outras semanas analisadas não mostraram diferença estatística ($p > 0,05$). Os atletas apresentaram valores mais altos de PSRS na semana 5, ou seja, após o treinamento em apneia, em comparação com a semana 2 ($p = 0,034$; $\eta^2 = 0,703$) (Figura 9). As outras semanas analisadas não mostraram diferença estatística ($p > 0,05$). Os resultados da

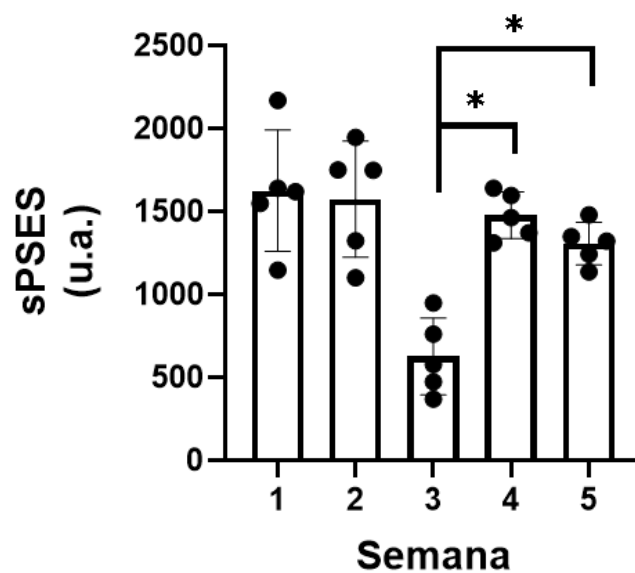
correlação de Pearson indicaram uma forte correlação negativa entre PSRS e sPSES ($p = 0.002$; $r = -0.586$) (Figura 10).

Figura 7 – Percepção subjetiva de esforço semanal



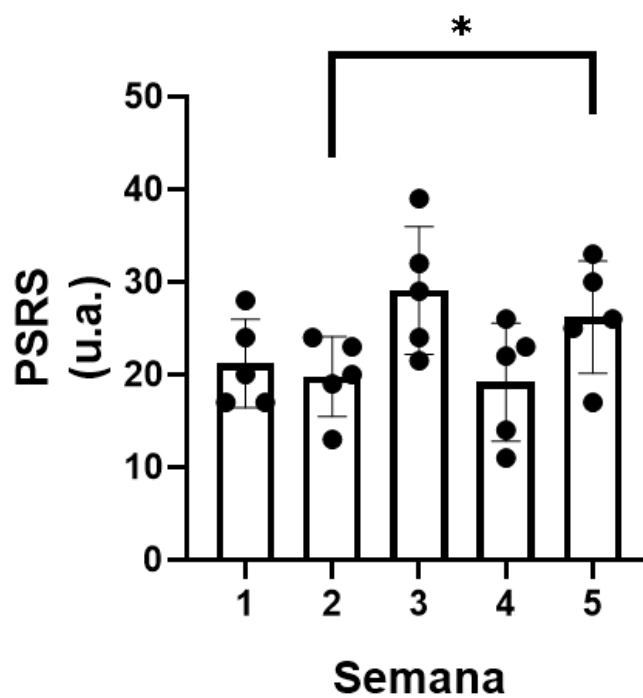
PSES, soma do valor semanal da percepção subjetiva de esforço; u.a., unidade arbitrária. *Diferença estatística. $P < 0,05$

Figura 8 – Percepção subjetiva de esforço sessão semanal



sPSES, soma do valor semanal de percepção subjetiva de esforço sessão; u.a., unidade arbitrária

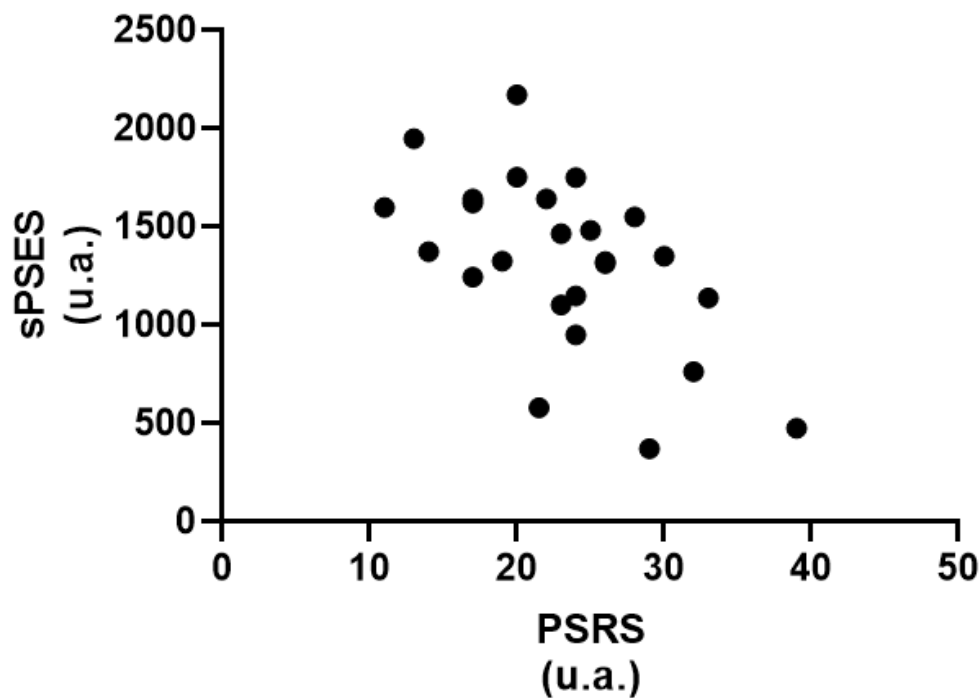
*Diferença estatística. $P < 0,05$

Figura 9 – Percepção subjetiva de recuperação semanal

PSRS, soma do valor semanal de percepção subjetiva de recuperação; u.a., unidade arbitrária.

*Diferença estatística. $P < 0,05$

Figura 10 - Correlação entre percepção subjetiva de recuperação e percepção subjetiva de esforço semanal



PSRS, soma do valor semanal de percepção subjetiva de recuperação; SPSES, soma do valor semanal de percepção subjetiva de esforço sessão; u.a., unidade arbitrária.

A tabela 5 mostra que a qualidade do sono, avaliada pela escala de BE de Hooper, teve uma melhora moderada ao longo das semanas ($p = 0,034$; $\eta^2 = 0,460$), mas o post hoc de Bonferroni não conseguiu determinar a semana que foi diferente. O tempo total de sono não foi alterado ao longo das semanas ($p = 0,349$, $\eta^2 = 0,231$). Dor muscular ($p = 0,246$, $\eta^2 = 0,274$), estresse ($p = 0,618$, $\eta^2 = 0,145$) e fadiga ($p = 0,331$, $\eta^2 = 0,238$) não mostraram diferença significativa ao longo das semanas (tabela 4).

Tabela 5 – Escala de bem-estar de Hooper e tempo total de sono

Variável	Semana 1 Média (± DP)	Semana 2 Média (± DP)	Semana 3 Média (± DP)	Semana 4 Média (± DP)	Semana 5 Média (± DP)
Dor muscular (a.u.)	13.6 (5.85)	11.2 (3.92)	10 (2.24)	11.6 (2.61)	12.6 (3.51)
Estresse (a.u.)	8.4 (4.32)	7.6 (3.84)	8.4 (3.36)	8.8 (4.39)	7.8 (2.68)
Fadiga (a.u.)	14.2 (4.32)	11.8 (3.49)	11.2 (3.11)	12.6 (2.61)	11 (3.74)
Sono (a.u.)	12.6 (1.02) *	11.8 (2.68) *	10.4 (4.08) *	10.6 (3.13) *	9 (2.68) *
Índice de Hooper (a.u.)	48.8 (12.31)	42.4 (12.49)	40 (11.18)	43.6 (10.98)	40.4 (8.86)
Tempo total de sono (h)	7.32 (0.56)	7.13 (0.87)	7.71 (1.13)	7.89 (1.45)	7.53 (0.64)

Índice de Hooper, somatório dos valores de dor muscular, estresse, fadiga e sono; u.a., unidade arbitrária; DP, desvio padrão.

*Diferença estatística. $P < 0,05$

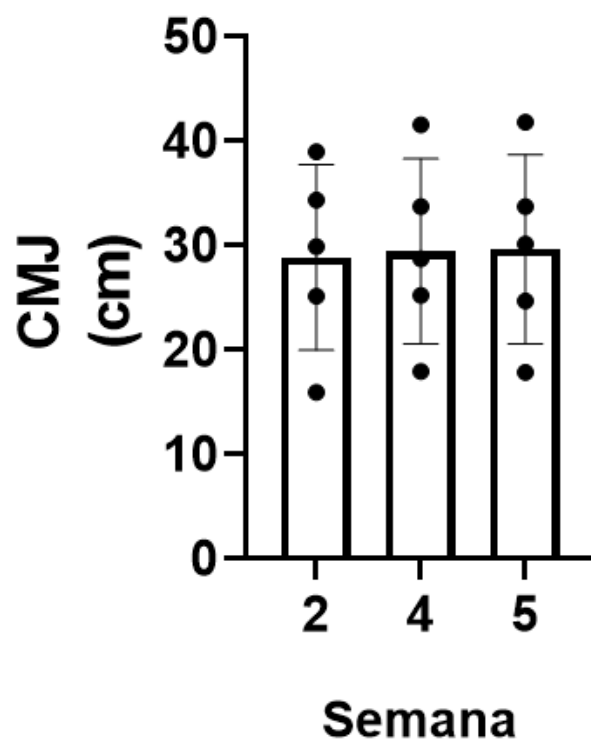
4.4 Resposta da variabilidade da frequência cardíaca de repouso (VFCr) ao Treinamento de apneia estática molhada (TAEM)

A análise dos dados de VFCr não revelou diferenças estatisticamente significativas em nenhum parâmetro. Os dados dos parâmetros de VFC incluíram RMSSD ($p = 0,612$, $\eta^2 = 0,120$), Ln (RMSSD) ($p = 0,760$, $\eta^2 = 0,085$), CV Ln (RMSSD) ($p = 0,219$, $\eta^2 = 0,288$), HF ($p = 0,447$, $\eta^2 = 0,127$), razão LF/HF ($p = 0,444$, $\eta^2 = 0,163$) e FC em repouso ($p = 0,419$, $\eta^2 = 0,170$), e permaneceram inalterados ao longo do período do estudo, sugerindo que o protocolo de curto prazo de treinamento em apneia foi insuficiente para induzir adaptações autonômicas significativas nos atletas (Tabela 5).

4.5 Salto com contramovimento (CMJ) e prova de nado livre de 100 metros

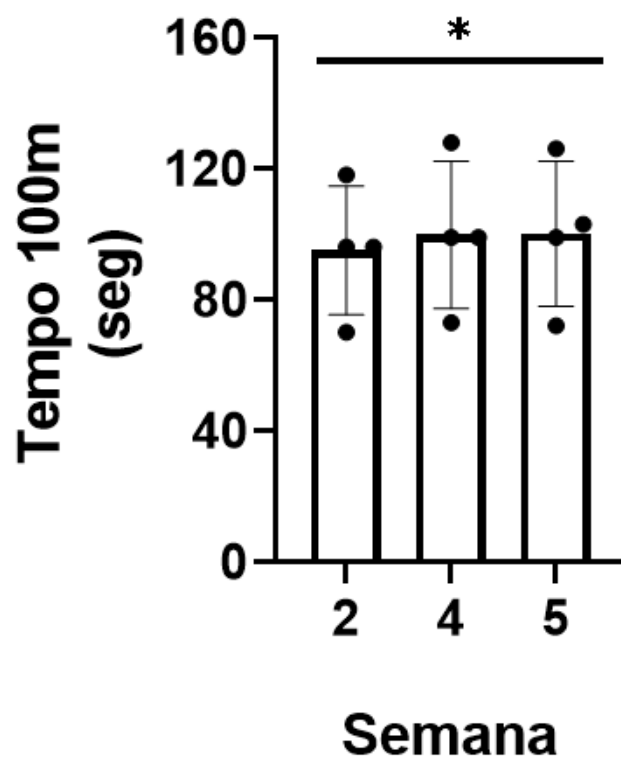
O CMJ não foi afetado ao longo das semanas ($p = 0,812$, $\eta^2 = 0,051$) (Figura 11), mas o tempo da prova de nado livre de 100 metros aumentou significativamente ($p = 0,028$, $\eta^2 = 0,695$), embora o post hoc de Bonferroni não tenha conseguido determinar a semana que foi diferente (Figura 12).

Figura 11 – Altura do salto com contramovimento



CMJ, Salto com contramovimento.

Figura 12 – Tempo da prova de nado livre de 100m



*Diferença estatística. $P < 0,05$

5 DISCUSSÃO

No presente estudo, exploramos os efeitos do TAEM em variáveis relacionadas ao BE, carga interna, recuperação e desempenho físico em para atletas de natação. Os atletas foram monitorados por cinco semanas em diferentes fases do ciclo de treinamento e protocolo do estudo: 1) condição controle nas semanas 1 e 2 – treinamento de natação de alta intensidade e volume seguido de treinamento de força, 2) período de recuperação na semana 3 – treinamento de natação de baixa intensidade e volume, 3) condição TAEM na semana 4 – TAEM imediatamente após o treinamento de natação de alta intensidade e volume (seguido de treinamento de força), e 4) condição pós-TAEM na semana 5 – semelhante às semanas 1 e 2, realizando apenas o treinamento de natação de alta intensidade e volume mais treinamento de força. Este desenho de estudo nos permite avaliar as respostas agudas dos parâmetros psicofisiológicos induzidos pelo TAEM realizado na semana 4 e as respostas adaptativas do TAEM presentes na semana 5.

Um dos achados deste estudo foi a melhoria significativa no PSRS na semana 5 em comparação com a semana 2, indicando uma melhor percepção de recuperação após o TAEM. Até onde sabemos, esta é a primeira evidência mostrando que o TAEM de curto prazo pode melhorar um marcador de recuperação como a PSRS em atletas, especialmente em para atletas de natação. No entanto, esse efeito poderia ter ocorrido devido a cargas externas de treinamento mais baixas (ou seja, natação mais treinamento de força) nas semanas 4 e/ou 5 do que na semana 2. Embora essa ideia seja reforçada pela literatura (Sikorski *et al.*, 2013), mostrando que uma sessão de exercício de alto volume como o treinamento de força em jovens treinados reduz os escores de PSR, nossos dados descartam essa possibilidade porque as cargas externas de treinamento foram semelhantes nas semanas 2, 4 e 5.

Além da carga externa de treinamento, a carga interna de treinamento poderia ter sido menor durante e/ou após o TAEM, ou seja, nas semanas 4 e 5, respectivamente, explicando os valores mais altos de PSRS na semana 5. Esta noção é suportada pelo estudo de Sawczuk *et al.* (2022) que encontrou uma correlação negativa entre PRS e carga interna de treinamento avaliada pelo sPSE em atletas jovens. Por um lado,

também observamos uma grande correlação negativa entre PSRS e sPSES em para atletas de natação. Por outro lado, nossos dados mostram que, apesar dos valores de sPSES serem mais altos nas semanas 4 e 5 em comparação com a semana 3, ou seja, durante o período de recuperação, os valores de PSRS foram semelhantes nas semanas 3 e 5. Mais importante, a carga externa de treinamento e os valores de sPSES foram semelhantes nas semanas 1, 2, 4 e 5, mas os valores de PSRS foram mais altos na semana 5, indicando uma melhor percepção de recuperação pós-TAEM independentemente da carga de treinamento.

A qualidade da fadiga, estresse, sono e dor muscular, os parâmetros que constituem o status de BE, também podem influenciar a recuperação dos atletas e justificar o aumento no valor de PSRS na semana 5. Ouergui *et al.* (2020) mostraram que a escala total de qualidade de recuperação (TQR), outra ferramenta para avaliar o status de recuperação subjetiva, foi negativamente correlacionada com sono, estresse, fadiga, dor muscular e IH durante 4 semanas de períodos intensificados e foi negativamente correlacionada com sono, estresse, fadiga, dor muscular e IH durante 12 dias de redução. Em nosso estudo, avaliamos os mesmos parâmetros de BE ao longo das cinco semanas do protocolo do estudo, mas, exceto pela qualidade do sono, não foram observadas mudanças significativas. A percepção dos atletas sobre a qualidade do sono melhorou ao longo de cinco semanas, mas isso não indica necessariamente uma relação com o TAEM porque o teste post-hoc não identificou quando a mudança ocorreu, ou seja, em qual semana. Rabbani *et al.* (2019) examinaram jogadores de futebol profissionais ao longo de um período de 3 semanas, monitorando o Índice de Hooper (IH) e VFC nos dias de jogo e nos quatro dias seguintes. Eles descobriram que, enquanto o IH era uma medida mais sensível e estável de fadiga induzida pelo jogo, a VFC mostrava mudanças menos consistentes. Em nosso estudo, a ausência de mudanças significativas na VFCr poderia ser atribuída ao curto período de intervenção ou à variabilidade individual nas respostas dos atletas ao treinamento de apneia.

Um dos principais efeitos da resposta fisiológica humana à apneia estática, também chamada de resposta ao mergulho, é a bradicardia (SCHALLER, 2004). Em concordância, observamos uma redução da FC durante os testes de AES realizados nas

semanas 2, 4 e 5. A apneia por si só é suficiente para provocar bradicardia, mas associá-la à imersão facial induz uma resposta de bradicardia mais forte (revisado por Elia *et al.*, 2021). Por essas razões, é provável que nosso protocolo de TAEM tenha sido eficiente em induzir importantes distúrbios fisiológicos, levando ao aumento do PSRS na semana 5. Um estudo explorando técnicas de modulação sensorial em estudantes de mestrado sugere que o reflexo de mergulho estimulado por apneia e resfriamento facial, com bolsas de água resfriadas em um refrigerador, é eficaz na redução da FC e ansiedade, promovendo BE psicológico (Keptner *et al.*, 2020). Esses efeitos podem ser mediados pela ativação do sistema nervoso parassimpático (SNP), porque 1) a resposta ao mergulho é o reflexo autônomo mais poderoso conhecido até agora (Panneton, 2013), e 2) o SNP reduz a FC e a ansiedade (Panneton, 2013), e melhora o sono (Tobaldini *et al.*, 2013) e a recuperação (Borresen *et al.*, 2009).

Um método conveniente para avaliar a atividade do SNP é o monitoramento do Ln (RMSSD), um dos parâmetros obtidos da VFCr (Plews *et al.*, 2013). Neste estudo, Lemaître *et al.* (2008) avaliaram cinco mergulhadores de elite e cinco mergulhadores novatos que realizaram AEM máxima com imersão facial em água fria. Os resultados mostraram que uma única sessão de apneia foi suficiente para aumentar o Ln (RMSSD) tanto nos mergulhadores de elite quanto nos novatos, destacando as respostas autônomas agudas. No entanto, os mergulhadores de elite exibiram uma resposta bifásica da frequência cardíaca, com uma diminuição inicial seguida por uma segunda diminuição, menos pronunciada, coincidindo com um aumento significativo no RMSSD e uma desaturação arterial de oxigênio acentuada. Em contraste, os mergulhadores novatos exibiram apenas uma única diminuição da frequência cardíaca, ocorrendo antes das mudanças simultâneas na saturação de oxigênio arterial e no RMSSD. Essa resposta bifásica nos mergulhadores de elite sugere que uma atividade vagal mais pronunciada e mecanismos eficientes de conservação de oxigênio são induzidos pelo treinamento prolongado de apneia (Lemaître *et al.*, 2008). No entanto, no presente estudo, mudanças autonômicas não foram observadas em nenhum momento. Corroborando com nosso estudo, Edmonds *et al.* (2015) também relataram nenhuma mudança significativa na VFC entre para atletas de natação durante períodos regulares

de treinamento, sugerindo que a VFC pode não ser um marcador sensível para todos os tipos de adaptações ao treinamento nesta população. Em resumo, enquanto o reflexo de mergulho foi ativado agudamente durante a apneia seca estática, a ausência de mudanças significativas em marcadores autonômicos crônicos, como a VFCr, em nosso estudo, alinha-se com os achados de Edmonds *et al.* (2015) e sugere a necessidade de períodos de intervenção mais longos ou diferentes protocolos de apneia para observar tais adaptações em para atletas de natação.

Em relação aos testes de desempenho específicos de apneia, embora o teste de AEM tenha mostrado melhoria significativa, o teste post-hoc não pôde identificar onde essa melhoria ocorreu. Portanto, não podemos atribuir essa melhoria ao treinamento de apneia. Engan *et al.* (2011) descobriram que o treinamento diário de apneia levou a melhorias nos tempos de apneia e adaptações fisiológicas, como aumento da contração esplênica, aumentando a concentração de glóbulos vermelhos. Em seu estudo, dez participantes (quatro mulheres e seis homens, com idade de 25 ± 6 anos) seguiram um protocolo de 12 dias de treinamento diário de AES, realizando 10 apneias de esforço máximo por dia, divididas em duas séries de cinco apneias com intervalos de 2 minutos, e um descanso de 10 minutos entre as séries. Essas apneias foram realizadas em repouso, sentados ou deitados. Este treinamento resultou em um aumento de 28% na duração total da apneia e uma bradicardia mais pronunciada na resposta ao mergulho. No entanto, Bouten *et al.* (2022) examinaram o impacto de seis semanas de treinamento de apneia estática em massa de hemoglobina e desempenho no exercício. Em seu estudo, vinte e dois participantes do sexo masculino foram randomizados para um grupo de treinamento de apneia ou um grupo controle. O grupo de apneia realizou cinco apneias estáticas de esforço máximo diárias com intervalos de 30 segundos entre as apneias, durante um período de seis semanas. Apesar da melhoria nos tempos de apneia, não foram observadas mudanças significativas na massa de hemoglobina (Hbmass) ou no desempenho geral no exercício, medido pelo VO2 pico e um teste de tempo de 3 km de ciclismo. Além disso, o protocolo não resultou em aumentos agudos significativos nos níveis de eritropoietina (EPO). Nosso estudo não observou melhoria nos tempos de apneia em AES e ADM e a melhoria no AEM não pode ser atribuída ao

TAEM. Enquanto Engan *et al.* (2011) e Bouten *et al.* (2022) encontraram melhorias no desempenho de apneia após seus respectivos protocolos de treinamento de apneia, a ausência de melhoria no desempenho de apneia com TAEM no presente estudo pode indicar que, como nadadores, esses atletas já possuem alguma adaptação ao treinamento de apneia. Portanto, eles necessitariam de um protocolo com maior volume e/ou intensidade para observar mudanças nos parâmetros estudados.

Finalmente, em relação ao desempenho físico, em nosso estudo a melhoria na percepção de recuperação não refletiu uma melhoria no desempenho do SCM, corroborando com Sawczuk *et al.* (2017), que avaliaram jovens atletas de diferentes esportes e demonstraram nenhuma relação significativa entre as medidas de SCM e PRS. Em outras palavras, a capacidade de salto medida pelo SCM não foi correlacionada com as percepções de recuperação dos atletas relatadas na escala de PRS. Em relação ao teste de natação de 100m realizado nas semanas 2, 4 e 5, o teste ANOVA mostrou um declínio no desempenho; no entanto, o teste post-hoc não identificou onde essa diferença ocorreu. A diferença de desempenho aparece na semana 2, com testes de pré e pós-apneia (semanas 4 e 5, respectivamente) ambos mostrando tempos médios mais altos do que a semana 2, indicando que a diferença identificada pelo teste ANOVA é comparada com a semana 2. Esses achados contrastam com os resultados de Woorons *et al.* (2017), que relataram melhorias significativas no desempenho em testes de natação de 100m, 200m e 400m após um protocolo de treinamento de ADM em triatletas duas vezes por semana durante cinco semanas. A discrepância entre nossos achados e os de Woorons *et al.* (2017) pode ser devido à diferença dos protocolos de treinamento de apneia. Enquanto Woorons *et al.* empregaram uma abordagem dinâmica com intervalos curtos de alta intensidade que podem ter fornecido um estímulo anaeróbico maior, nosso estudo utilizou um protocolo estático que pode não ter provocado o mesmo nível de adaptação anaeróbica ou melhoria de desempenho nos nadadores.

6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas ao interpretar os resultados. Primeiramente, o tamanho da amostra foi pequeno, com apenas cinco para atletas de natação, o que limita a confiabilidade dos achados. Além disso, a curta duração do protocolo de TAEM pode não ter sido suficiente para induzir adaptações fisiológicas significativas, como evidenciado pela ausência de mudanças nos parâmetros de VFC. A alta variabilidade nos tempos de apneia e a falta de um grupo controle são outras limitações que podem ter influenciado os resultados. Por fim, a variabilidade individual nas respostas ao treinamento também pode ter impactado os resultados do estudo.

7 CONCLUSÕES

O presente estudo revelou que o TAEM pode ter efeitos benéficos na percepção de recuperação dos nadadores paralímpicos, conforme evidenciado pelo aumento significativo na PSRS na semana pós-TAEM. Este achado sugere que o TAEM poderia ser uma estratégia viável para melhorar a percepção de recuperação dos atletas, mesmo que não tenham sido observadas mudanças significativas nos parâmetros fisiológicos de VFC. No entanto, a ausência de melhorias no desempenho físico, especificamente na prova de nado livre de 100 metros, destaca a necessidade de ajustar o protocolo de treinamento de apneia para incluir diferentes condições de apneia ou mesmo maior volume ou intensidade para alcançar benefícios fisiológicos e de desempenho comparáveis aos observados em outros estudos. Na população de para atletas no geral o treinamento de apneia apresenta uma vantagem adicional que além de barato é uma estratégia que pode ser utilizada independente da condição física do atleta. Esses resultados ressaltam a importância de personalizar e ajustar as intervenções de treinamento de apneia para maximizar os benefícios em diferentes contextos esportivos.

REFERÊNCIAS

- ALBONI, Paolo; ALBONI, Marco; GIANFRANCHI, Lorella. Diving bradycardia: a mechanism of defence against hypoxic damage. **Journal of Cardiovascular Medicine (Hagerstown)**, v. 12, n. 6, p. 422-427, 2011. DOI: 10.2459/JCM.0b013e328344bcde. Disponível em: https://journals.lww.com/jcardiovascularmedicine/abstract/2011/06000/diving_bradycardia__a_mechanism_of_defence_against.10.aspx. Acesso em: 25 fev. 2024.
- ANDERSSON, J. P. A. *et al.* Cardiovascular and respiratory responses to apneas with and without face immersion in exercising humans. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 96, n. 3, p. 1005–10, mar. 2004. Disponível em: https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/japplphysiol.01057.2002?rfr_dat=cr_pub++0pubmed&url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org. Acesso em: 15 jan. 2024.
- BORRESEN, J.; LAMBERT, M. I. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. **Sports medicine**, Auckland, v. 39, n. 9, p. 779–95, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.2165/11317780-000000000-00000>. Acesso em: 12 jan. 2024.
- BOUTEN, J. *et al.* Six weeks of static apnea training does not affect Hbmass and exercise performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 132, n. 3, p. 673–681, 1 mar. 2022.
- BUCHHEIT, M. *et al.* Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. **European journal of applied physiology**, v. 108, n. 6, p. 1153–67, abr. 2010.
- BUCHHEIT, M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? **Frontiers in physiology**, v. 5, p. 73, 2014.
- COHEN, J. A power primer. **Psychological bulletin**, v. 112, n. 1, p. 155–9, jul. 1992.
- DINGLEY, A. A. *et al.* Effectiveness of a dry-land resistance training program on strength, power, and swimming performance in paralympic swimmers. **Journal of strength and conditioning research**, v. 29, n. 3, p. 619–26, mar. 2015.
- EDMONDS, R. *et al.* Effect of chronic training on heart rate variability, salivary IgA and salivary alpha-amylase in elite swimmers with a disability. **PloS one**, v. 10, n. 6, p. e0127749, 2015.
- ELIA, A. *et al.* Physiology, pathophysiology and (mal)adaptations to chronic apnoeic training: a state-of-the-art review. **European journal of applied physiology**, v. 121, n. 6, p. 1543–1566, jun. 2021.

- ENGAN, H. *et al.* Effects of two weeks of daily apnea training on diving response, spleen contraction, and erythropoiesis in novel subjects. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 23, n. 3, p. 340–8, jun. 2013.
- ESTEVES, A. M. *et al.* Avaliação da qualidade de vida e do sono de atletas paralímpicos brasileiros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 21, n. 1, p. 53–56, 2015.
- FOSTER, C. *et al.* A new approach to monitoring exercise training. **Journal of strength and conditioning research**, v. 15, n. 1, p. 109–15, fev. 2001.
- HOOVER, S. L.; MACKINNON, L. T. Monitoring overtraining in athletes. Recommendations. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 20, n. 5, p. 321–7, nov. 1995.
- IMPELLIZZERI, F. M.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Internal and External Training Load: 15 Years On. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 2, p. 270–273, 1 fev. 2019.
- JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **The British journal of nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497–504, nov. 1978.
- KEPTNER, K. M.; FITZGIBBON, C.; O’SULLIVAN, J. Effectiveness of anxiety reduction interventions on test anxiety: A comparison of four techniques incorporating sensory modulation. **British Journal of Occupational Therapy**, v. 84, n. 5, p. 289–297, 1 maio 2021.
- KOSKOLOU, M. D. *et al.* Physiological Responses during Prolonged Immersed Static Apnea in Well-Trained Apneists. **Physiologia**, v. 3, n. 4, p. 552–562, 1 nov. 2023.
- KOVACS, C.; ABADIE, C. **Prediction of one repetition maximum (1-RM) strength from a 4-6 RM and a 7-10 RM submaximal strength test in healthy young adult males.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/228503989>>.
- KWON, O. *et al.* Electrocardiogram sampling frequency range acceptable for heart rate variability analysis. **Healthcare Informatics Research**, v. 24, n. 3, p. 198–206, 1 jul. 2018.
- LAURENT, C. M. *et al.* A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. **Journal of strength and conditioning research**, v. 25, n. 3, p. 620–8, mar. 2011.
- LEMAÎTRE, F. *et al.* Static apnea effect on heart rate and its variability in elite breath-hold divers. **Aviation, space, and environmental medicine**, v. 79, n. 2, p. 99–104, fev. 2008.
- LEMAÎTRE, F. *et al.* Apnea training effects on swimming coordination. **Journal of strength and conditioning research**, v. 23, n. 6, p. 1909–14, set. 2009.

LEMAÎTRE, F.; JOULIA, F.; CHOLLET, D. Apnea: a new training method in sport? **Medical hypotheses**, v. 74, n. 3, p. 413–5, mar. 2010.

MARKOVIC, G. *et al.* Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. **Journal of strength and conditioning research**, v. 18, n. 3, p. 551–5, ago. 2004.

MARTIN, J. J. (2010). Athletes with physical disabilities. *Routledge Handbook of Applied Sport Psychology*, 1, 432–440.

MONTULL, L. *et al.* Integrative Proposals of Sports Monitoring: Subjective Outperforms Objective Monitoring. **Sports Medicine - Open**, v. 8, n. 1, 1 dez. 2022.

OUERGUI, I. *et al.* Relationship between Perceived Training Load, Well-Being Indices, Recovery State and Physical Enjoyment during Judo-Specific Training. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 20, 11 out. 2020.

PANNETON, W. M. The mammalian diving response: an enigmatic reflex to preserve life? **Physiology (Bethesda, Md.)**, v. 28, n. 5, p. 284–97, set. 2013.

PLEWS, D. J. *et al.* Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. **Sports Medicine**, set. 2013.

RABBANI, A. *et al.* Match fatigue time-course assessment over four days: Usefulness of the hooper index and heart rate variability in professional soccer players. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. FEB, 2019.

SABOUL, D.; PIALOUX, V.; HAUTIER, C. The impact of breathing on HRV measurements: implications for the longitudinal follow-up of athletes. **European journal of sport science**, v. 13, n. 5, p. 534–42, 2013.

SAW, A. E.; MAIN, L. C.; GASTIN, P. B. Monitoring the athlete training response: Subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: A systematic review. **British Journal of Sports Medicine**BMJ Publishing Group, , 1 mar. 2016.

SAWCZUK, T. *et al.* Relationships between training load, sleep duration, and daily well-being and recovery measures in youth athletes. **Pediatric Exercise Science**, v. 30, n. 3, p. 345–352, 1 ago. 2018.

SCHAGATAY, E. *et al.* Effects of physical and apnea training on apneic time and the diving response in humans. **European journal of applied physiology**, v. 82, n. 3, p. 161–9, jun. 2000.

SCHAGATAY, E. *et al.* Selected contribution: role of spleen emptying in prolonging apneas in humans. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 90, n. 4, p. 1623–9; discussion 1606, abr. 2001.

SCHALLER, B. Trigemino-cardiac reflex. A clinical phenomenon or a new physiological entity? **Journal of neurology**, v. 251, n. 6, p. 658–65, jun. 2004.

SHAH, N. *et al.* The Effects of Apnea Training, Using Voluntary Breath Holds, on High Altitude Acclimation: Breathe-High Altitude Study. **High Altitude Medicine and Biology**, v. 21, n. 2, p. 152–159, 1 jun. 2020.

SILVA, A. *et al.* Sleep in Paralympic athletes and its relationship with injuries and illnesses. **Physical Therapy in Sport**, v. 56, p. 24–31, 1 jul. 2022.

SIKORSKI, E. M. *et al.* Changes in perceived recovery status scale following high-volume muscle damaging resistance exercise. **Journal of strength and conditioning research**, v. 27, n. 8, p. 2079–85, ago. 2013.

SINGH, R. 4(3): 278-280 Stress Role in Sports Performance of Athlete's. ~ 278 ~ **International Journal of Physical Education, Sports and Health**, v. 4, n. 3, p. 278–280, 2017.

STIELER, E. *et al.* **Current Technologies and Practices to Assess External Training Load in Paralympic Sport: A Systematic Review.** **Journal of Sport Rehabilitation** Human Kinetics Publishers Inc., , 1 ago. 2023.

SYLVIA, K.; CHRYSOULA, C. Physiological Adaptations of Apnea-Conditioned Athletes and their Implications for Synchronized Swimmers' Performance. **Archives of Sports Medicine**, v. 1, n. 1, 8 maio 2017.

TOBALDINI, E. *et al.* Heart rate variability in normal and pathological sleep. **Frontiers in physiology**, v. 4, p. 294, 16 out. 2013.

VERSTAPPEN, S. *et al.* **The Association Between Training Load and Injury Risk in Elite Youth Soccer Players: a Systematic Review and Best Evidence Synthesis.** **Sports Medicine - Open** Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, , 1 dez. 2021.

WOORONS, X. *et al.* Acute effects of repeated cycling sprints in hypoxia induced by voluntary hypoventilation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 12, p. 2433–2443, 1 dez. 2017.

APÊNDICE 1

TITLE: SHORT-TERM WET STATIC APNEA TRAINING ENHANCES PERCEIVED RECOVERY STATUS IN PARA SWIMMERS

RUNNING HEAD: PSYCHOPHYSIOLOGICAL RESPONSES TO APNEA TRAINING IN PARA SWIMMERS

Lucas Siqueira-Moraes^{1,2}, Carolina Batista Simões^{1,2}, Wellington Douglas de Souza^{1,2}, Gabriel Adler Gomes Martins^{1,2}, Christopherson Dias Nascimento³, Gustavo Ramos Dallas Bernardina^{3,6}, Felipe Alencar de Carvalho⁴, Mauro Heleno Chagas^{3,6}, Luciano Sales Prado^{1,3}, Andressa da Silva de Mello^{3,7}, Marco Túlio de Mello^{3,7}, Glauber Santos Ferreira da Silva⁵, Dawit Albieiro Pinheiro Gonçalves^{1,2}

¹Exercise Physiology Laboratory (LAFISE), School of Physical Education, Physiotherapy and Occupational Therapy, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.

²Section of Sports Physiology (SFE), Sports Training Center (CTE), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.

³Sports Training Center (CTE), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.

⁴School of Physical Education, Physiotherapy and Occupational Therapy, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.

⁵Department of Physiology and Biophysics, Institute of Biological Sciences, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.

⁶Biomechanics Laboratory (BIOLAB), School of Physical Education, Physiotherapy and Occupational Therapy, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.

⁷Center for Studies in Psychobiology and Exercise (CEPE), School of Physical Education, Physiotherapy and Occupational Therapy, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.

Corresponding author:

Dr. Dawit Albieiro Pinheiro Gonçalves

Exercise Physiology Laboratory (LAFISE) & Section of Sports Physiology (SFE) from Sports Training Center (CTE), School of Physical Education, Physiotherapy and Occupational Therapy, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.

Pres. Antônio Carlos avenue, 6627 - Pampulha - Zip code 31270-901 - Belo Horizonte - MG -
Phone: +55 (31) 3409-2328 - E-mail: dawit@ufmg.br

Lucas Siqueira Moraes

Exercise Physiology Laboratory (LAFISE) & Section of Sports Physiology (SFE) from Sports Training Center (CTE), School of Physical Education, Physiotherapy and Occupational Therapy, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.

Pres. Antônio Carlos avenue, 6627 - Pampulha - Zip code 31270-901 - Belo Horizonte - MG -

Phone: +55 (31) 3409-2328 - E-mail: lucas.siqueiramoraes@gmail.com

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effects of wet static apnea training (WSAT) on well-being, internal load, recovery, and physical performance in para swimming athletes. Five para athletes from the Sports Training Center of the Federal University of Minas Gerais participated in the study. The athletes maintained their regular training routines, with high external training loads in swimming and strength during weeks 1, 2, 4, and 5, and lower loads (recovery) in week 3. Five WSAT sessions were integrated into week 4 immediately after each swimming session. Variables such as resting heart rate variability (rHRV), perceived subjective recovery (PRS), session rating of perceived exertion (sRPE), well-being parameters (fatigue, stress, muscle soreness, and sleep), countermovement jump (CMJ), and 100-meter freestyle time trial were evaluated. Dry static apnea (DSA), wet static apnea (WSA), and wet dynamic apnea (WDA) performances were also assessed. This study was approved by the UFMG Ethics Committee (approval number: 6.311.124). WSAT significantly improved perceived recovery status (PRS). The high external load during weeks 1, 2, 4, and 5 was accompanied by high values of sRPE; conversely, week 3 showed low external and internal load values. In the week following WSAT, i.e., week 5, athletes reported higher PRS values even without changes in external and internal load, suggesting that WSAT can mitigate the impact of high training loads on recovery. Parameters of HRV and well-being, such as muscle soreness, stress, and fatigue, did not show significant changes. The classic bradycardic response was observed during SDA, suggesting activation of the diving reflex. However, no significant improvements were observed in DSA, WSA, or WDA performance metrics in weeks 4 and 5. Future research should explore longer

intervention periods and other apnea training protocols since it is a promising and cost-free strategy that even athletes with various physical disabilities can utilize.

Keywords: Para swimming athlete, Wet static apnea training, Well-being, Recovery, Internal load, Heart rate variability.

INTRODUCTION

In sports training, the precise prescription of external training load (e.g., total distance covered) and the monitoring of internal training loads (e.g., heart rate (HR) and rating of perceived exertion (RPE)) not only ensure performance optimization but also prevent the risk of injuries and negative adaptations, such as overtraining (Verstappen *et al.*, 2021). The unique needs and diverse physical conditions of para athletes amplify the complexity of prescribing and monitoring training load in para sports. Para athletes often face various environmental barriers (e.g., lack of accessible training facilities), structural barriers (e.g., limited availability of specialized equipment), social barriers (e.g., stigma and discrimination), medical barriers (e.g., higher incidence of comorbid conditions), and economic barriers (e.g., limited financial resources) to training (Martin *et al.*, 2010). These challenges contribute to greater daily stress, negatively impacting sports performance (Singh, 2017). Additionally, considering the significant prevalence of poor sleep quality in Brazilian para athletes (Esteves *et al.*, 2017), strategies to improve recovery are relevant to the athletes and their coaches.

Despite the well-documented importance of monitoring physiological and psychological responses to training (Impellizzeri *et al.*, 2019; Borresen *et al.*, 2009), there remains a gap in the application of these practices in para sports. The literature indicates that, while extensive studies have been conducted on external load monitoring in non-disabled athletes (Stieler, 2023), the same level of scrutiny has not been extended to para athletes. Various tools and methods have been used to assess internal training loads, allowing for personalized and adequate adjustments in the training regime. Among objective measurements, the natural logarithm of root mean square of successive R-R

interval differences ($\ln(\text{RMSSD})$), a heart rate variability (HRV) parameter taken at rest, has a positive correlation with 10 km running performance in runners, suggesting that $\ln(\text{RMSSD})$ may be an effective indicator of aerobic endurance capacity (Buchheit et al., 2010). $\ln(\text{RMSSD})$ reflects parasympathetic activity over short time frames (Plews et al., 2013), and higher vagal activity has been related to lower oscillations in cardiac autonomic activity and better recovery in futsal athletes (Nakamura et al., 2016). Although HRV is valuable for monitoring athlete status, it can be influenced by various factors, including hydration status, sleep quality, and emotional stress, which can sometimes complicate its interpretation (Buchheit, 2014). To improve the understanding of athletes' readiness and capacity for training, physiological and psychometric data should be combined (Saw et al., 2016). The Perceived Recovery Status (PRS) scale (Laurent et al., 2011), the Rate of Perceived Exertion (RPE) scale (Foster et al., 2001), and Hooper's well-being scale (Rabbani et al., 2019) are subjective measurements that have been widely used to assess athletes' perceptions of recovery, exertion, and overall well-being (i.e., muscle soreness, muscle fatigue, stress, and sleep quality).

In addition to monitoring training loads, it is essential to employ strategies that optimize athlete recovery. Apnea training emerges as an innovative technique that stimulates various physiological and biochemical adaptations, such as increased hematocrit, reduced blood acidosis, and enhanced respiratory function, which could enhance exercise capacity (Lemaitre et al., 2010). Lemaître et al. (2009) evaluated the effects of three-month of dry dynamic apnea training consisting of 30-second apnea epochs separated by 30 seconds of breathing during 1-hour cycling sessions at 30% of peak oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{peak}}$), three times a week, in male swimmers with no

experience in apnea. The authors observed that apnea training improved forced expiratory volume (FEV1), VO₂peak, and respiratory compensation point (RCP) in maximal incremental test on cycle ergometer. Swimming speed was not improved by dry dynamic apnea training, but stroke rate decreased, and stroke length and coordination increased, indicating improved swimming technique and highlighting its potential to enhance swimmers' performance (Lemaître et al., 2009). Another study (Woorons et al., 2016) has shown that wet dynamic apnea (WDA) training during the front crawl stroke, twice a week for 5 weeks, in triathletes significantly improved 100, 200, and 400m swimming performance. Although some physiological responses to mid- and long-term apnea training are known, the literature remains scarce regarding short-term apnea training and its psychophysiological effects. Thus, the primary aim of the present study was to investigate the effect of wet static apnea training on well-being parameters, internal load, recovery, and physical performance of para swimmers.

METHODS

Participants

Five swimming Para athletes from the Sports Training Center (CTE) at the Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) were recruited for this study. The anthropometric data (height, body mass, and sum of 7 Skinfold according to Jackson and Pollock (1978)), impairment type, and functional classification according to the International Paralympic Committee (2024) are detailed in Table 1. The inclusion criteria for participation were: (1) active competition status within the last 12 months at the state,

national, or international level; (2) medical clearance for participation in high-intensity physical training; and (3) a minimum of one year of consistent training at the CTE. Athletes would be excluded from the study if they presented any cardiorespiratory dysfunction (e.g., heart failure and cardiac arrhythmia) and/or autonomic dysfunction (e.g., autonomic dysreflexia). Additionally, athletes who had absences exceeding 15% of the training sessions would also be excluded. One of the volunteers reported experiencing lower back pain on the day of the final test, which prevented them from performing the 100m test. This individual was excluded from the 100m performance data analysis to ensure the consistency of the results.

Ethical approval was obtained from the local ethical committee of the UFMG (approval number: 6.311.124). Each participant was informed about the procedure and the aim of the study and gave their written informed consent.

Experimental design

The study was conducted over a 5-week period at the pool of the CTE at UFMG, during which the athletes maintained their regular training routines. At weeks 1, 2, 4, and 5, athletes underwent high external training loads and maximal strength training twice a week, while in week 3, they experienced a low external load. At weeks 2, 4, and 5, athletes participated in a series of tests (ST) that included, in this order, maximum dry static apnea (DSA) and wet static apnea (WSA) time, distance and time of wet dynamic apnea (WDA), and 100m time trial swimming. Additionally, in week 4, wet static apnea training (WSAT) was introduced after the usual training session (for approximately 20 minutes) from

Tuesday to Saturday. Weeks 1 and 2 served as the control condition for weeks 4 and 5, while week 3 acted as the washout and recovery period.

Throughout the study period, the following parameters were assessed before training sessions (i.e., as soon as the athlete arrived at CTE): resting heart rate variability (rHRV), well-being parameters using the Hooper's well-being scale, and perceived recovery status (PRS). After the training sessions, internal load was evaluated by the session rate of perceived exertion (sRPE). Furthermore, countermovement jump (CMJ) height was measured during the first and last sessions of each week (Figure 1). All monitored variables were already part of a routine assessment (RA) protocol that the athletes followed daily for at least one season.

External training loads

Table 2 presents the external training load applied to swimmers over a 5-week period. During weeks 1 and 2, athletes were subjected to high external loads, swimming 4900 meters at high intensity (i.e., more than 90% of maximum speed) and 5100 meters at low-moderate intensity (i.e., less than 75% of maximum speed), totaling 10000 meters per week. In week 3, the athletes experienced a lower external load, completing only 5000 meters of swimming at low intensity. In weeks 4 and 5, the external load was the same as in weeks 1 and 2. Similar to the swimming distance and intensity, the coach's RPE was higher in weeks 1, 2, 4, and 5 and lower (~73%) in week 3. Additionally, during the high external load weeks (i.e., weeks 1, 2, 4, and 5), athletes performed maximal strength training in the gym twice a week. For this purpose, a 6RM test was conducted beforehand

to estimate the 1RM intensity (Dohoney et al., 2002). The athletes performed 3 sets of 3 repetitions at 90% of their 1RM for the following four exercises: bench press, pull-up, squat, and deadlift (Table 2).

Wet static apnea training (WSAT)

Based on the studies by Shah et al. (2020) and Engan et al. (2011), WSAT sessions were performed - completing a total of 5 sessions (Tuesday to Saturday). Each session consisted of 5 maximum WSA with a 2-minute interval. Athletes remained in a prone position in the pool but were not submerged, i.e., the body was kept at the water's surface, with hands on the pool edge. The preparatory phase for apnea consisted of 2 minutes of slow breathing (5 to 6 respiratory cycles per minute). After that, athletes took a deep, but not maximum, inhalation, held their breath, and submerged their faces in the water for the longest possible duration.

Well-being (WB) parameters, perceived recovery status (PRS) and session rate of perceived exertion (sRPE)

A customized questionnaire comprising perceived sleep quality and quantities of stress, muscle fatigue, and muscle soreness based on the recommendations of Hooper and Mackinnon (1995) was used to collect data from the subjective self-reported **WB** parameters. Each question was scored on a 7-point scale on which “1” and “7” represented “very, very good” and “very,very poor” **WB** ratings, respectively. The Hooper-Index, as an overall **WB** measure, was computed by summing its four parâmetros (Hooper and Mackinnon, 1995). PRS scale was applied before the start of each session

to gauge the athletes' recovery state. This question scored on a 10-point scale on which “1” and “10” represented “poor recovery/extremely tired” and “fully recovered/highly energetic-vigorous”, respectively (Laurent et al., 2011). The RPE was scored on the CR-10 scale ranging from “0” to “10” representing “resting condition” and “maximum physical effort, respectively. It was used to assess the athletes' perceived effort. Adapted from Foster et al. (2001), RPE was administered 10 to 20 minutes post-session, and the response was multiplied by the session duration in minutes to derive the session RPE (sRPE), an indicator of internal load. For the analysis of WB, PRS, RPE, and sRPE data, the sum of values from four days of the week was used. From now on, for the weekly sum of WB, PRS, RPE, and sRPE we shall use WWB, WPRS, WRPE, and WsRPE, respectively.

Resting heart rate variability (rHRV)

The rHRV measurements were collected from the athletes before each training session using a smartphone app (Elite HRV; Elite HRV LLC, 2023) and a heart rate monitor (Coospo; Coospo Technology Co., Ltd, 2023) with a data acquisition rate of 300 Hz. Kwon et al. (2018) have shown that a 250-Hz sampling frequency would be acceptable for both time- and frequency-domain HRV analyses. Athletes were instructed to sit in an upright position and record rHRV under spontaneous and regular breathing (Saboul et al., 2013). Each rHRV recording session lasted for 5 minutes, preceded by a 5-minute stabilization period at rest in the same position. HRV parameters analyzed included, in time domains, resting HR (rHR), root mean square of successive R-R interval differences (RMSSD) and natural logarithm of RMSSD ($\ln(\text{RMSSD})$) and frequency

domains, high-frequency power (HF), and the low-frequency to high-frequency power ratio (LF/HF).

100 meters swimming time trial

Athletes performed a warm-up in the pool consisting of 300 meters of low-intensity freestyle swimming. After the warm-up, they individually conducted two 100m trials with a 10-minute interval between them, aiming to achieve the lowest possible time in each test. The shorter time to complete 100 meters was used for analyses (Dingley et al., 2015).

Countermovement jump (CMJ)

CMJ was performed without using arm assistance, with the hands on the waist. The vertical jump height was recorded using a contact mat. Each athlete performed three attempts, with encouragement to jump as high as possible in all attempts. The average height, in cm, of the three jumps was used for analysis (Markovic et al., 2004).

Apnea tests

Performance in three different apnea conditions was assessed: 1) DSA, 2) WSA, and 3) WDA. In DSA, a heart rate monitor (Coospo H6) was used to measure HR. HR was recorded every 10 seconds while the athlete was in DSA. In a seated position, athletes began apnea preparation, which consisted of slow breathing (i.e., 5 to 6 respiratory cycles per minute) (SHAH et al., 2020), then took a deep but not maximum inhalation and held their breath for the longest possible duration. In WSA, athletes remained in a prone position in the pool but were not submerged, i.e., the body was kept at the water's surface, with hands on the pool edge. After performing the same apnea preparation as in DSA, they submerged their faces in the water, and held their breath for the longest possible duration. The maximum apnea time in DSA and WSA was recorded and used for analysis. WDA test took place in an olympic pool (50 meters). Athletes were asked to cover the greatest distance possible without breathing using crawl style swimming. The distance and time were recorded for analysis.

Statistical analyses

All data were expressed as means $\pm$ SD. IBM SPSS statistics 22 package was used for the statistical analyses and GraphPad Prism version 8 (GraphPad Software, San Diego, California, USA) for the graphs. To assess the effects of apnea training on the measured variables over the 5-week study period, an one-way repeated measures ANOVA was applied. The analysis of WsRPE, WPRS and WWB parameters data involved calculating the weekly sum based on four days per week, while rHRV parameters

were assessed using the average of weekly measurements (three times). Additionally, a Pearson correlation analysis was performed to evaluate the relationship between WPRS and WsRPE.

Effect sizes were calculated using eta squared (η^2), providing a measure of the magnitude of the intervention's effect. According to Cohen et al. (1969), this measure less than 0.2 being "small", 0.21 to 0.5 being "medium", 0.51 to 0.8 being "large" and more than 0.8 being "very large".

RESULTS

Apnea tests

Regarding apnea tests, ANOVA test indicated a large increase in WSA time over weeks 2, 4 and 5 ($p = 0.027$; $\eta^2 = 0.514$), but Bonferroni's Post Hoc was unable to determine the week that was different. This may be due to high variability in the values. Apnea training did not lead to significant changes in the time of DSA ($p = 0.881$; $\eta^2 = 0.025$) and DWA ($p = 0.666$; $\eta^2 = 0.097$) or the distance of DWA ($p = 0.201$; $\eta^2 = 0.231$) (Table 3).

Heart rate (HR) response to dry static apnea (DSA)

On all three tests (i.e., weeks 2, 4 and 5), HR showed a large decline over 60 seconds of DSA (Week 2: $p = 0.000$, $\eta^2 = 0.640$; Week 4: $p = 0.002$, $\eta^2 = 0.552$; Week 5: $p = 0.006$; $\eta^2 = 0.501$) (Figure 2 A, B and C). Pre-apnea HR and HR at 60 seconds in apnea at weeks 2, 4 and 5 revealed no statistical difference ($p = 0.423$, $\eta^2 = 0.193$; $p = 0.967$, $\eta^2 = 0.008$) (Figure 2 D and E), suggesting that the diving reflex was stimulated in all three tests, but its magnitude was not increased by apnea training (i.e., at week 5).

Resting heart rate variability (rHRV) response to wet static apnea training (WSAT)

The analysis of rHRV data revealed no statistically significant differences in any parameters. HRV parameters data included RMSSD ($p = 0.612$, $\eta^2 = 0.120$), Ln (RMSSD) ($p = 0.760$, $\eta^2 = 0.085$), CV Ln (RMSSD) ($p = 0.219$, $\eta^2 = 0.288$), HF ($p = 0.447$, $\eta^2 = 0.127$), LF/HF ($p = 0.444$, $\eta^2 = 0.163$), and resting HR ($p = 0.419$, $\eta^2 = 0.170$), and remained unchanged throughout the study period, suggesting that the short-term protocol of apnea training was insufficient to induce significant autonomic adaptations in the athletes (Table 4).

Weekly rate of perceived exertion (WRPE), weekly session rate of perceived exertion (WsRPE), weekly perceived recovery status (WPRS) and weekly well-being (WWB) parameters

Athlete WRPE presented higher values (large effect) at weeks 4 and 5 compared with week 3 ($p = 0.028$, $\eta^2 = 0, 0.717$; $p = 0.046$; $\eta^2 = 0,717$) (Figure 3 A). The other weeks analyzed showed no statistical difference ($p > 0,05$). Similar to athlete WRPE, internal training load evaluated by WsRPE, presented higher values (very large effect) at weeks 4 and 5 compared with week 3 ($p = 0.017$, $\eta^2 = 0, 0.805$; $p = 0.047$; $\eta^2 = 0, 805$) (Figure 3 B). The other weeks analyzed showed no statistical difference ($p > 0,05$). Athletes presented higher WPRS at week 5, i.e., after WSAT, compared with week 2 ($p = 0.034$; $\eta^2 = 0,703$) (Figure 3 C). The other weeks analyzed showed no statistical difference ($p > 0,05$). The Pearson correlation results indicated a large negative correlation between WPRS and WsRPE ($p = 0.002$; $r = -0.586$) (Figure 3 D).

Table 5 shows that sleep quality, evaluated by Hooper's WB scale, had a moderate reduction over weeks ($p = 0.034$; $\eta^2 = 0.460$), but Bonferroni's Post Hoc were unable to determine the week that was different. The total sleep time was unaltered over the weeks ($p = 0.349$, $\eta^2 = 0.231$). DOMS ($p = 0.246$, $\eta^2 = 0.274$), stress ($p = 0.618$, $\eta^2 = 0.145$), and fatigue ($p = 0.331$, $\eta^2 = 0.238$) did not show significant difference over the weeks.

Countermovement jump (CMJ) and 100m swimming time trial

CMJ was unaffected over weeks ($p = 0.812$, $\eta^2 = 0.051$), but the time of 100m time trial was largely increased ($p = 0.028$, $\eta^2 = 0.695$), but Bonferroni's Post Hoc were unable to determine the week that was different (Figure 4).

DISCUSSION

In the present study, we explored the effects of WEAT on variables related to WB, internal load, recovery, and physical performance in para swimmers. Athletes were monitored for five weeks in different phases of the training cycle and study's protocol: 1) control condition at weeks 1 and 2 – the high-intensity and volume swimming training followed by strength training, 2) recovery period at week 3 – the low-intensity and volume swimming training, 3) WSAT condition at week 4 – WSAT immediately after the high-intensity and volume swimming training (followed by strength training), and 4) Post-WSAT condition at week 5 – similar to weeks 1 and 2 performing only the high-intensity and volume swimming training plus strength training. This study design allows us to evaluate

the acute responses of the psychophysiological parameters induced by WSAT performed at week 4 and the adaptive responses of WSAT present at week 5.

One of the findings of this study was the significant improvement in WPRS at week 5 compared with week 2, indicating a better perception of recovery following WSAT. As far as we know, this is the first evidence showing that short-term WSAT may improve a recovery marker like WPRS in athletes, especially in para swimmers. However, this effect could have occurred due to lower external training loads (i.e., swimming plus strength training) at weeks 4 and/or 5 than at week 2. Although this idea is reinforced by the literature (Sikorski et al., 2013) showing that a high-volume exercise session like strength training in young trained subjects lowers PRS scores, our data rule out this possibility because the external training loads were similar at weeks 2, 4, and 5.

In addition to the external training load, the internal training load could have been lower during and/or post-WSAT, i.e., at weeks 4 and 5, respectively, explaining the highest values of WPRS at week 5. This notion is supported by the study of Sawczuk et al. (2022), which found a negative correlation between PRS and internal training load assessed by sRPE in youth sports athletes. On one hand, we also observed a large negative correlation between WPRS and WsRPE in para swimmers. On the other hand, our data show that, despite WsRPE values being higher at weeks 4 and 5 compared with week 3, i.e., during the recovery period, WPRS values were similar at weeks 3 and 5. More importantly, external training load and WsRPE values were similar at weeks 1, 2, 4, and 5, but WPRS values were higher at week 5, indicating a better recovery perception post-WSAT independently of training load.

The quality of fatigue, stress, sleep, and DOMS, the parameters that constitute the WB status, may also influence athletes' recovery and could justify the increase in WPRS value at week 5. Ouergui et al. (2020) have shown that total quality recovery scale (TQR), another tool for evaluating subjective recovery status, was negatively correlated with sleep, stress, fatigue, DOMS, and HI during 4 weeks of intensified periods and was negatively correlated with sleep, stress, fatigue, DOMS, HI during 12 days of tapering. In our hands, we evaluated the same WB parameters over the five weeks of the study's protocol, but, except for sleep quality, no significant changes were observed. Athletes' perception of sleep quality improved over five weeks, but this does not necessarily indicate a relationship with WSAT because the post-hoc test did not identify when the change occurred, i.e., which week. Rabbani et al. (2019) examined professional soccer players over a 3-week period, monitoring the Hooper Index (HI) and HRV on matchdays and the following four days. They found that while HI was a more sensitive and stable measure of match-induced fatigue, HRV showed less consistent changes. In our study, the absence of significant changes in rHRV could be attributed to the short intervention period or individual variability in athletes' responses to apnea training.

One of the main effects of the human physiological response to static breath holding, also called the diving response, is bradycardia (SCHALLER, 2004). In agreement, we observed a reduction of HR during DSA tests performed at weeks 2, 4, and 5. Apnea per se is sufficient to elicit bradycardia, but coupling it with face immersion induces a stronger bradycardia response (reviewed by Elia et al., 2021). For these reasons, it is probable that our WSAT protocol was efficient in inducing important physiological disturbances, leading to enhanced WPRS at week 5. A study exploring

sensory modulation techniques in master students suggests that the diving reflex stimulated by apnea and facial cooling, with bags of water cooled in a refrigerator, is effective in reducing rHR and anxiety, and promoting psychological WB (Keptner et al., 2020). These effects may be mediated by the activation of the parasympathetic nervous system (PNS), because 1) the diving response is the most powerful autonomic reflex response known so far (Panneton, 2013), and 2) PNS reduces HR and anxiety (Panneton, 2013), and improves sleep (Tobaldini et al., 2013) and recovery (Borresen et al., 2009).

A convenient method for evaluating PNS activity is the monitoring of Ln (RMSSD), one of the parameters obtained from rHRV (Plews et al., 2013). In this study, Lemaître et al. (2008) evaluated five elite breath-hold divers and five novice divers who performed maximum WSA with facial immersion in cold water. The results showed that a single apnea session was sufficient to increase Ln (RMSSD) in both elite and novice divers, highlighting the acute autonomic responses. However, the elite divers displayed a bi-phasic heart rate response, with an initial decrease followed by a second, less pronounced decrease, coinciding with a significant increase in RMSSD and a marked arterial oxygen desaturation. In contrast, the novice divers exhibited only a single heart rate decrease, occurring before the simultaneous changes in arterial oxygen saturation and RMSSD. This bi-phasic response in elite divers suggests that more pronounced vagal activity and efficient oxygen conservation mechanisms are induced by prolonged apnea training (Lemaître et al., 2008). However, in the present study, autonomic changes were not observed at any time point. Corroborating with our study, Edmonds et al. (2015) also reported no significant change in HRV among Para athletes swimmers during regular

training periods, suggesting that HRV may not be a sensitive marker for all types of training adaptations in this population. In summary, while the diving reflex was acutely activated during static dry apnea, the lack of significant changes in chronic autonomic markers such as rHRV in our study aligns with findings from Edmonds et al. (2015) and suggests the need for longer intervention periods or different apnea protocol to observe such adaptations in para athletes.

Regarding apnea-specific performance tests, although the WSA test showed significant improvement, the Post Hoc test could not identify where this improvement occurred. Therefore, we cannot attribute this improvement to apnea training. Engan et al. (2011) discovered that daily apnea training led to improved apnea times and physiological adaptations, such as increased splenic contraction, enhancing red blood cell concentration. In their study, ten participants (four women and six men, aged 25 ± 6 years) underwent a protocol of 12 days of daily apnea training, performing 10 maximal effort apneas per day, divided into two series of five apneas with 2-minute intervals, and a 10-minute rest between series. These apneas were performed at rest, either seated or supine. This training resulted in a 28% increase in total apnea duration and significantly more pronounced bradycardia the diving response. However, Bouten et al. (2022) examined the impact of six weeks of static apnea training on hemoglobin mass and exercise performance. In their study, twenty-two male participants were randomly assigned to an apnea training group or a control group. The apnea group performed five maximal effort static apneas daily with 30-second intervals between apneas, over a period of six weeks. Despite improved apnea times, there were no significant changes observed in hemoglobin mass (Hbmass) or overall exercise performance, as measured by VO₂

peak and a 3 km cycling time trial. Additionally, the protocol did not result in significant acute increases in erythropoietin (EPO) levels. Our study did not observe improved apnea times in DSA and WDA and WSA improvement can not be assigned to WSAT. While Engan et al. (2011) and Bouten et al. (2022) found improvements in apnea performance following their respective apnea training protocols, the absence of improved apnea performance with WSAT in the present study may indicate that, as swimmers, these athletes already have some adaptation to apnea training. Therefore, they would require a protocol with higher volume and/or intensity to observe changes in the studied parameters.

Finally, regarding physical performance, in our study the improvement in recovery perception did not reflect an improvement in CMJ performance, corroborating with Sawczuk et al. (2017), which evaluate young athletes from different sports and demonstrate no significant relationship between CMJ measures and PRS. In other words, the jump capacity measured by CMJ was not correlated with athletes' recovery perceptions reported on the PRS scale. Regarding the 100m swimming time trial test conducted in weeks 2, 4, and 5, the ANOVA test showed a performance decline; however, the Post Hoc test did not identify where this difference occurred. The performance difference appears in week 2, with pre- and post-apnea tests (weeks 4 and 5, respectively) both showing higher mean times than week 2, indicating that the difference identified by the ANOVA test is compared with week 2. These findings contrast with the results of Woorons et al. (2017), who reported significant performance improvements in 100m, 200m, and 400m swimming trials following a WDA training protocol in triathletes twice a week for five-week. The discrepancy between our findings and those of Woorons

et al. (2017) may be due to the difference of the apnea training protocols. While Woorons et al. employed a dynamic approach with shorter, high-intensity intervals that may have provided a greater anaerobic stimulus, our study utilized a static protocol which may not have elicited the same level of anaerobic adaptation or performance enhancement in the swimmers

STUDY LIMITATIONS

This study has limitations that should be considered when interpreting the results. Firstly, the sample size was small, with only five para swimmers, which limits the reliability of the findings. Additionally, the short duration of the WSAT protocol may not have been sufficient to induce significant physiological adaptations, as evidenced by the absence of changes in HRV parameters. The high variability in apnea times and the lack of a control group are other limitations that may have influenced the results. Finally, individual variability in training responses may also have impacted the study's outcomes. Future studies should consider a longer intervention period, a larger sample size, and the inclusion of a control group to validate and expand upon these findings.

CONCLUSION

The present study revealed that WSAT may have beneficial effects on the recovery perception of para swimmers, as evidenced by the significant increase in WPRS in the week following WSAT. This finding suggests that WSAT could be a viable strategy to improve athletes' recovery perception, even though no significant changes were observed in physiological HRV parameters. However, the absence of improvements in physical performance, specifically in the 100-meter swimming test, highlights the need to adjust the apnea training protocol to include different apnea conditions or even higher volume or intensity to achieve physiological and performance benefits comparable to those observed in other studies. These results underscore the importance of personalizing and adjusting apnea training interventions to maximize benefits in different sports contexts.

CREDIT AUTHORSHIP CONTRIBUTION STATEMENT

Lucas Siqueira Moraes: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Project administration, Visualization, Writing – original draft, Writing – review & editing. **Carolina Batista Simões:** Investigation, Support in Data Collection, Support in Experimental Discussion. **Wellington Douglas de Souza:** Investigation, Support in Data Collection, Support in Experimental Discussion. **Gabriel Adler Gomes Martins:** Investigation, Support in Data Collection, Support in Experimental Discussion. **Christopherson Dias Nascimento:** Investigation, Support in Data Collection, Support in Experimental Discussion. **Gustavo Ramos Dallas Bernardina:** Investigation, Support in Data Collection, Support in Experimental Discussion. **Felipe Alencar de Carvalho:** Investigation, Support in Data Collection, Support in Experimental Discussion. **Mauro Heleno Chagas:** Investigation, Support in Experimental Discussion. **Luciano Sales Prado:** Investigation, Support in Experimental Discussion. **Andressa da**

Silva de Mello: Funding acquisition. **Marco Túlio de Mello:** Funding acquisition. **Glauber dos Santos Ferreira da Silva:** Conceptualization, Writing – original draft, Writing – review & editing. **Dawit Albieiro Pinheiro Gonçalves:** Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Funding acquisition, Investigation, Methodology, Project administration, Resources, Visualization, Writing – original draft, Writing – review & editing.

DECLARATION OF CONFLICT OF INTEREST

We confirm that there are no potential conflicts of interest.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the support given by Secretaria Nacional de Esporte de Alto Rendimento do Ministério da Cidadania (Governo Federal, Brasília, Brazil e protocol number 58000.008978/2018-37 and 71000.056251/2020-49), Comitê Paralímpico Brasileiro (CPB), Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG; APQ-01268-21 and APQ-02960-22 to DAG), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERENCES

- Andersson, J. P. A., Linér, M. H., Fredsted, A., & Schagatay, E. K. A. (2004). Cardiovascular and respiratory responses to apneas with and without face immersion in exercising humans. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 96(3), 1005–1010. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01057.2002>
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(9), 779–795. <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>
- Bouten, J., Debusschere, J., Lootens, L., Declercq, L., Van Eenoo, P., Boone, J., & Bourgois, J. G. (2022). Six weeks of static apnea training does not affect Hbmass and exercise performance. *Journal of Applied Physiology*, 132(3), 673–681. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00770.2021>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in physiology*, 5, 73. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Buchheit, M., Chivot, A., Parouty, J., Mercier, D., Al Haddad, H., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2010). Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *European journal of applied physiology*, 108(6), 1153–1167. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1317-x>

Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological bulletin*, 112(1), 155–159. <https://doi.org/10.1037//0033-2909.112.1.155>

Dingley, A. A., Pyne, D. B., Youngson, J., & Burkett, B. (2015). Effectiveness of a dry-land resistance training program on strength, power, and swimming performance in paralympic swimmers. *Journal of strength and conditioning research*, 29(3), 619–626. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000684>

Edmonds, R., Burkett, B., Leicht, A., & McKean, M. (2015). Effect of chronic training on heart rate variability, salivary IgA and salivary alpha-amylase in elite swimmers with a disability. *PloS one*, 10(6), e0127749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127749>

Elia, A., Gennser, M., Harlow, P. S., & Lees, M. J. (2021). Physiology, pathophysiology and (mal)adaptations to chronic apnoeic training: a state-of-the-art review. *European journal of applied physiology*, 121(6), 1543–1566. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04664-x>

Engan, H., Richardson, M. X., Lodin-Sundström, A., van Beekvelt, M., & Schagatay, E. (2013). Effects of two weeks of daily apnea training on diving response, spleen contraction, and erythropoiesis in novel subjects. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(3), 340–348. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01391.x>

Esteves, A. M., Silva, A., Barreto, A., Cavagnoli, D. A., Ortega, L. S. A., Parsons, A., Tubiba, E. R., Barreto, M., de Oliveira Filho, C. W., Tufik, S., & de Mello, M. T. (2015). Avaliação da qualidade de vida e do sono de atletas paralímpicos brasileiros. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 21(1), 53–56. <https://doi.org/10.1590/1517-86922015210101980>

Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of strength and conditioning research*, 15(1), 109–115.

Hooper, S. L., & Mackinnon, L. T. (1995). Monitoring overtraining in athletes. Recommendations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 20(5), 321–327. <https://doi.org/10.2165/00007256-199520050-00003>

Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International journal of sports physiology and performance*, 14(2), 270–273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>

Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *The British journal of nutrition*, 40(3), 497–504. <https://doi.org/10.1079/bjn19780152>

Keptner, K. M., Fitzgibbon, C., & O'Sullivan, J. (2021). Effectiveness of anxiety reduction interventions on test anxiety: A comparison of four techniques incorporating sensory modulation. *British Journal of Occupational Therapy*, 84(5), 289–297. <https://doi.org/10.1177/0308022620935061>

- Koskolou, M. D., Georgas, G., Makris, A., & Kounalakis, S. (2023). Physiological Responses during Prolonged Immersed Static Apnea in Well-Trained Apneists. *Physiologia*, 3(4), 552–562. <https://doi.org/10.3390/physiologia3040041>
- Kovacs, C., & Abadie, C. (2002). *Prediction of one repetition maximum (1-RM) strength from a 4-6 RM and a 7-10 RM submaximal strength test in healthy young adult males*. <https://www.researchgate.net/publication/228503989>
- Kwon, O., Jeong, J., Kim, H. Bin, Kwon, I. H., Park, S. Y., Kim, J. E., & Choi, Y. (2018). Electrocardiogram sampling frequency range acceptable for heart rate variability analysis. *Healthcare Informatics Research*, 24(3), 198–206. <https://doi.org/10.4258/hir.2018.24.3.198>
- Laurent, C. M., Green, J. M., Bishop, P. A., Sjökvist, J., Schumacker, R. E., Richardson, M. T., & Curtner-Smith, M. (2011). A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. *Journal of strength and conditioning research*, 25(3), 620–628. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c69ec6>
- Lemaître, F., Buchheit, M., Joulia, F., Fontanari, P., & Tourny-Chollet, C. (2008). Static apnea effect on heart rate and its variability in elite breath-hold divers. *Aviation, space, and environmental medicine*, 79(2), 99–104. <https://doi.org/10.3357/asem.2142.2008>
- Lemaître, F., Joulia, F., & Chollet, D. (2010). Apnea: a new training method in sport? *Medical hypotheses*, 74(3), 413–415. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2009.09.051>
- Lemaître, F., Seifert, L., Polin, D., Juge, J., Tourny-Chollet, C., & Chollet, D. (2009). Apnea training effects on swimming coordination. *Journal of strength and conditioning research*, 23(6), 1909–1914. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b073a8>
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of strength and conditioning research*, 18(3), 551–555. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2)
- Martin, J. J. (2010). Athletes with physical disabilities. *Routledge Handbook of Applied Sport Psychology*, 1, 432–440.
- Montull, L., Slapšinskaitė-Dackevičienė, A., Kiely, J., Hristovski, R., & Balagué, N. (2022). Integrative Proposals of Sports Monitoring: Subjective Outperforms Objective Monitoring. *Sports Medicine - Open*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00432-z>
- Ouergui, I., Franchini, E., Selmi, O., Levitt, D. E., Chtourou, H., Bouhlel, E., & Ardigò, L. P. (2020). Relationship between Perceived Training Load, Well-Being Indices, Recovery State and Physical Enjoyment during Judo-Specific Training. *International journal of environmental research and public health*, 17(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph17207400>
- Panneton, W. M. (2013). The mammalian diving response: an enigmatic reflex to preserve life? *Physiology (Bethesda, Md.)*, 28(5), 284–297. <https://doi.org/10.1152/physiol.00020.2013>
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to

effective monitoring. *Em Sports Medicine* (Vol. 43, Número 9, p. 773–781). <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>

Rabbani, A., Clemente, F. M., Kargarfard, M., & Chamari, K. (2019). Match fatigue time-course assessment over four days: Usefulness of the hooper index and heart rate variability in professional soccer players. *Frontiers in Physiology*, 10(FEB). <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00109>

Saboul, D., Pialoux, V., & Hautier, C. (2013). The impact of breathing on HRV measurements: implications for the longitudinal follow-up of athletes. *European journal of sport science*, 13(5), 534–542. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.767947>

Saw, A. E., Main, L. C., & Gatin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: Subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: A systematic review. *Em British Journal of Sports Medicine* (Vol. 50, Número 5, p. 281–291). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094758>

Sawczuk, T., Jones, B., Scantlebury, S., & Till, K. (2018). Relationships between training load, sleep duration, and daily well-being and recovery measures in youth athletes. *Pediatric Exercise Science*, 30(3), 345–352. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0190>

Schagatay, E., Andersson, J. P., Hallén, M., & Pålsson, B. (2001). Selected contribution: role of spleen emptying in prolonging apneas in humans. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 90(4), 1623–1629; discussion 1606. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.4.1623>

Schagatay, E., van Kampen, M., Emanuelsson, S., & Holm, B. (2000). Effects of physical and apnea training on apneic time and the diving response in humans. *European journal of applied physiology*, 82(3), 161–169. <https://doi.org/10.1007/s004210050668>

Schaller, B. (2004). Trigemino-cardiac reflex. A clinical phenomenon or a new physiological entity? *Journal of neurology*, 251(6), 658–665. <https://doi.org/10.1007/s00415-004-0458-4>

Shah, N., Bye, K., Marshall, A., Woods, D. R., O'Hara, J., Barlow, M., Rimmer, J., & Boos, C. J. (2020). The Effects of Apnea Training, Using Voluntary Breath Holds, on High Altitude Acclimation: Breathe-High Altitude Study. *High Altitude Medicine and Biology*, 21(2), 152–159. <https://doi.org/10.1089/ham.2019.0087>

Sikorski, E. M., Wilson, J. M., Lowery, R. P., Joy, J. M., Laurent, C. M., Wilson, S. M.-C., Hesson, D., Naimo, M. A., Averbuch, B., & Gilchrist, P. (2013). Changes in perceived recovery status scale following high-volume muscle damaging resistance exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 27(8), 2079–2085. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827e8e78>

Singh, R. (2017). 4(3): 278-280 Stress Role in Sports Performance of Athlete's. ~ 278 ~ *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 4(3), 278–280. <https://www.moneyinstructor.com/doc/stressmanage.asp>

Stieler, E., de Mello, M. T., Lôbo, I. L. B., Gonçalves, D. A., Resende, R., Andrade, A. G., Lourenço, T. F., Silva, A. A. C., Andrade, H. A., Guerreiro, R., & Silva, A. (2023). Current

Technologies and Practices to Assess External Training Load in Paralympic Sport: A Systematic Review. Em *Journal of Sport Rehabilitation* (Vol. 32, Número 6, p. 635–644). Human Kinetics Publishers Inc. <https://doi.org/10.1123/jsr.2022-0110>

Sylvia, K., & Chrysoula, C. (2017). Physiological Adaptations of Apnea-Conditioned Athletes and their Implications for Synchronized Swimmers' Performance. *Archives of Sports Medicine*, 1(1). <https://doi.org/10.36959/987/225>

Tobaldini, E., Nobili, L., Strada, S., Casali, K. R., Braghiroli, A., & Montano, N. (2013). Heart rate variability in normal and pathological sleep. *Frontiers in physiology*, 4, 294. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00294>

Verstappen, S., van Rijn, R. M., Cost, R., & Stubbe, J. H. (2021). The Association Between Training Load and Injury Risk in Elite Youth Soccer Players: a Systematic Review and Best Evidence Synthesis. Em *Sports Medicine - Open* (Vol. 7, Número 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00296-1>

Woorons, X., Mucci, P., Aucouturier, J., Anthierens, A., & Millet, G. P. (2017). Acute effects of repeated cycling sprints in hypoxia induced by voluntary hypoventilation. *European Journal of Applied Physiology*, 117(12), 2433–2443. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3729-3>.

TABLE LEGENDS

Table 1 - Athletes Characteristics. F, female; M, male. * Eligible impairment type (International Paralympic Committee, 2024). **Classification code (International Paralympic Committee, 2024). ***7 Skinfolds - triceps, subscapular, chest, midaxillary, suprailiac, abdominal and thigh (Jackson and Pollock, 1978).

Table 2 – Weekly external Load during 5 weeks of the study. Coach RPE, Intensity, volume (swimming distance), swimming session time and maximal strength training. RPE, Rate of Perceived Exertion; 1RM, one-repetition maximum. *Sum of three zones

Table 3 – Mean values of apnea performance at weeks 2, 4 and 5. DSA, Dry static apnea; WSA, Wet static apnea; WDA, Wet dynamic apnea; *Statistical difference, $p < 0,05$.

Table 4 – Mean of rHR and rHRV parameters at weeks 1, 2, 4 and 5. HR, heart rate; rHRV, rest heart rate variability; RMSSD, root mean square of successive R-R interval differences; Ln (RMSSD), natural logarithm of RMSSD; HF, high-frequency power; LF/HF, low-frequency to high-frequency power ratio.

Table 5 – Average Hooper's well-being scale values and total sleep time during 5 weeks of the study. DOMS, Delayed Onset Muscle Soreness; Hooper Index, $\sum$ of DOMS, stress, fatigue and sleep. *Statistical difference, $p < 0,05$.

FIGURE LEGENDS

Figure 1 – Experimental Design. HTS, Habitual training session; WSAT, Wet Static Apnea Training; RA, Routine assessments; ST, Series of Tests; HRV, Heart rate variability; WB, Well-being parameters; PRS, Perceived recovery status; sRPE, Session Rate of perceived exertion; CMJ, Countermovement jump; DAS, Dry Static Apnea; WSA, Wet Static Apnea; WDA – Wet Dynamic Apnea; 100m – 100 meters trials; *Only in the first and last session of the week

Figure 2 – HR in the first 60 seconds of DSA at weeks 2, 4 and 5. HR, Heart Rate; DAS, Dry Static Apnea. * Statistical difference, $p < 0,05$; ** Statistical difference, $p < 0,01$

Figure 3 – Athlete WRPE, WsRPE and WPRS during 5 weeks of the study and correlation of WsRPE and WPRS. WRPE, the sum of the weekly Rate of perceived exertion; WPRS, the sum of the weekly session rate of perceived exertion; WPRS, the sum of weekly Perceived recovery status. *Statistical difference, $p < 0,05$.

Figure 4 – Countermovement jump and 100m swimming time trial performance at weeks 2, 4, and 5. CMJ, Countermovement Jump. * Statistical difference, $p < 0,05$

Table 1

Athlete	Impairment type*	Athlete (Classification)**	Gender	Age (years)	Height (cm)	Body Mass (kg)	Σ of 7 Skinfolds ***
1	Limb Deficiency	S9	F	18	164	42,2	125,70
2	Hypertonia / Ataxia	S8	M	19	167,5	62,6	58,53
3	Hypertonia / Ataxia	S7	M	27	174,5	69,2	88,10
4	Intellectual Impairment	S14	M	23	177,5	81,8	88,03
5	Impaired Passive Range of Movement	S7	M	32	175	75,2	104,60
6	Impaired Passive Range of Movement	S9	M	33	174	91,2	113,33

Table 2

Variable	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5
Swimming:					
Σ coach RPE (a.u.)	32	28	8	29	31
> 90% maximal speed	5100	5100	5000	5100	5100
< 75% maximal speed	4900	4900	-	4900	4900
Total weekly swimming distance (m)*	10000	10000	5000	10000	10000
Average weekly total swimming session time	303	302	202	228.2	230.4
($\pm$ SD) (min)	(23.13)	(33.22)	(33.40)	(9.81)	(14.08)
Strength training:					
bench press, pull-up, squat and deadlift (twice a week)	3 sets of 3 repetitions - 90% 1RM	3 sets of 3 repetitions - 90% 1RM	-	3 sets of 3 repetitions - 90% 1RM	3 sets of 3 repetitions - 90% 1RM

Table 3

Variable	Week 2 ($\pm$ SD)	Week 4 ($\pm$ SD)	Week 5 ($\pm$ SD)
DSA Time (sec)	91.2 (41.4)	93 (46.8)	82.2 (34.2)
WSA Time (sec)	67.8 (18.6) *	79.8 (21.6) *	99 (33.6) *
WDA Distance (m)	31.16 (6.24)	31.48 (10.47)	34.83 (7.46)
WDA Time (sec)	24.84 (3.76)	24.96 (3.24)	26.40 (3.49)

Table 4

Variable	Week 1	Week 2	Week 4	Week 5
	Mean ($\pm$ SD)	Mean ($\pm$ SD)	Mean ($\pm$ SD)	Mean ($\pm$ SD)
rHR (bpm)	76.83 (12.92)	74.83 (11.30)	75.33 (11.54)	74.67 (13.10)
RMSSD (ms)	51.15 (27.02)	50.49 (27.53)	53.42 (34.94)	56.31 (26.48)
Ln (RMSSD) (ms)	3.77 (0.45)	3.78 (0.48)	3.83 (0.56)	3.85 (0.49)
CV Ln (RMSSD) (%)	3.415 (3.335)	2.382 (2.333)	4.138 (3.464)	6.571 (2.564)
HF (ms²)	1192.60 (1611.42)	995.59 (1046.58)	1327.88 (1771.53)	1261.32 (1721.69)
LF/HF (a.u.)	2.375 (0.618)	1.928 (0.664)	2.753 (1.115)	2.655 (1.482)

Table 5

Variable	Week 1 Mean ($\pm$ SD)	Week 2 Mean ($\pm$ SD)	Week 3 Mean ($\pm$ SD)	Week 4 Mean ($\pm$ SD)	Week 5 Mean ($\pm$ SD)
DOMS (a.u.)	13.6 (5.85)	11.2 (3.92)	10 (2.24)	11.6 (2.61)	12.6 (3.51)
Stress (a.u.)	8.4 (4.32)	7.6 (3.84)	8.4 (3.36)	8.8 (4.39)	7.8 (2.68)
Fatigue (a.u.)	14.2 (4.32)	11.8 (3.49)	11.2 (3.11)	12.6 (2.61)	11 (3.74)
Sleep (a.u.)	12.6 (1.02) *	11.8 (2.68) *	10.4 (4.08) *	10.6 (3.13) *	9 (2.68) *
Hooper Index (a.u.)	48.8 (12.31)	42.4 (12.49)	40 (11.18)	43.6 (10.98)	40.4 (8.86)
Total sleep time (h)	7.32 (0.56)	7.13 (0.87)	7.71 (1.13)	7.89 (1.45)	7.53 (0.64)

Figure 1

<u>Week</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>Training load</u>					
<u>Training session</u>	HTS	HTS	HTS	HTS + WSAT	HTS
<u>Tests</u>	RA	RA ST	RA	RA ST	RA ST

Training session and routine assessments



Figure 2

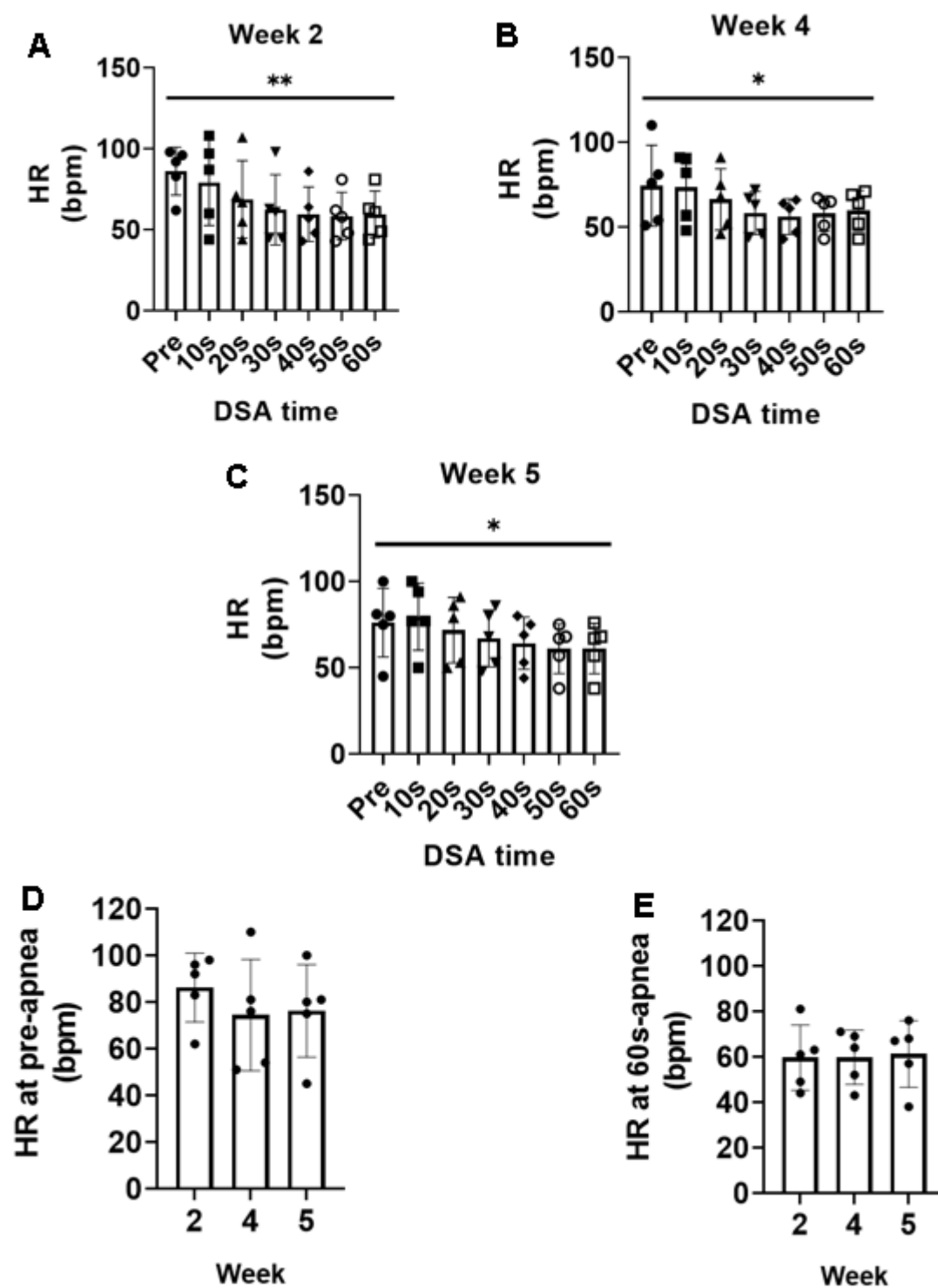


Figure 3

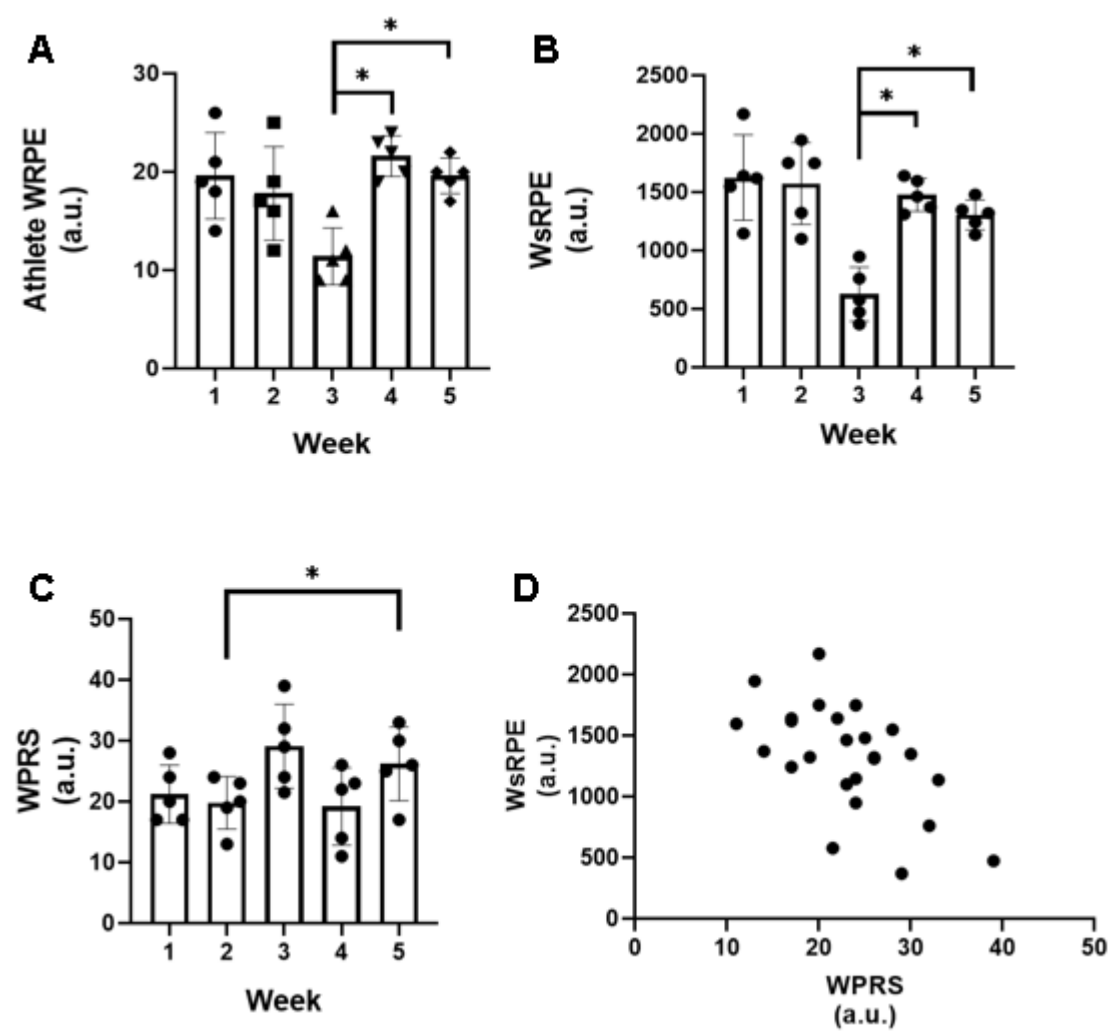
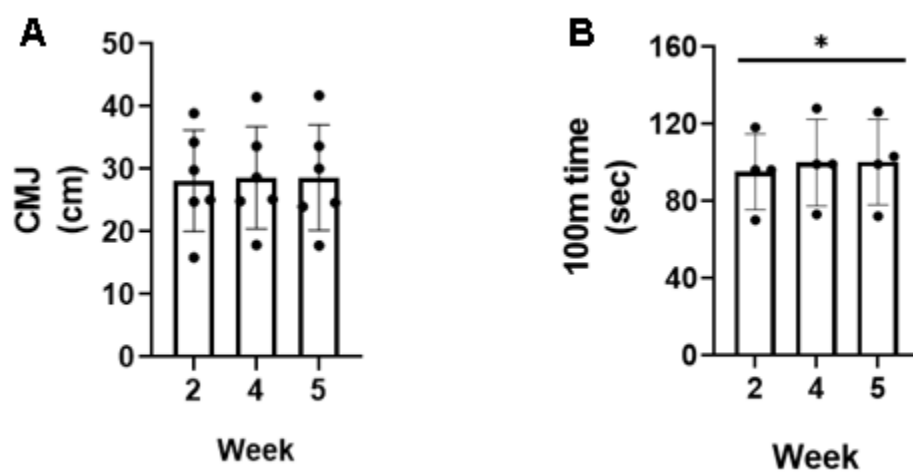


Figure 4



ANEXO 1 Parecer consubstanciado do CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Efeito do treinamento de apneia estática em variáveis de bem-estar e de carga interna, recuperação e desempenho em treinamento físico de atletas da natação paralímpica

Pesquisador: LUCAS SIQUEIRA MORAES

Área Temática:

Versão: 6

CAAE: 61273122.0.0000.5149

Instituição Proponente: Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.311.124

Apresentação do Projeto:

Esta emenda ao projeto tem o objetivo de realizar algumas modificações pontuadas na primeira submissão do Projeto ao CEP, assim como atender as recomendações proposta na apreciação anterior.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar o efeito do treinamento de apneia estática em variáveis de bem estar e de carga interna, recuperação e desempenho em treinamento físico de paratletas de natação.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo os autores:

Riscos:

Os riscos para o voluntário são os relacionados a esportes aquáticos, como o afogamento. A prática de apneia voluntária pode levar o indivíduo a ter um blackout ou perda de consciência. Por isso tanto os treinadores quanto os pesquisadores envolvidos com o projeto passarão por um treinamento com um salvador aquático credenciado pelo corpo de bombeiros, que faz parte dos pesquisadores envolvidos, que consiste em interpretar sinais que indicam que o atleta está prestes a entrar em uma situação de blackout ou perda de consciência e também técnicas de salvamento. Para isso, durante os treinos e testes de apneia na água haverá, sempre, o técnico e um

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 6.311.124

pesquisador presentes e dentro da piscina. Além disso o voluntário pode vir a sentir alguns incômodos na pele durante as coletas de sangue e a aferição de dobras cutâneas.

Benefícios:

O treinamento de apneia pode ter efeitos benéficos na balanço autonômico do indivíduo, melhorando sua recuperação e sintomas relacionados a ansiedade, além de ser um método que independe da deficiência física do indivíduo, se tornando uma boa estratégia de melhora de bem estar e desempenho para a população paralímpica.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Inalterados em relação ao projeto mais recente aprovado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

As recomendações foram atendidas e o TCLE e o TALE estão adequados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Conforme as considerações apresentadas, sou, S.M.J., favorável à aprovação da emenda.

Considerações Finais a critério do CEP:

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

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_215134_2_E2.pdf	16/08/2023 16:02:53		Aceito
Outros	Carta_de_encaminhamento_detalhado_16_08.docx	16/08/2023 15:55:15	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_de_pesquisa_apneia_NOVO_D ESENHO_LUCAS_SIQUEIRA_MORAE S_16_08.docx	16/08/2023 15:54:20	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_Lucas_Siqueira.pdf	16/08/2023 15:53:27	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha

Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901

UF: MG Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS**



Continuação do Parecer: 6.311.124

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_ASSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_16_08.docx	16/08/2023 15:52:04	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_16_08.docx	16/08/2023 15:50:52	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
Outros	Carta_de_encaminhamento_detalhado_de_emenda_NOVO_DESENHO_Vermelho.docx	31/05/2023 22:30:34	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_ASSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_MODIFICADO_NOVO_DESENHO_Vermelho.docx	31/05/2023 22:29:49	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_ASSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_MODIFICADO_NOVO_DESENHO.docx	31/05/2023 22:29:42	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_MODIFICADO_NOVO_DESENHO_Vermelho.docx	31/05/2023 22:29:30	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_MODIFICADO_NOVO_DESENHO.docx	31/05/2023 22:29:01	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_de_pesquisa_apneia_NOVO_DESENHO_LUCAS_SIQUEIRA_MORAES_Vermelho.docx	31/05/2023 22:28:34	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_de_pesquisa_apneia_NOVO_DESENHO_LUCAS_SIQUEIRA_MORAES.docx	31/05/2023 22:28:05	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
Outros	2023_03_29_Carta_resposta.docx	29/03/2023 15:06:41	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_de_pesquisa_apneia_27_03.docx	27/03/2023 21:38:28	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO27_03_versao_final.docx	27/03/2023 21:36:27	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
Outros	Carta_de_encaminhamento_detalhado_de_emenda.docx	28/02/2023 15:39:29	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	2022_09_29_apneia_projeto_de_pesquisa.pdf	29/09/2022 10:56:54	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º Andar Sala 2005 Campus Pampulha

Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901

UF: MG Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS**



Continuação do Parecer: 6.311.124

Outros	2022_09_29_Carta_resposta_Diligencia_versao_final.docx	29/09/2022 10:52:09	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Parecer_SAMUEL_Projeto_PPGCE_LUCAS_MORAES_CARIMBO.pdf	01/08/2022 13:51:41	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Termo_Constituicao_Biorrepositorio.pdf	01/08/2022 13:50:37	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_Anuencia_CTE_UFMG.pdf	01/08/2022 13:50:14	LUCAS SIQUEIRA MORAES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 19 de Setembro de 2023

Assinado por:
Corinne Davis Rodrigues
(Coordenador(a))

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

ANEXO 2 Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)

Prezado senhor(a),

Você está convidado(a) a participar do estudo: “O efeito do treinamento de apneia estática em variáveis de bem estar e de carga interna, recuperação e desempenho físico em atletas da natação paralímpica.” O objetivo deste estudo é avaliar o efeito do treinamento de apneia em variáveis de bem estar, carga interna, recuperação e desempenho físico específico em paratletas de natação. Informamos que todos os procedimentos descritos a seguir, e apresentados pessoalmente em um primeiro encontro, serão realizados no Setor de Fisiologia Esportiva (SFE), demais laboratórios e piscina do Centro de Treinamento Esportivo (CTE) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Caso você aceite participar, informamos que os dados obtidos nesta pesquisa serão coletados pelos treinadores/estagiários/pesquisadores do projeto por meio de material impresso (formulários) ou em um sistema de informação de acesso restrito desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa. O estudo terá uma duração total de 4 semanas. Após passar por uma avaliação inicial que consiste no preenchimento de informações pessoais (com perguntas como sexo, idade e estado civil) e avaliação antropométrica (estatura, massa corporal e percentual de gordura corporal), entregaremos um relógio actígrafo que deve ser utilizado no braço não dominante durante todo o período do estudo, tirando apenas para tomar banho e treinar. Nas semanas 1 e 2 acompanharemos a carga externa do seu treino junto com o seu treinador, ou seja, acompanharemos a prescrição dos exercícios feita pelos seus treinadores. A carga interna, ou seja, a resposta do seu organismo ao treinamento, será monitorada com questionários [Pré sessão de treino: questionário de bem-estar (Hooper) e percepção subjetiva de recuperação (PSR); Pós sessão: percepção subjetiva de esforço sessão (PSE)], aferição não invasiva da variabilidade da FC (cardiofrequencímetro) e com tiros de 25 metros (na piscina) e saltos verticais no primeiro e último dia de treinamento da semana. No final da segunda semana, será realizada uma bateria de testes: 1) teste de apneia estática aquática, que será feito dentro da piscina com o corpo todo submerso na água, porém na superfície, de barriga para baixo – neste teste você deverá ficar o máximo de tempo que conseguir sem respirar; 2) teste de apneia dinâmica aquático, que consiste em nadar no estilo de sua preferência a maior distância que conseguir sem respirar ; 3) teste de desempenho de natação, no qual você deverá nadar 100 metros no estilo de sua preferência o mais rápido possível. Durante os testes de apneia, que serão realizados na piscina do CTE-UFMG, monitoraremos a sua frequência cardíaca (FC), saturação de oxigênio e pressão arterial utilizando procedimentos não invasivos como um a cinta de tórax (cardiofrequencímetro), oxímetro de dedo e monitor digital para pressão arterial, respectivamente; todos os procedimentos são indolores. Determinaremos também a sua resposta metabólica por meio da concentração sanguínea de lactato. Para isso, será coletado ~30 ul de sangue do lóbulo da orelha, a partir de uma pequena picada com uma lanceta (agulha muito fina) na parte inferior da orelha, antes e depois (0, 3, 5 e 10 minutos) dos testes de apneia dinâmica e desempenho de natação. Esses testes serão realizados em uma manhã. Na semana 3, iniciaremos a intervenção de treinamento de apneia que terá uma duração de 1 semana (5 sessões consecutivas). Cada sessão do treinamento de apneia consistirá em 10 repetições máximas em posição estática, dentro d’água. A semana 4 será igual a semana 2. Durante todo o experimento, ao longo de 4 semanas, serão realizadas 20 coletas de sangue do lóbulo da orelha de cada atleta.

O seu nome só aparecerá na ficha de cadastro e, nas demais situações, será identificado por um código. Os seus dados estarão protegidos pela Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Durante o estudo, você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar e os pesquisadores estarão à sua disposição para orientar ou sanar possíveis dúvidas antes, durante ou após a sua participação na pesquisa. Os resultados obtidos poderão ser divulgados em eventos científicos, em revistas ou outros meios de divulgação, mas o nome será sempre mantido em sigilo. Você é livre para recusar-se a participar deste estudo, assim como retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento, sem precisar assumir qualquer tipo de ônus, indenização ou ressarcimento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou perda de benefícios. Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade. Caso haja danos decorrentes dos riscos desta pesquisa, os pesquisadores assumirão a responsabilidade pelo ressarcimento e pela indenização. Você poderá acessar os resultados e as conclusões do estudo, inclusive informações globais constantes do relatório final da pesquisa. Para isso, você deverá entrar em contato com os pesquisadores e agendar um horário.

Os riscos que você terá são os relacionados à coleta de sangue que pode gerar dor e hematomas, que pode, ser minimizados colocando gelo envolto a uma sacola protegida para não se queimar. Além disso, os relacionados a esportes aquáticos, como o afogamento. A prática de apneia voluntária pode te levar a ter um blackout ou perda de consciência. Por isso, tanto os treinadores quanto os pesquisadores envolvidos com o projeto passarão por um treinamento com um salvador aquático credenciado pelo corpo de bombeiros, membro do nosso grupo de pesquisa, que consiste em interpretar sinais que indicam que você está prestes a entrar em uma situação de blackout ou perda de consciência e também técnicas de salvamento. Para isso, durante os treinos e testes de apneia na água haverá, sempre, o técnico e um pesquisador presentes e dentro da piscina. Além disso, você pode vir a sentir alguns incômodos transitórios na pele durante as coletas de sangue e a aferição de dobras cutâneas.

Eu, _____, acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li e/ou ouvi e compreendi os propósitos do presente estudo e todos os procedimentos a que serei submetido, além de ter sido esclarecido quanto aos riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não me afetará e nem me trará nenhuma penalidade ou prejuízo de qualquer natureza. Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro para participar do estudo.

Eu concordo voluntariamente e autorizo a minha participação no estudo “O efeito do treinamento de apneia em variáveis de bem estar e de carga interna, recuperação e desempenho físico em atletas da natação paralímpica,” a ser realizado no Centro de Treinamento Esportivo, situado na UFMG, na cidade de Belo Horizonte/MG, com as condições estabelecidas acima. Uma via deste TCLE ficará comigo e a segunda via, assinada por mim, será arquivada pelos pesquisadores.

_____, _____ de _____ de 20____.

Assinatura do Voluntário

RG ou CPF

Prof. Dr. Dawit Albieiro Pinheiro Gonçalves

Outros esclarecimentos poderão ser obtidos com os pesquisadores responsáveis:

Pesquisador/Orientador: Prof. Dr. Dawit Albieiro Pinheiro Gonçalves

e-mail: dawit.eeffto@gmail.com / Telefone: (31) 3409-2328

Pesquisador/Aluno: Lucas Siqueira

e-mail: lucas.siqueiramoraes@gmail.com / Telefone: (31) 98634-5866

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Universidade Federal de Minas Gerais - Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901, Unidade Administrativa II - 2º Andar - Sala: 2005 Telefone: (031) 3409-4592 - E-mail: coep@prpq.ufmg.br

ANEXO 3 Escala de Bem-estar de Hooper

Sono



Estresse / Fadiga / Dor



ANEXO 4 Escala de Percepção Subjetiva de Recuperação

ANEXO 5 Escala de Percepção Subjetiva de Esforço

