



Universidade Federal do Pará

Núcleo de Teoria e Pesquisa do Comportamento

Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Comportamento

**REPRODUTIBILIDADE DE UM TESTE PROGRESSIVO MÁXIMO PARA
ESTIMAR A APTIDÃO AERÓBICA UTILIZANDO *AIRBIKE*.**

Wenderson Lenon Paiva Farache

Belém - PA

2022



Universidade Federal do Pará

Núcleo de Teoria e Pesquisa do Comportamento

Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Comportamento

**REPRODUTIBILIDADE DE UM TESTE PROGRESSIVO MÁXIMO PARA
ESTIMAR A APTIDÃO AERÓBICA UTILIZANDO *AIRBIKE*.**

Wenderson Lenon Paiva Farache

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Neurociência e Comportamento, do Núcleo
de Teoria e Pesquisa da Universidade Federal
do Pará, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Neurociências e Comportamento

Orientador: Dr. Victor Silveira Coswig

Coorientador: Dr. Givago da Silva Souza

Belém - PA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

UFPA/Núcleo de Teoria e Pesquisa do Comportamento/Biblioteca

F219r Farache, Wenderson Lenon Paiva, 1995.

Reprodutibilidade de um teste progressivo máximo para estimar a aptidão aeróbica utilizando Airbike / Wenderson Lenon Paiva Farache. — 2022.

29 f.: il.

Orientador: Victor Silveira Coswig

Coorientador: Givago da Silva Souza

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de Teoria e Pesquisa do Comportamento, Programa de Pós- Graduação em Neurociência e Comportamento, Belém, 2022.

1. Psicologia: análise do comportamento. 2. Percepção subjetiva de esforço. 3. Teste progressivo máximo. 4. Frequência cardíaca. 5. Airbike: aptidão física. I. Título.

CDD - 23. ed. — 152.41

Catálogo na fonte: Maria Célia Santana da Silva – CRB-2/780

Wenderson Lenon Paiva Farache

Reprodutibilidade de um teste progressivo máximo para estimar a aptidão
aeróbica utilizando *Airbike*.

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Neurociência e Comportamento, do Núcleo
de Teoria e Pesquisa da Universidade Federal
do Pará, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Neurociências e Comportamento

Candidato: Wenderson Lenon Paiva Farache

Defesa:

Resultado:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Victor Silveira Coswig (UFC) – Orientador

Prof. Dr. Givago da Silva Souza (UFPA) – Co-orientador

Prof. Dr. Eduardo Macedo Penna (UFPA) – Membro

Prof. Dr. Fernando Allan de Farias Rocha (UFPA) - Membro

Belém - PA

2022



Termo de Autorização e Declaração de Distribuição não exclusiva para Publicação Digital no Repositório Institucional da UFPA

IDENTIFICAÇÃO DO AUTOR E DA OBRA

Autor*: Wenderson Lenon Paiva Farache

RG: 6807581 CPF: 02516343299 E-mail: wendersonfarache@gmail.com fone: (91) 989219865

Vínculo com a UFPA: Discente Unidade: UFPA Belém- campus Guamá prédio NTPC II

Tipo do documento: () Tese () Dissertação (X) Livro () Capítulo de Livro () Artigo de Periódico () Trabalho de Evento () Outro. Especifique: _____

Título do Documento: REPRODUTIBILIDADE DE UM TESTE PROGRESSIVO MÁXIMO PARA ESTIMAR A APTIDÃO AERÓBICA UTILIZANDO AIRBIKE

Data da Defesa: 04/07/2022 Área do Conhecimento: Ciências biológicas

Agência de Fomento: CAPES

Programa de Pós-Graduação em: Neurociências e Comportamento

*Para cada autor, uma autorização preenchida e assinada.

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO EXCLUSIVA

O referido autor:

- Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.
- Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à Universidade Federal do Pará os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros, está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal do Pará, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a UFPA a disponibilizar de acordo com a licença pública Creative Commons Licença 3.0 Unported, e de acordo com a Lei nº9610/98, o texto integral da obra citada, conforme permissões abaixo por mim assinaladas, para fins de leitura, impressão e/ou download, a partir desta data. Permitir o uso comercial da obra?

(X) Sim () Não

Permitir modificações em sua obra?

() Sim (X) Sim, contanto que compartilhem pela mesma licença
() Não

O documento está sujeito ao registro de patente?

() Sim (X) Não

A partir de qual data o documento poderá ser disponibilizado no Repositório Institucional da UFPA: 03 /10 /2022

A obra continua protegida por Direito Autoral e/ou por outras leis aplicáveis. É proibido qualquer uso da obra que não o autorizado sob esta licença ou pela legislação autoral. Este formulário deve ser encaminhado a Biblioteca Central da UFPA junto com a versão digital do documento

Belém-PA, 03/10/2022

Local Data

WENDERSON LENON PAIVA FARACHE

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos do Autor

Agradecimentos

Agradeço a dádiva de estar vivo, as possibilidades as quais tive o privilégio de poder lutar e viver.

Agradeço aos meus pais Maria Vanderleia Paiva de Aquino e José Adelson Farache Brasil pela educação e apoio nessa jornada da minha vida.

Agradeço ao professor Victor Silveira Coswig pela orientação nessa caminhada acadêmica denominada mestrado.

Agradeço ao órgão de fomento Capes o qual viabilizou a bolsa de estudos a qual viabilizou parcialmente este estudo.

“Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui, nunca desista de seus objetivos mesmo que esses pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser a vitoriosa.”

(Albert Einstein)

RESUMO

Introdução: Protocolos de avaliação em ergômetros são comumente utilizados para mensurar as cargas de treinamento e monitorar a aptidão física. Entretanto são escassos os protocolos que avaliem aptidão física utilizando a *Airbike*. **Objetivo:** O presente estudo tem como objetivo testar a reprodutibilidade de um teste progressivo utilizando *AirBike*. **Método:** 23 indivíduos saudáveis praticantes CrossFit® com idade média de $28,6 \pm 8,0$, sendo 16 do sexo masculino com idade de $27,9 \pm 8,1$ anos e 7 do sexo feminino com idade de $29,2 \pm 8,2$ anos praticantes de *Crossfit*® a no mínimo 3 meses. O protocolo de avaliação consistia em um teste progressivo até a exaustão autodefinida pelo voluntário, iniciando a 40 rotações por minuto (RPM), com estágios de 1 minuto, 5 RPM eram adicionados a cada estágio. Foi realizado um teste e após um período de 48h a 7 dias o reteste. Para mensurar a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi utilizada a escala Borg. Para mensurar a frequência cardíaca (FC) durante o teste foi utilizado o frequencímetro cardíaco *Polar*® *H10*, para a análise estatística foi utilizada o coeficiente de correlação intraclassa (ICC) com nível de significância de $p < ,001$. **Resultados:** Foram encontrados valores de ICC entre 0,3 e 0,9 na comparação do teste e reteste. Foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) na comparação entre os sexos nas variáveis potência máxima (W), limiar anaeróbio(rpm) e RPM máximas. **Conclusão:** Conclui-se com base nos resultados encontrado que o teste progressivo máximo para avaliação da aptidão cardiorrespiratória utilizado *Airbike* é reprodutível.

Palavra-chave: percepção subjetiva de esforço; teste progressivo máximo; frequência cardíaca

ABSTRACT

Introduction: Ergometer protocols are commonly used for measurement such as training and assessment tests performed in physics. However, approximate protocols using an Airbike are presented. **Objective:** The present study aims to test the reproducibility of a progressive test using an AirBike. **Method:** 2 years old @ 6 years old male aged 28.6 ± 8.0 years old, male aged 27.2 ± 8.1 years old, 7 female aged $29, 2 \pm 8$, 2 years Crossfit® practitioners for at least 3 months. The evaluation protocol consists of a progressive test until completion of one minute, at a time of 40 rotations per (RPM), with a stroke of 1 RPM added to each stage. A test was performed and after a period of 48h to 7 days the retest. To measure the perceived exertion (RPE) a Borg scale was used. To measure the heart rate (HR) during the test, the frequency meter for the Polar®10 heart was used, and the statistical analysis used the calculation of intraclass determination (ICC H) with a significance level of $<.001$. **Results:** ICC values between 0.3 and 0.9 were found in the test and retest comparison. **Conclusion:** Based on the results found, the progressive test to assess the maximum cardiorespiratory assessment (rpm) used by the Airbike is reproducible.

Keyword: subjective perception of effort; maximum progressive test; heart rate

Lista de Tabelas

Tabela 1. Comparação do teste e reteste das variáveis fisiológicas e perceptivas do teste progressivo na <i>Airbike</i>	19
--	----

Lista de Figuras

Figura 1. Gráfico de progressão da FC conforme o aumento da RPM referente ao teste e o reteste.....	20
Figura 2. Gráfico da progressão da PSE conforme o aumento da RPM referente ao teste e o reteste.....	21

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
2	MATERIAIS E MÉTODOS	16
2.1	Delineamento	16
2.2	Crítérios de inclusão e exclusão	17
3	PROCEDIMENTOS	17
3.1	Teste progressivo máximo	17
3.2	Frequência Cardíaca	18
3.3	Percepção Subjetiva de Esforço	18
3.4	Análise Estatística	18
4	Resultados	19
5	Discussão	21
6	Conclusão	25
7	Limitações	25
8	Aplicações práticas	25
	Referências	26
	ANEXO I	30
	APÊNDICE I	31

1 INTRODUÇÃO

Visando monitorar a performance das aptidões físicas, diversos protocolos de testes têm sido propostos com intuito de mensurar o desempenho e a aptidão física (Benhammou, Mourot, Mokkedes, Bengoua, & Belkadi, 2021; Fielding, Frontera, Hughes, Fisher, & Evans, 1997; da Silva, Brito, & Reis, 2017). Contudo, ao optar por um determinado protocolo, deve-se considerar alguns componentes específicos como: a adequabilidade do teste perante as especificidades da modalidade, validade, confiabilidade e reprodutibilidade (Currell & Jeukendrup, 2008; Reilly, Morris, & Whyte, 2009).

Buscando melhor controle das variáveis durante a execução de protocolos, os ergômetros são amplamente usados nas mais variadas condições para avaliação e monitoramento da aptidão física (Lillo-Bevia & Pallarés, 2017; Paton & Hopkins, 2002), e, através dos dados fornecidos é possível delinear uma rotina de treinamento condizente com às necessidades dos sujeitos (Faude, Kindermann, & Meyer, 2009; Jones & Doust, 1996). Conduzindo assim a respostas positivas ao treinamento (Impellizzeri et al., 2019; Nakamura et al., 2010; West et al., 2021)

Há protocolos que visam à avaliação de componentes aeróbios considerando apenas os membros superiores como o proposto por Gauthier et al. (2017) para usuários de cadeira de rodas, e membros inferiores como o Protocolo de Bruce (Fielding et al., 1997). Porém, além de protocolos isolados, aparelhos como o remoergômetro envolvem simultaneamente o uso de membros superiores e inferiores, sendo utilizados como estratégia de avaliação precisa das respostas metabólicas e cardiorrespiratórias durante o exercício, além da melhora da performance (Silva et al., 2017). Utilizado em testes progressivos máximos e submáximos, comparado com a aplicação convencional em bote em ambiente aquático, o remoergômetro não mostrou diferença para medidas de

concentração de lactato, potência e frequência cardíaca, o que o credencia como viável tanto para aplicação de testes, como para o treinamento (Vogler, Rice, & Gore, 2010).

Dentre os diversos equipamentos existe a *Airbike* a qual é um equipamento comum entre diversas modalidades de treinamento, como o *Crossfit*® (Haynes & DeBeliso, 2019), que pode possibilitar mensurar a aptidão cardiorrespiratória (Nagle, Richie, & Giese, 1984; Schlegel, Křehký, Hiblbauer, & Faltys, 2022). Consistindo em uma bicicleta estacionária equipada com duas hastes, que permitem a ação dos membros superiores em movimento de puxar e empurrar, bem como, em conjunto com os pedais de ação para membros inferiores que funcionam como em uma bicicleta estacionária e possui como mecanismos para gerar resistência um sistema, hélices giratórias que conforme as rotações por minuto (rpm) se intensificam, e, a resistência do ar gerada pelo movimento é proporcionalmente aumentada (Schlegel, Křehký, Hiblbauer, et al., 2022). Por outro lado, por requerer ações combinadas de membros inferiores e superiores, ela gera a ativação de maiores grupamentos musculares e, conseqüentemente espera-se maior consumo de oxigênio (Hoffman, Kassay, Zeni, & Clifford, 1996) e concentração de lactato em comparação a testes de esteira (Schlegel & Křehký, 2020). O que a torna uma interessante ferramenta para desempenhar treinamentos de alta intensidade HIIT (Hoffman et al., 1996)

Desta forma Schlegel, Křehký, & Hiblbauer, (2022) testaram o uso do HIIT por meio da *Airbike* compararam os efeitos do treinamento em alta intensidade com treinamento em intensidade moderada em esteira por um período de 8 semanas com frequência semanal de duas vezes utilizando o seguinte protocolo: 20 series: 15 segundos de trabalho em intensidade máxima e 45 segundos de descanso no primeiro encontro da semana e 25 series com 40 segundos de trabalho em intensidade máxima por 20 segundos de descanso na segunda sessão de treinamento semanal. Em comparação do grupo

controle que: na primeira sessão da semana realizou 25 minutos de corrida a 70% da FCmax e na segunda sessão de treino 30 minutos e corrida a 70% da FCmax e também fizeram exercícios como flexões de braço, agachamentos, isometria para complementar as sessões de treinamento. Como resultados do estudo houve um ganho de força, resistência e VO2 máximo (VO2max) de significativa ($p < 0,05$) no grupo que utilizou a *Airbike* (Schlegel, Křehký, & Hiblbauer, 2022). Atestando assim que o seu uso pode ser uma interessante ferramenta quando buscando aprimoramento da aptidão física em comparação ao treinamento em intensidade moderada.

No estudo de Lamont, (1992) buscando criar uma equação de predição do VO2max utilizando *Airbike* por meio de uma validação cruzada utilizando os dados do The American College of Sports Medicine do VO2max. Foi utilizado em um teste progressivo máximo com estágio de 3 minutos com implemento de vagem (W) de 20 – 82 W dependendo do peso do indivíduo até a exaustão. Chegando na seguinte equação ($VO2ml1 = 9,57 \times (W) + (3,5 \times \text{peso corporal})$), permitindo assim o uso da *Airbike* como uma ferramenta para predizer o VO2max. Entretanto, a reprodutibilidade não foi aferida em seu estudo

Destarte, o presente estudo objetiva testar a reprodutibilidade de um protocolo progressivo máximo para avaliação de variáveis da aptidão cardiorrespiratória usando *Airbike*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Delineamento

Foram convidados a participar da pesquisa praticantes de *Crossfit*® em unidades credenciadas e os testes foram feitos perante a disponibilidade dos voluntários e dos materiais para teste. Os sujeitos foram informados dos objetivos do estudo.

Posteriormente, foi aplicado o Termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice I), a Anamnese contendo dados de descrição demográfica (nome, idade e tempo de prática) e após essa etapa realizaram a primeira fase do teste progressivo até a exaustão na *Airbike*. Após um intervalo de 48 horas a 7 dias os voluntários realizaram o reteste.

2.2. Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos na pesquisa praticantes de *CrossFit*® com pelo menos 3 meses de treinamento, que não possuíam disfunções cardiorrespiratórias ou deficiências físicas que pudessem interferir na execução do teste. Foram excluídos da amostra aqueles apresentaram alguma lesão no aparelho locomotor que influenciasse ou impedisse a execução do teste, como também aqueles que não realizaram o teste ou o reteste ou que na realização de uma das avaliações obtiveram um tempo de execução inferior a 6 minutos de duração (Fairshter et al., 1983).

3. PROCEDIMENTOS

3.1 Teste progressivo máximo

Os testes foram aplicados em uma *AirBike* do modelo *Assault RinoForce*® e adaptados do protocolo em cicloergômetro proposto por Kuipers et al. (1985). Foi feita a utilização dos membros inferiores e superiores em conjunto buscando exigir uma maior demanda aeróbica (Hoffman et al., 1996). O protocolo iniciava em uma frequência usual do equipamento de 40 rpm (Schlegel, Křehký, Hiblbauer, et al., 2022), a qual foi aumentado em 5 rpm a cada estágio de 1 minuto. No fim de cada estágio foram aferidas a frequência cardíaca (fc) e a percepção subjetiva de esforço (pse) progredindo até a falha da manutenção da cadência. Ao fim do teste foram coletados os valores máximos de rpm (RPMmax) e de potência em watts (Pmax).

3.2. Frequência cardíaca

A frequência cardíaca dos sujeitos foi aferida por meio dos batimentos por minuto (bpm) através do frequencímetro cardíaco *Polar®*. Para estimar a frequência cardíaca máxima (FCmax) da amostra foi utilizada a equação $FC_{max} = 208 - (0.7 \times \text{idade})$ proposta por Tanaka, Monahan, Seals, (2001).

3.3 Percepção Subjetiva de Esforço

A PSE foi medida por meio da Escala de Borg (Anexo I)(Borg & Noble, 1974) previamente validada para o português e adaptada a realidade brasileira (Cabral et al., 2020). Possuindo um intervalo numérico de 6 a 20, em que o esforço em uma dada tarefa é caracterizado em escores que variam de “muito fácil” à “exaustivo”, em que os intervalos de valores significam: 6 “Nenhum esforço”, 7 à 8 é “Extremamente leve”, de 9 à 10 “Muito leve”, 11 à 12 um “pouco difícil”, 13 à 15 “Difícil (Pesado)”, 16 à 18 “Muito difícil”, 19 “Extremamente difícil” e 20 “Esforço máximo”.

3.4 Análise Estatística

Para verificar a normalidade dos dados, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. N passo para efetuar a comparação das médias das variáveis foi usado o teste t. Enquanto que, para avaliar reprodutibilidade foi utilizado o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), o qual foi classificado da seguinte forma: <0.1 muito baixo; de $0.1 \leq a < 0.3$ baixo; de $0.3 \leq a < 0.5$ moderado; de $0.5 \leq a < 0.7$ alto; de $0.7 \leq a < 0.9$ muito alto; de $0.9 \leq a < 1$ quase perfeito (COHEN, 1988; RIBOLI et al., 2017). A chance de erro é atenuada à medida que o ICC aumenta acima de 0,80 (Nunnally & Bernstein, 1994). A partir do cálculo da média e desvio padrão (SD) dos valores referentes aos testes de cada participante, foi obtido o erro padrão médio (EPM) ($EPM = SD \times \sqrt{(1 - ICC)}$) e a alteração

mínima detectável (MMD) ($MMD = SE \times 1,96 \times (\sqrt{2})$) (WEIR, 2005). Todas as análises foram realizadas no software pacote estatístico SPSS (*IBM SPSS 21.0*). Em todas as variáveis a significância adotada foi ($p \leq 0,05$).

4 RESULTADOS

Foram investigados 23 indivíduos saudáveis praticantes *CrossFit*® com idade média de $28,6 \pm 8,0$, sendo 16 do sexo masculino com idade de $27,9 \pm 8,1$ anos e 7 do sexo feminino com idade de $29,2 \pm 8,2$ anos.

A tabela 1 exhibe os valores referentes às análises de reprodutibilidade comparando teste e reteste do protocolo proposto para inferir a aptidão cardiorrespiratória. Destaca-se então, o elevado grau de reprodutibilidade visto pelos valores “muito alto” e “quase perfeito” alcançados com exceção da variável PSE que para a amostra de mulheres e do combinado e homens e mulheres (Todos) alcançaram valores classificados como “moderado” na análise do ICC. Também foram encontrados reduzidos valores de EPM e MMD, e não foram encontradas diferenças estaticamente significativas entre o teste e o reteste na análise dos valores do teste t para todas as variáveis analisadas. Tais resultados indicam que o protocolo proposto é reprodutível.

Tabela 1:

Comparação do teste e reteste das variáveis fisiológicas e perceptivas do teste progressivo na Airbike.

Teste	Reteste	Teste-t	ICC	Classificação	EPM	MMD
<i>Limiar anaeróbio (bpm)</i>						
$165,0 \pm 8,4$	$165,3 \pm 10,2$	0,810	0,7	Muito alto	4,9	13,7
<i>Limiar anaeróbio (rpm)</i>						
$58,8 \pm 5,5$	$59,8 \pm 6,7$	0,147	0,9	Quase perfeito	2,2	6,1

PSE máxima (u.a.)

18,4 ± 1,5	18,1 ± 2,0	0,454	0,5	Moderado	1,3	3,6
------------	------------	-------	-----	----------	-----	-----

Frequência cardíaca máxima (F_{cmax}) (bpm)

177,6 ± 9,9	176,7 ± 12,1	0,516	0,9	Quase perfeito	4,0	11,0
-------------	--------------	-------	-----	----------------	-----	------

RPM máxima (rpm)

65,2 ± 5,9	65,8 ± 6,2	0,211	0,9	Quase perfeito	1,4	3,9
------------	------------	-------	-----	----------------	-----	-----

Potência máxima (p_{max}) (W)

365,0 ± 104,4	363,1 ± 95,6	0,828	0,9	Quase perfeito	25,3	70,1
---------------	--------------	-------	-----	----------------	------	------

Nas Figuras 1 e 2 está respectivamente representado os valores médios da FC e da PSE em cada estágio descrito por RPM.

Figura 1:

Gráfico de progressão da FC conforme o aumento da RPM referente ao teste e o reteste.

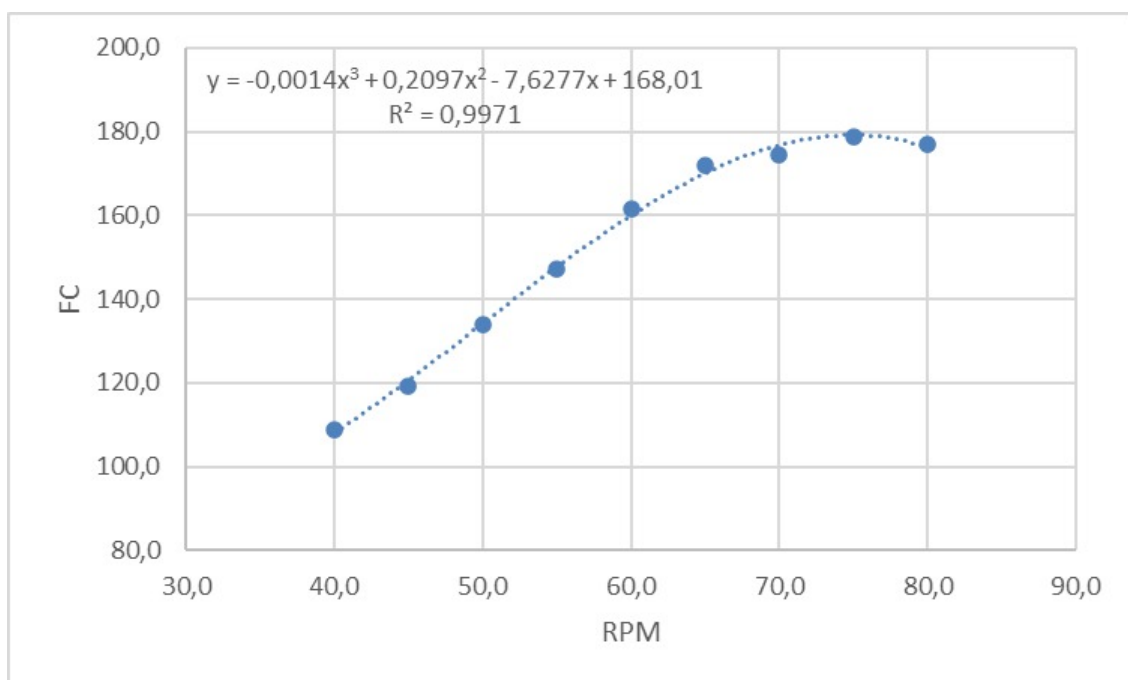
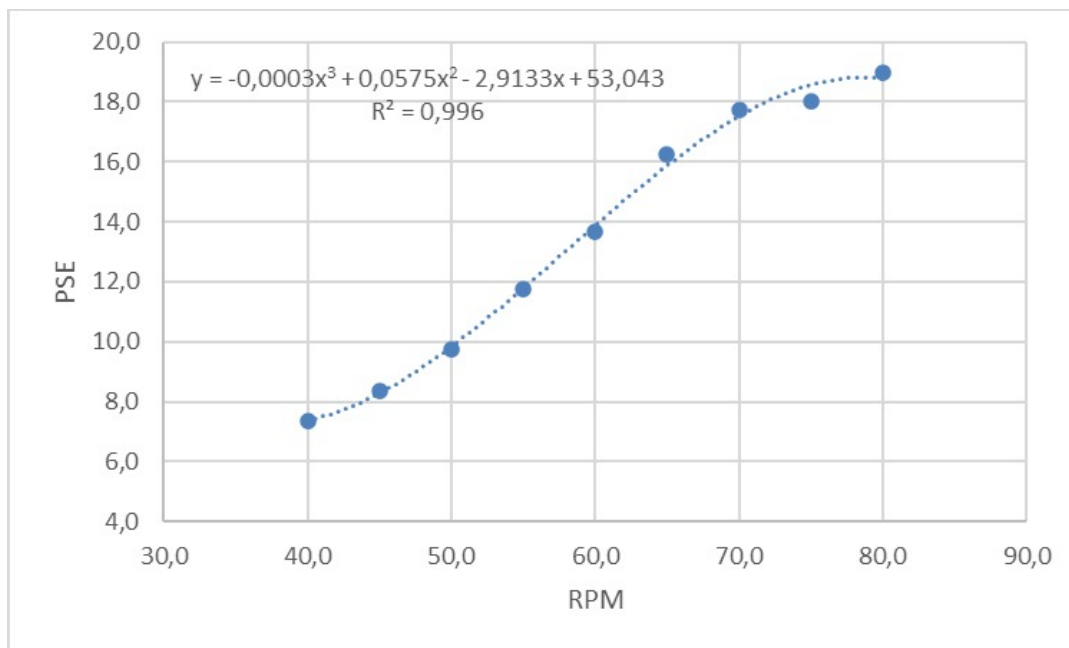


Figura 2:

Gráfico da progressão da PSE conforme o aumento da RPM referente ao teste e o reteste.



Conforme as figuras 1 FCmax durante o teste incremental máximo realizado na *Airbike* atingiu valores de 177,6 bpm na mostra, o que respectivamente equivale a 94,6% FCmax estimada pela equação de Tanaka (2001).

5 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo testar a reprodutibilidade de um protocolo de avaliação de desempenho cardiorrespiratório utilizando a *Airbike* em praticantes de *Crossfit*®. Neste sentido os principais achados indicam que o teste proposto nas condições apresentadas parece ser reprodutível o que significa que as variáveis pesquisadas como FC, limiar anaeróbio(bpm), limiar anaeróbio(rpm), RPMmax e Pmax atingiram valores estatisticamente concordantes sendo possível reproduzir as variáveis em testes em *Airbike* e em condições semelhantes.

Acerca disso, diversos estudos testam a reprodutibilidade de diferentes ergômetros envolvendo avaliações cardiorrespiratórias. Por exemplo, Coelho-e-Silva et

al. (2018) testaram a reprodutibilidade do pico de potência e da velocidade de saída em um teste de ciclismo, em que ambos utilizaram-se de um cicloergômetro e concluíram o protocolo proposto é reprodutível ($ICC = 0,9-1,0$). No presente estudo foi utilizada a *Airbike* em praticantes de *Crossfit*®, e, houve alta reprodutibilidade conforme as variáveis investigadas.

Dentre as diversas variáveis abordadas, a FC é uma variável de monitoramento não invasiva e confiável em que é um dos parâmetros clínicos mais frequentemente empregados para caracterizar a obtenção de um esforço máximo sem medida de gases expirados (Kindermann et al., 2002). E derivada dela a FCmax no presente estudo obteve valores de ICC classificados como “Muito alto” e “Quase perfeito” indicando uma boa reprodutibilidade do teste (COHEN, 1988). Foram alcançados valores de 94,6 % da FCmax predita (Tanaka et al., 2001) sendo menor que os 98,2% encontrada no teste de estresse utilizando *Airbike* (Schlegel, Křehký, Hiblbauer, et al., 2022). Embora menores, os valores na presente investigação foram próximos a 100% da FCmax predita em que é comumente adotada como um dos critérios para garantir que o esforço máximo seja alcançado (LAURSEN et al., 2002) e esperados para um teste máximo utilizando *Airbike* (LAMONT, 2000). Sendo possível constatar que a aptidão cardiorrespiratória máxima pode ser inferida pelo teste proposto.

Ao analisar o ICC do limiar anaeróbio o mesmo foi classificado como “Alto” e “Muito Alto” atestando a reprodutibilidade do teste (COHEN, 1988). Para essa variável foram encontrados valores de $165,0 \pm 8,4$ bpm no teste e de $165,3 \pm 10,2$ bpm no reteste sendo valores menores aos $173,6 \pm 8,6$ bpm encontrados em atletas de futebol profissional em teste de esteira (Silva et al., 1999) sendo valores próximos aos $163,6 \pm 13,6$ bpm identificados em praticantes de *Crossfit*® também em esteira (Barbieri et al., 2019),

infere-se que o protocolo proposto atingiu valores similares aos presentes na literatura durante o uso de testes progressivos máximos.

Ademais, outra variável não invasiva abordada no presente estudo foi a PSE, a qual pode ser utilizada como uma importante ferramenta na prescrição e monitoramento de cargas (ESTON, 2012), e no seu uso em conjunto a *Airbike* estando relacionada aos parâmetros de intensidade metabólica, como a concentração de lactato (Schlegel & Křehký, 2020). E como para seu uso pode ser combinado o uso de membros superiores e inferiores, o que pode causar um maior consumo de oxigênio (Hoffman et al., 1996) e um maior acúmulo de lactato sanguíneo em comparação a testes de esteira lactato (Schlegel & Křehký, 2020). E este uso em conjunto tende a diminuir o processamento de impulsos nervosos ligados a dor, e devido à esta sobrecarga pode-se gerar uma PSE reduzida (Hoffman et al., 1996). Por meio diste, é possível inferir que seria benéfico o uso da *Airbike* em programas de treinamento que busquem maior intensidade de trabalho. Visto que a PSE pode ser reduzida podendo permitir o treinamento em intensidade mais elevadas comparando outros ergômetros (Hoffman et al., 1996).

Outro fator a se considerar no uso da *Airbike* é em quais segmentos corporais serão utilizados em seu manuseio, pois é possível o de uso de membros superiores ou inferiores isoladamente e também a possibilidade de ambos combinados (Nagle et al., 1984). Quando comparado o uso de membros superiores, inferiores e combinados por meio do teste progressivo intervalado com estágios de 4 minutos com descanso de 2 minutos entre os estágios com adição de 23 W em média por estágio, foi possível averiguar que quando ao uso dos membros superiores e inferiores em conjunto são alcançados valores mais elevados com diferença significativa ($p < 0,05$) para as variáveis consumo de oxigênio, FC e em W (Hoffman et al., 1996). Concomitante a esses achados quando feita a comparação do uso dos segmentos corporais na *Airbike*, mas em protocolo

de teste progressivo máximo com estágios de 3 minutos que para membros superiores o valor inicial e de implemento de carga por estágio de 24W. Quanto aos membros inferiores o tempo dos estágios foi mantido, porém a carga inicial e implemento de carga por estágio foi de 48W. foram investigados diferentes percentuais de contribuição entre membros superiores e inferiores: 100% superiores, 100% inferiores, 10% superiores/90% inferiores, 20% superiores /80% inferiores e 30% superiores/70% inferiores. Dentre estas combinações destaca-se a 10% superiores/ 90% inferiores que obteve valores com significância estatística ($p < 0,05$): FC 186 ± 3 bpm, Pmax 278 ± 12 e VO₂max 4066 ± 185 em comparação aos FC 180 ± 4 bpm, Pmax 239 ± 11 e VO₂max 3590 ± 180 da condição 100% membros inferiores. Demonstrando o aumento dos resultados com implemento dos membros superiores como auxílio aos inferiores em um grau de 10% de contribuição (Hoffman et al., 1996). Com base nesses achados é possível inferir que o implemento dos membros inferiores na *Airbike* possibilita um maior aproveitamento das capacidades físicas dos indivíduos permitindo alcançar maiores intensidades.

A Pmax atingiu um excelente índice de reprodutibilidade considerados quase perfeitos (COHEN, 1988), e atingiu valores no teste de $365,0 \pm 104,4$ W e no retestes de $363,1 \pm 95,6$ W, o quais foram superiores aos $243,7 \pm 56,3$ W encontrado em praticantes de *Crossfit*® em teste progressivo máximo em ciclo ergômetro (Barbieri et al., 2019) e inferiores aos $771,5 \pm 55,9$ W alcançados em teste na *Airbike* (Schlegel & Křehký, 2020). Entretanto, tal valor foi obtido por teste de sprint máximo de 60 segundos, sendo um teste para averiguar a máxima produção de potência em menor tempo possível diferindo bastante do teste proposto, o qual se assemelha aos valores encontrados por Barbieri et al. (2019), sendo possível inferir que foram encontrados valores condizentes a literatura em testes progressivos máximos em praticantes de *Crossfit*®.

6 CONCLUSÃO

Em conclusão, o protocolo de teste progressivo até exaustão através da *Airbike* obteve alto valor de reprodutibilidade, podendo ser utilizado para avaliar o desempenho e a aptidão cardiorrespiratória em praticantes de *Crossfit*®.

7 LIMITAÇÕES

Não foi possível ter acesso aos esquemas de cálculo de como a vatagem é calculada internamente via software integrado as *Airbikes* utilizadas no presente estudo.

8 APLICAÇÕES PRÁTICAS

O teste máximo proposto mostrou-se uma interessante ferramenta de monitoramento não invasivo no qual utiliza-se membros superiores e inferiores na execução. Em conjunto com a *Airbike* ser um ergômetro comum em espaços de treinamento que buscam desenvolver as capacidades físicas de forma global, faz-se o protocolo de teste proposto um acessível, rápido, bem como uma interessante opção para mensurar a aptidão cardiorrespiratória em praticantes de *Crossfit*®.

REFERÊNCIAS

- Barbieri, Joao Francisco, Figueiredo, Gabriel Turatti da Cruz, Castano, Luz Albany Arcila, Guimaraes, Patricia dos Santos, Ferreira, Rafael Rezende, Ahmadi, Shirko, ... de Moraes, Antonio Carlos (2019). A comparison of cardiorespiratory responses between crossfit® practitioners and recreationally trained individual. *Journal of Physical Education and Sport*, 19(3), 1606–1611. <https://doi.org/10.7752/jpes.2019.03233>
- Benhammou, S., Mourot, L., Mokkedes, M. I., Bengoua, A., & Belkadi, A. (2021). Assessment of maximal aerobic speed in runners with different performance levels: Interest of a new intermittent running test. *Science and Sports*, (xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.10.002>
- Beynon, C., Burke, J., Doran, D., & Nevill, A. (2000). Effects of activity-rest schedules on physiological strain and spinal load in hospital-based porters. *Ergonomics*, 43(10), 1763–1770. <https://doi.org/10.1080/001401300750004168>
- Borg, Gunnar, & Noble, Bruce (1974). perceived exertion. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 2(1), 131–154.
- Bredella, Miriam A. (2017). Sex differences in body composition. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1043, 9–27. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70178-3_2
- Cabral, Luana L., Nakamura, Fábio Y., Stefanello, Joice M.F., Pessoa, Luiz C.V., Smirmaul, Bruno P.C., & Pereira, Gleber (2020). Initial validity and reliability of the portuguese borg rating of perceived exertion 6-20 scale. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 24(2), 103–114. <https://doi.org/10.1080/1091367X.2019.1710709>
- Coelho-e-Silva, Manuel J., Rebelo-Gonçalves, Ricardo, Martinho, Diogo, Ahmed, Alexis, Luz, Leonardo G.O., Duarte, João P., ... Figueiredo, António J. (2018). Reproducibility of estimated optimal peak output using a force-velocity test on a cycle ergometer. *PLoS ONE*, 13(2), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193234>
- Cohen, Jacob (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Retrieved from [http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ و های رسانه و فرهنگ نوین&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chkhask=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component](http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ%20های%20رسانه%20و%20فرهنگ%20نوین&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chkhask=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component)
- Currell, Kevin, & Jeukendrup, Asker (2008). Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance LK - <https://rug.on.worldcat.org/oclc/367041412>. *Sports Medicine*, 38(4), 297–316.
- Drew, Michael K., & Finch, Caroline F. (2016). The relationship between training load and injury, illness and soreness: a systematic and literature review. *Sports Medicine*, 46(6), 861–883. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0459-8>
- Eston, Roger (2012). Use of ratings of perceived exertion in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(2), 175–182. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.2.175>
- Fairshter, Ronald d., Walters, John, Salness, Kym, Fox, Michael, Minh, Vu-dinh, & Wilson, archie f (1983). A comparison of incremental exercise tests during cycle and treadmill ergometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(6), 549–554.
- Faude, Oliver, Kindermann, Wilfried, & Meyer, Tim (2009). Lactate threshold concepts: How valid are they? *Sports Medicine*, 39(6), 469–490.

- <https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00003>
- Fielding, Roger A., Frontera, Walter R., Hughes, Virginia A., Fisher, Elizabeth C., & Evans, W. J. (1997). The reproducibility of the bruce protocol exercise test for the determination of aerobic capacity in older women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(8), 1109–1113. <https://doi.org/10.1097/00005768-199708000-00018>
- Gauthier, Cindy, Arel, Jasmine, Brosseau, Rachel, Hicks, Audrey L., & Gagnon, Dany H. (2017). Reliability and minimal detectable change of a new treadmill-based progressive workload incremental test to measure cardiorespiratory fitness in manual wheelchair users. *Journal of Spinal Cord Medicine*, 40(6), 759–767. <https://doi.org/10.1080/10790268.2017.1369213>
- Guenette, Jordan A., Romer, Lee M., Querido, Jordan S., Chua, Romeo, Eves, Neil D., Road, Jeremy D., ... Shed, A. William (2010). Sex differences in exercise-induced diaphragmatic fatigue in endurance-trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, 109(1), 35–46. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01341.2009>
- Haynes, Emily, & DeBeliso, Mark (2019). The relationship between CrossFit performance and grip strength. *Turkish Journal of Kinesiology*, 5(1), 15–21. <https://doi.org/10.31459/turkjin.515874>
- Hoffman, Martin D., Kassay, Kara M., Zeni, Anne I., & Clifford, Philip S. (1996). Does the amount of exercising muscle alter the aerobic demand of dynamic exercise? *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74(6), 541–547. <https://doi.org/10.1007/BF02376770>
- Hollenberg, Milton, Ngo, Long H., Turner, Donna, & Tager, Ira B. (1998). Treadmill exercise testing in an epidemiologic study of elderly subjects. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 53(4), 259–267. <https://doi.org/10.1093/gerona/53A.4.B259>
- Impellizzeri, Franco M, Marcora, Samuele M, & Coutts, Aaron J (2019). Internal and external training load: 15 years on training load: internal and external load theoretical framework: the training process. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273.
- Jeffries, Owen, Waldron, Mark, Patterson, Stephen D., & Galna, Brook (2019). An analysis of variability in power output during indoor and outdoor cycling time trials. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(9), 1273–1279. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0539>
- Jones, A M, & Doust, J H (1996). A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running (Une inclinaison de 1% du tapis roulant est la valeur qui permet le mieux de refléter la dépense énergétique de la course en plein air). *Journal of Sports Sciences*, 14(4), 321–327. Retrieved from <http://libproxy.unitec.ac.nz:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=SPHS-624681&site=ehost-live&scope=site>
- Kindermann, Michael, Schwaab, B., Finkler, N., Schaller, S., Böhm, M., & Fröhlig, G. (2002). Defining the optimum upper heart rate limit during exercise: A study in pacemaker patients with heart failure. *European Heart Journal*, Vol. 23, pp. 1301–1308. <https://doi.org/10.1053/euhj.2001.3078>
- Kuipers, H., Verstappen, F. T.J., Keizer, H. A., Geurten, P., & van Kranenburg, G. (1985). Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *International Journal of Sports Medicine*, 6(4), 197–201. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025839>
- Lamont, Linda (2000). How to write an exercise prescription for the Airdyne® ergometer. *ACSM'S Health e Fitness Journal*, 4(5), 17–32.

- Lillo-Bevia, José R., & Pallarés, Jesús G. (2017). Validity and reliability of the cycleops hammer cycle ergometer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(7), 853–859.
- Nagle, Francis J., Richie, Jhon P., & Giese, Michael D. (1984). VO₂max responses in separate and combined arm and leg air braked ergometer exercise. *Medicine And Science In Sports An Exercise*, 16(6), 563–566.
- Nakamura, Fábio Yuzo, Moreira, Alexandre, & Aoki, Marcelo Saldanha (2010). Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? *Revista Da Educação Física/UEM*, 21(1), 1–11. <https://doi.org/10.4025/reveducfis.v21i1.6713>
- Nunnally, Jum C, & Bernstein, Ira H (1994). *Psychometric Theory Third Edition*. McGraw-Hili, Inc, 1, 752.
- Padulo, Johnny, Ardigò, Luca Paolo, Bianco, Massimo, Cular, Drazen, Madic, Dejan, Markoski, Branko, & Dhahbi, Wissem (2019). Validity and reliability of a new specific parkour test: Physiological and performance responses. *Frontiers in Physiology*, 10(OCT), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01362>
- Paton, Carl D., & Hopkins, Will G. (2002). Tests of cycling performance. *Sports Medicine*, 32(7), 489–496. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232140-00005>
- Reilly, Thomas, Morris, Tessa, & Whyte, Greg (2009). The specificity of training prescription and physiological assessment: A review. *Journal of Sports Sciences*, 27(6), 575–589. <https://doi.org/10.1080/02640410902729741>
- Riboli, Andrea, CÈ, Emiliano, Rampichini, Susanna, Venturelli, Massimo, ALBERTI, Giampietro, LIMONTA, Eloisa, ... ESPOSITO, Fabio (2017). Comparison between continuous and discontinuous incremental treadmill test to assess velocity at VO₂max. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(9), 1119–1125.
- Schlegel, Petr, & Křehký, Adam (2020). Anaerobic fitness testing in crossfit. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 60(2), 217–228. <https://doi.org/10.2478/afepuc-2020-0018>
- Schlegel, Petr, Křehký, Adam, & Hiblbauer, Jan (2022). Physical fitness improvement after 8 weeks of high-intensity interval training with air bike Physical fitness improvement after 8 weeks of high-intensity interval training with air bike *Department of Physical Education and Sports* (April). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21669.58081>
- Schlegel, Petr, Křehký, Adam, Hiblbauer, Jan, & Faltys, Vojtěch (2022). Air biking as a new way for stress testing. *Movement & Sport Sciences - Science & Motricité*, (April). <https://doi.org/10.1051/sm/2022001>
- Schmitz, Boris, Pfeifer, Carina, Thorwesten, Lothar, Krüger, Michael, Klose, Andreas, & Brand, Stefan Martin (2020). Yo-yo intermittent recovery level 1 test for estimation of peak oxygen uptake: use without restriction? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 00(00), 1–10. <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1684432>
- Silva, Fábio Barreto Maia da, Brito, João Paulo Reis Gonçalves Moreira de, & Reis, Victor Machado (2017). Predição do desempenho a partir das características antropométricas, fisiológicas e de força no remo. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 23(06), 446–449.
- Silva, Paulo Roberto Santos, Romano, Angela, Teixeira, Alberto Azevedo Alves, Visconti, Ana Maria, Roxo, Carla Dal Maso Nunes, Machado, Gilberto Silva, ... Inarra, Luís Antonio (1999). A importância do limiar anaeróbico e do consumo máximo de oxigênio (VO₂ máx.) em jogadores de futebol. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 5(6), 225–232. <https://doi.org/10.1590/s1517-86921999000600005>

- Tanaka, Hirofumi, Monahan, Kevin D., & Seals, Douglas R. (2001). Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153–156. <https://doi.org/10.1093/imrn/rnu033>
- Viru, Atko, & Viru, Mehis (2000). Nature of training effects. *Exerc Sport Sci*, 6(7), 67–95.
- Vogler, Andrew J., Rice, Anthony J., & Gore, Christopher J. (2010). Physiological responses to ergometer and on-water incremental rowing tests. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 342–358. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.342>
- Wallace, Lee K., Slattery, Katie M., & Coutts, Aaron j. (2018). The ecological validity and application of the session-rpe method for quantifying training loads in swimming. *Journal of Applied Physiology*, 81(11), 906–912.
- WEIR, JOSEPH P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the sem. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 231–240. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27872-3_5
- West, Stephen W., Clubb, Jo, Torres-Ronda, Lorena, Howells, Daniel, Leng, Edward, Vescovi, Jason D., ... Windt, Johann (2021). More than a metric: how training load is used in elite sport for athlete management. *International Journal of Sports Medicine*, 42(4), 300–306. <https://doi.org/10.1055/a-1268-8791>

ANEXO I

Escala de Esforço Percebido de Borg

6 Nenhum esforço

7

Extremamente leve

8

9 Muito leve

10

11 Leve

12

13 Um pouco difícil

14

15 Difícil (pesado)

16

17 Muito difícil

18

19 Extremamente difícil

20 Esforço Máximo

Escala de Borg para esforço percebido

APÊNDICE I

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado (a) participante,

Você está sendo convidado (a) a participar como voluntário (a) da pesquisa “Reprodutibilidade de um teste progressivo máximo para estimar a aptidão aeróbia utilizando *Airbike*.” desenvolvida pelo aluno de Mestrado Wenderson Lenon Paiva Farache número para contato (91-989219865), pós-graduando em Neurociência e comportamento da Universidade Federal do Pará (UFPA), sob orientação do Prof. Dr. Victor Silveira Coswig. Asseguramos que todas as medidas de saúde propostas para evitar a disseminação da Covid-19 serão tomadas durante as coletas, total sigilo nos dados coletados, que serão utilizados somente para fins de pesquisas e analisados de uma forma geral e não individual. Este documento tem a finalidade de firmar acordo escrito, para que você possa autorizar sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e riscos a que se submeterá, podendo sair da pesquisa a qualquer momento, sem prejuízo algum.

Ao assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, declaro que:

- 1) Estou ciente de que o objetivo da pesquisa é: Conferir a validade e reprodutibilidade do aplicativo *GETAPP*.
- 2) Receberei todas as informações sobre o objetivo e desenvolvimento do estudo de forma clara e terei a oportunidade de tirar qualquer dúvida ou esclarecimentos que se fizerem necessários.
- 3) Estou ciente de que os (as) participantes deverão responder um questionário diário, antes e após as sessões de treinamento
- 4) Terei disponível tempo adequado para que possa refletir e tomar uma decisão livre e esclarecida.
- 5) Terei plena liberdade de recusar a participação ou retirar meu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma.
- 6) Estou ciente de que existe um desconforto e risco mínimo dos procedimentos de avaliação, especialmente da coleta sanguínea a qual pode acarretar em leves hematomas. Riscos que deverão ser minimizados por ação dos pesquisadores.
- 7) Estou ciente de que serei beneficiado com as palestras referentes ao monitoramento de carga de treinamento e com o conhecimento dos meus dados de desempenho e fadiga obtidos durante o desenvolvimento da pesquisa.
- 8) Terei direito garantido e gratuito a receber assistência (integral e imediata) por qualquer dano que possa vir a ocorrer em decorrência específica da pesquisa.

- 9) Em caso de danos resultantes da participação na pesquisa, terei direito à indenização por parte do pesquisador, do patrocinador e das instituições envolvidas nas diferentes fases da pesquisa.
- 10) Terei garantido direito de ressarcimento de gastos decorrentes da pesquisa (incluindo os de acompanhantes).
- 11) Estou ciente de que a participação nesta pesquisa é voluntária e todos (as) terão os seus nomes e respostas resguardados sob rigoroso sigilo sendo identificados apenas por meio de siglas e os resultados obtidos serão utilizados apenas para alcançar os objetivos do trabalho.
- 12) Estou ciente que posso ter acesso aos resultados dos exames realizados durante o estudo;
- 13) Terei garantida a confidencialidade e a privacidade dos dados, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo próprio, apenas para os fins do estudo, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros.
- 14) Obtive todas as informações necessárias para poder decidir conscientemente sobre a minha participação na referida pesquisa.

Dados da equipe de pesquisa			
Nome	Formação	Vínculo Institucional	Função na pesquisa
Victor Silveira Coswig	Doutor em ciência do movimento	Universidade Federal do Ceará (UFC)	Orientador
Wenderson Lenon Paiva Farache	Cursando mestrado em neurociência e comportamento	Universidade Federal do Pará (UFPA)	Pesquisador chefe

Belém – PA, _____ de _____ de 20__.

Assinatura do Participante.

Assinatura do Pesquisador.